HAL
open science

Analyser la durabilité du développement de valorisations non alimentaires d'agro-ressources.

Anne-Lise Fevre-Gautier

To cite this version:

Anne-Lise Fevre-Gautier. Analyser la durabilité du développement de valorisations non alimentaires d'agro-ressources.. domain_other. Université de Technologie de Troyes, 2009. Français. NNT : . tel-00453261

HAL Id: tel-00453261

https://theses.hal.science/tel-00453261

Submitted on 4 Feb 2010

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

THESE

pour l'obtention du grade de

DOCTEUR de l'UNIVERSITE DE TECHNOLOGIE DE TROYES

Spécialité : DEVELOPPEMENT DURABLE

présentée et soutenue par

Anne-Lise FEVRE-GAUTIER

le 3 février 2009

Analyser la durabilité du développement de valorisations non alimentaires d'agro-ressources

JURY

M. D. THOMAS	PROFESSEUR DES UNIVERSITES	Président
M. P.-M. BOULANGER	PRESIDENT DE L'IDD	Examinateur
M. D. BOURG	PROFESSEUR DES UNIVERSITES	Directeur de thèse
M. J. - M. BRIGNON	INGENIEUR	Examinateur
M. N. BUCLET	MAITRE DE CONFERENCES	Directeur de thèse
M. G. GOSSE	DIRECTEUR DE RECHERCHE INRA	Rapporteur
M. D. VERMERSCH	DIRECTEUR DE RECHERCHE INRA	Rapporteur

RESUME ET MOTS-CLES

Cette thèse porte sur l'analyse des activités du pôle de compétitivité Industrie et Agro-Ressources (IAR) face aux enjeux du développement durable. Implanté depuis 2005 au sein des régions Picardie et Champagne-Ardenne, ce pôle soutient des projets innovants de valorisation d'agro-ressources par l'industrie.

Notre démarche repose sur une analyse des défis auxquels le développement durable cherche à répondre, mettant en perspective la position de l'agriculture et des agro-industries. Nous nous appuyons également sur les apports de plusieurs approches méthodologiques d'analyse de la durabilité, en particulier la construction et l'usage des indicateurs de développement durable. Ces travaux ont abouti au développement d'IDDAgro, méthodologie d'aide à la décision dédiée à l'évaluation des projets soutenus par le pôle IAR au regard des enjeux du développement durable. Cette grille d'indicateurs de développement durable repose sur l'évaluation des impacts potentiels du cycle de vie des projets agro-industriels. Notre démarche a été validée par le test d'IDDAgro sur des cas réels.

L'accès aux informations pour l'évaluation de la durabilité a constitué le principal obstacle à ces travaux, en particulier pour l'application de notre approche à l'étude de la production d'éthanol d'un site partenaire du pôle, pour laquelle une étude bibliographique a été réalisée. L'ensemble de ces résultats nous permet finalement de soumettre au pôle IAR des propositions visant à améliorer l'intégration des enjeux du développement durable dans ses activités.

Mots-clés :
Développement durable, évaluation, systèmes d'aide à la décision, biomasse, ressources agricoles, biocarburants, pôle de compétitivité.

ABSTRACT AND KEY WORDS

English title: Sustainability analysis of the development of agricultural resources uses for non-food purposes.

This thesis is about our analysis of the activities of the French competitiveness cluster "Industrie et Agro-Ressources" (IAR) with regard to the different stakes of sustainable development. Established in 2005 in the Picardie and Champagne-Ardenne regions, this cluster supports innovative valorisation projects of agricultural resources by industry.

Our approach is based on an analysis of the challenges that sustainable development aims to solve, with a particular focus on the case of the agriculture and agro-industries. We also use ideas and concepts from several types of sustainability analysis methodologies, including the construction and use of sustainable development indicators. This work resulted in the development of IDDAgro, a decision support system dedicated to the evaluation of the sustainability of projects supported by the IAR cluster. One backbone of this set of sustainable development indicators is the assessment of the potential impacts of agro-industrial projects life cycles. Our approach was validated by applying the IDDAgro tool to real life projects.

Limited access to information necessary for sustainability assessments was the main obstacle in this research. It prevented the planned application of our approach to study the ethanol production of one of the IAR cluster's partners, for which a literature study had been carried out.

All these results finally enabled us to develop and present concrete suggestions to the IAR cluster. They aim at improving the integration of sustainable development stakes in its activities.

Key words :
Sustainable development, evaluation, decision support systems, biomass, agricultural resources, biomass energy.

REMERCIEMENTS

A l'heure de terminer ces travaux, je tiens à adresser mes remerciements aux organismes qui ont permis que ces recherches se fassent : les conseils régionaux de Picardie et de Champagne-Ardenne, l'Université de Technologie de Troyes et l'INERIS. Mes remerciements vont aussi au pôle de compétitivité Industrie et Agro-Ressources, pour avoir été à l'origine de ce sujet de recherches et pour en avoir fait en partie l'objet. Merci également à Messieurs Thomas, Vermersch, Gosse et Boulanger d'avoir accepté d'examiner mon travail.

Merci au CREIDD et à l'ex-unité MECO, à leurs responsables, Dominique Bourg en 2005, Laurence Rouïl et Jean-Marce Brignon, ainsi qu'à leurs équipes, pour m'avoir accueillie et consacré un temps précieux. Merci également à l'école doctorale de l'UTT pour le suivi de cette thèse, en particulier à Isabelle Leclercq et Pascale Denis, pour leur implication dans mon dossier. A l'INERIS, Marion Leroux a aussi été d'une grande efficacité.

Je tiens ensuite à remercier tout spécialement Nicolas Buclet, pour son investissement sans réserves dans l'encadrement de ma thèse, pour son efficacité et pour toute l'aide qu'il m'a apportée. Un grand merci également à Roger Puff et à Guy Marlair, pour nos collaborations enrichissantes et leur soutien. Je remercie aussi Daniel Thomas pour ses précieux conseils dans l'orientation de mes travaux, ainsi que Maria Wellisch de Natural Resources Canada et Caroline Gervais de TNS France pour l'intérêt qu'elles ont porté à mes recherches et pour nos collaborations. Merci enfin à Anthony Benoist, doctorant à l'Ecole des Mines de Paris, pour son aide et nos échanges.

Pour leur disponibilité, leur aide, leur amitié (et les légumes bios), un immense merci à Simone, Anne-Christine, Aurélien, Florence, Xiaolin, Anthony. Je vous dois d'être arrivée au bout ! Pour leur patience et leur présence, merci à Elisa, Caroline, Grégrory, Benoît, et tous ceux qui m'ont soutenue dans cette aventure. Merci bien sûr à Baptiste et à Guillaume pour leur grande part de responsabilité dans l'aboutissement de ce travail, ainsi qu'à l'ensemble de ma famille pour le soutien qu'elle m'a apporté. Enfin Quentin… merci pour ta patience, pour ta confiance et ton amour, qui m'ont portée tout au long de ces trois années. We did it !

Je dédie ce travail à mes parents, pour la vocation qu'ils ont fait naître, ainsi qu'à mes deux grands-pères, partis avant la fin de l'aventure : René, pour son courage et son amour du travail bien fait, et Denis, curieux de tout ou presque, écolo malgré lui dans sa grande passion pour la récup'…

TABLE DES MATIERES

RESUME ET MOTS-CLES **3**

ABSTRACT AND KEY WORDS **5**

REMERCIEMENTS **7**

TABLE DES MATIERES **9**

TABLE DES ILLUSTRATIONS **17**

INTRODUCTION GENERALE **21**

PARTIE A – ANALYSER LA DURABILITE DES VALORISATIONS NON ALIMENTAIRES D'AGRO-RESSOURCES : DES ENJEUX COMPLEXES **29**

Introduction de la partie A 31

Chapitre 1. Les agro-ressources face aux enjeux du développement durable : des potentiels et des défis majeurs pour l'agriculture et l'agro-industrie 35

1.1 Des voies de développement dans l'impasse : l'agriculture à la croisée des chemins **37**

1.1.1 L'état d'urgence planétaire à l'orée du 21ème siècle : une crise écologique majeure 37

1.1.1.a La perturbation des grands cycles biogéochimiques et du climat 37

Les cycles de l'azote, de l'eau, du phosphore, du soufre et du carbone *38*

Le changement climatique *41*

1.1.1.b L'épuisement des ressources naturelles 44

1.1.1.c L'érosion de la biodiversité 47

1.1.1.d Des éléments de synthèse dans les milieux naturels et les organismes vivants 51

1.1.2 Le volet humain : une crise sanitaire, sociale et sociétale globale 54

1.1.2.a Santé et sécurité alimentaire 56

1.1.2.b Répartition des richesses et pauvreté 58

1.2 Les agro-ressources : de nouveaux horizons pour l'industrie. Vers des itinéraires durables ? ... 63

1.2.1 Les agro-ressources : potentialités et défis pour l'agriculture et l'industrie ... 63

1.2.1.a Potentiel d'un « nouveau » gisement ... 63

Des valorisations énergétiques ... 64

De nouvelles perspectives pour la chimie ... 64

Des matériaux innovants ... 65

1.2.1.b Quand ce qui est « vert » n'est pas durable… ... 66

1.2.2 Le cas de la production de biocarburants agricoles ... 69

1.2.2.a Le développement récent de la production et de l'utilisation de biocarburants pour les transports ... 69

Définitions et caractéristiques ... 69

Contexte global ... 73

1.2.2.b Durabilité des biocarburants : éléments d'une controverse ... 78

Les enjeux environnementaux et sanitaires ... 81

Les enjeux économiques et sociaux ... 85

La question du potentiel de substitution ... 87

Quelles perspectives ? ... 89

Conclusion du chapitre 1 ... 93

Chapitre 2. Analyser et évaluer la durabilité : étude d'approches et de questions méthodologiques ... 95

2.1 Les indicateurs de développement durable comme outils d'aide à la décision pour l'analyse et l'évaluation de la durabilité : étude bibliographique. ... 97

2.1.1 Des indicateurs pour le développement durable : définitions et origines ... 97

2.1.1.a Définition et caractéristiques des indicateurs de développement durable ... 97

Définitions ... 97

Deux types d'usages ... 99

Caractéristiques ... 100

2.1.1.b Origines des indicateurs de développement durable ... 101

L'impulsion de l'Agenda 21 ... 101

L'héritage du mouvement des indicateurs sociaux ... 103

2.1.2 Un aperçu de la diversité des approches en matière de construction d'indicateurs de développement durable ... 106

2.1.2.a Les indicateurs de développement durable reposent sur une vision du développement durable ... 107

Définir le développement durable : une première étape incontournable ... 107

Les grands types d'approche ... 108

2.1.2.b Quels critères pour construire des indicateurs de développement durable ? ... 120

Les principes de Bellagio ... 122

Faut-il encore construire de nouveaux indicateurs de développement durable ? ... 124

2.1.2.c La question de l'agrégation ... 125

Indicateurs simples ou synthétiques : faut-il agréger les indicateurs ? ... 125

Méthodologie pour l'agrégation ... 127

2.2 D'autres approches et questions pour concevoir une analyse de la durabilité des systèmes ... 128

2.2.1 Les apports de la démarche The Natural Step et de l'Analyse de Cycle de Vie pour la planification et l'analyse de la durabilité 128
2.2.1.a The Natural Step : une approche et des principes pour la planification stratégique du développement durable des systèmes 128
Un modèle pour les intéractions entre les principes, les approches et les outils du développement durable 129
La démarche TNS 129
Un cadre pour l'utilisation d'autres concepts et outils du développement durable 132
2.2.1.b L'analyse de cycle de vie : un outil d'évaluation environnementale en évolution 133
Les principes de l'ACV 133
Les difficultés, limites et risques liés à l'utilisation de l'ACV 134
Adapter l'ACV à la planification stratégique du développement durable 136
2.2.2 Quelques réflexions à retenir pour l'analyse et l'évaluation de la durabilité 137
2.2.2.a Faire face à une multiplication des concepts, des approches et des outils 137
Des outils au service de visées stratégiques 137
Les contraintes de la base informationnelle 138
2.2.2.b Quelle place pour l'analyse et l'évaluation ? 139
Evaluer par rapport à quoi ? 139
L'analyse et l'évaluation face au processus de décision 140

Conclusion du chapitre 2 141

PARTIE B – CONCEPTION ET DEVELOPPEMENT D'UN OUTIL D'ANALYSE DE LA DURABILITE DES PROJETS DE VALORISATION D'AGRO-RESSOURCES SOUTENUS PAR LE POLE DE COMPETITIVITE INDUSTRIE ET AGRO-RESSOURCES 143

Introduction de la partie B 145

Chapitre 3. Conception d'un outil d'analyse de la durabilité pour le pôle IAR 147

3.1 Choix méthodologiques et approche pour la conception d'un outil d'analyse de la durabilité dédié au pôle IAR 149
3.1.1 Quel outil développer pour le pôle IAR ? 149
3.1.1.a De la création du pôle de compétitivité Industrie et Agro-Ressources à un projet de recherche dédié à l'analyse de son action au regard des principes du développement durable 149
3.1.1.b Vers un outil pour analyser la durabilité des projets candidats à la labellisation du pôle IAR 153
Un outil pour analyser les projets, intégré dans la procédure de labellisation du pôle 153
Des indicateurs pour l'aide à la décision et l'évaluation « ex-ante » 153
Un outil de sensibilisation 154
3.1.1.c Ce qui n'a pas été développé, ce qui aurait pu l'être et pourquoi 155
Des volets supplémentaires pour l'outil développé 155
Intégrer la démarche TNS 156
3.1.2 Un outil d'analyse mettant en œuvre des indicateurs de développement durable et reposant sur une approche sectorielle des projets et de leur cycle de vie 157
3.1.2.a Quelle vision du développement durable ? Identification des enjeux du développement durable dans une approche intégrant le cycle de vie d'un projet 157

Le développement durable : une finalité, deux défis et sept enjeux *158*
Analyse des projets sous l'angle de l'impact des activités humaines *164*
Les impacts des activités humaines agissent directement sur les enjeux du développement durable *166*
3.1.2.b Inventaire des impacts potentiels générés par un projet de valorisation industrielle d'agro-ressources en vue d'identifier des indicateurs de développement durable 167
Identification du cycle de vie d'un projet type de valorisation d'agro-ressources *168*
Identification des catégories d'impacts et des enjeux du développement durable concernés pour tous les impacts potentiels recensés *169*
Identification des indicateurs de développement durable pour l'analyse des projets *172*

3.2 Cahier des charges pour la conception d'« IDDAgro », outil d'analyse de la durabilité dédié au pôle IAR 173
3.2.1 Caractéristiques recherchées et contraintes imposées pour le développement de l'outil et la sélection des indicateurs 173
3.2.1.a Caractéristiques générales de l'outil « IDDAgro » 173
Mode d'emploi : les grandes lignes *173*
Principes suivis pour la construction d'IDDAgro *174*
3.2.1.b Méthode et critères pour la sélection des indicateurs 177
Réponses admises par les indicateurs *177*
Critères de sélection *178*
3.2.1.c Difficultés spécifiques à l'analyse des projets soumis au pôle IAR 178
La disponibilité des données sur les caractéristiques des projets *179*
La fiabilité des informations sur les caractéristiques des projets *179*
3.2.2 Les résultats : calcul et interprétation 180
3.2.2.a Méthode pour l'agrégation partielle des indicateurs 180
3.2.2.b L'interprétation des résultats pour une prise de décision informée 181

Conclusion du chapitre 3 183

Chapitre 4. Développement de l'outil IDDAgro 185

4.1 Sélection des indicateurs pour analyser les impacts du projet 187
4.1.1 Les indicateurs relatifs aux impacts liés à la production des agro-ressources 187
4.1.1.a Indicateurs pour les impacts de la conversion des sols 187
Indicateur de l'impact de la conversion des sols sur la biodiversité *187*
Indicateur de l'impact de la conversion des sols sur la qualité des sols *189*
Indicateur de l'impact de la conversion des sols sur les émissions de gaz à effet de serre *189*
Indicateur de l'impact de la conversion des sols sur le paysage *190*
4.1.1.b Indicateurs pour les impacts de l'utilisation d'intrants agricoles 191
Indicateur de l'impact environnemental et sanitaire de l'utilisation d'intrants agricoles *191*
Indicateur de l'impact de la production et de l'utilisation d'intrants agricoles sur les ressources en énergies fossiles et sur le climat *195*
4.1.1.c Indicateurs pour les impacts de la mécanisation agricole 202
Indicateur de l'impact de la mécanisation agricole sur le climat et les ressources en énergies fossiles *202*
Indicateur de l'impact des émissions issues de la mécanisation agricole sur l'environnement et la santé *204*
4.1.1.d Indicateur de l'impact de la production des agro-ressources sur les ressources en eau 204
4.1.1.e Indicateurs pour les impacts socio-économiques de la production des agro-ressources 206
Indicateur de l'impact social de la production des agro-ressources via l'emploi, les revenus et les conditions de travail, lorsque cette production est implantée hors du territoire de l'Union Européenne *206*

Indicateur de l'impact de la production des agro-ressources sur l'économie locale, lorsque cette production est implantée en dehors du territoire de l'Union Européenne 208

4.1.2 Les indicateurs relatifs aux impacts des transports pour l'approvisionnement et pour la distribution 208

4.1.2.a Indicateurs pour les impacts du transport et du stockage sur les ressources en énergies fossiles et sur le climat 209

Indicateur de l'impact du transport sur les ressources en énergies fossiles et sur le climat 209

Indicateur de l'impact du stockage sur les ressources en énergies fossiles et sur le climat 210

4.1.2.b Indicateurs pour les impacts environnementaux et sanitaires du transport 211

indicateur de l'impact sanitaire et environnemental des émissions, rejets et déchets liés au transport 211

Indicateur de l'impact environnemental et sanitaire des risques associés aux transports 212

4.1.2.c Indicateur de l'impact du stockage intermédiaire sur l'occupation des sols et sur le paysage 212

4.1.3 Les indicateurs relatifs aux impacts des procédés de production..... 213

4.1.3.a Indicateur de l'impact des procédés sur le climat et les ressources en énergies fossiles..... 213

4.1.3.b Indicateur de l'impact de l'implantation du site de production – transformation sur les milieux..... 218

4.1.3.c Indicateurs pour les impacts des procédés sur les ressources en eau et sur les ressources naturelles. 219

indicateur de l'impact des procédés sur les ressources en eau 219

Indicateur de l'impact des procédés sur les ressources naturelles, hors eau, énergie et agro-ressources 220

4.1.3.d Indicateurs pour les impacts sanitaires et environnementaux des procédés..... 221

Indicateur de l'impact sanitaire et environnemental des émissions, rejets ou déchets issus des procédés de production – transformation..... 221

Indicateur de l'impact des risques environnementaux et sanitaires associés au site et aux procédés de production – transformation..... 223

4.1.3.e Indicateur de l'impact socio-économique de l'activité de production 224

4.1.4 Les indicateurs relatifs aux impacts de la valorisation des co-produits 224

4.1.4.a Méthode pour l'intégration des co-produits dans le bilan d'un projet..... 224

4.1.4.b Indicateurs pour les impacts de la valorisation des co-produits sur les ressources en énergies fossiles et sur le climat 228

Indicateur de l'impact de la valorisation des co-produits sur les ressources en énergies fossiles 228

Indicateur de l'impact de la valorisation des co-produits sur le climat 228

4.1.4.c Indicateur de l'impact de la valorisation des co-produits sur les ressources en eau..... 229

4.1.4.d Indicateur de l'impact environnemental et sanitaire des émissions, rejets et déchets liés à la valorisation des co-produits 229

4.1.5 Les indicateurs relatifs aux impacts liés à l'utilisation des produits 230

4.1.5.a Indicateur de l'impact de l'utilisation du produit sur les ressources en énergies fossiles..... 230

4.1.5.b Indicateurs pour les impacts de l'utilisation du produit sur le climat, sur les ressources naturelles non renouvelables et sur les ressources en eau 232

Indicateur de l'impact de l'utilisation du produit sur le climat..... 232

Indicateur de l'impact climatique de l'élimination des rejets et déchets issus de l'utilisation du produit 233

Indicateur de l'impact de l'utilisation du produit sur les ressources naturelles non renouvelables 235

Indicateur de l'impact de l'utilisation du produit sur les ressources en eau 236

4.1.5.c Indicateurs pour les impacts environnementaux et sanitaires de l'utilisation du produit 237

indicateurs de l'impact environnemental et sanitaire des émissions, rejets et déchets liés à l'utilisation du produit..... 237

Indicateur de l'impact des risques environnementaux et sanitaires liés à l'utilisation du produit..... 241

4.1.6 Les indicateurs relatifs aux impacts de la fin de vie des produits 241

4.1.6.a Indicateur de l'impact de la fin de vie du produit sur le climat 242

4.1.6.b Indicateurs pour les impacts environnementaux et sanitaires de la fin de vie du produit..... 244

Indicateurs de l'impact environnemental et sanitaire des émissions, rejets et déchets liés à la fin de vie du produit *244*
Indicateur de l'impact des risques environnementaux et sanitaires liés à la fin de vie du produit *246*

4.2 Analyse des résultats obtenus et perspectives d'évolution 247

4.2.1 Première version développée d'IDDAgro et première analyse critique 247

4.2.1.a Présentation de la forme et du contenu d'IDDAgro 247

4.2.1.b Première analyse critique 250

L'intégration des critères socio-économiques *250*
L'amélioration des données de références utilisées *251*
La présentation des résultats *251*

4.2.2 En guise de conclusion : analyse des incertitudes liées aux résultats fournis par IDDAgro 252

4.2.2.a Retour sur la base informationnelle des indicateurs 252

4.2.2.b Les incertitudes associées 255

PARTIE C – ETUDES DE CAS AUTOUR DE L'ANALYSE DE LA DURABILITE AU SEIN DU POLE DE COMPETITIVITE INDUSTRIE ET AGRO-RESSOURCES 259

Introduction de la partie C 261

Chapitre 5. Application de la démarche d'analyse de la durabilité à des projets existants. Pour le pôle IAR et pour les acteurs de projets agro-industriels, quelles leçons pour un développement plus durable ?.... 263

5.1 Etude de cas : application de la démarche d'évaluation de la durabilité et test d'IDDAgro 265

5.1.1 Application de la démarche d'analyse de la durabilité au cas d'un site de production 265

5.1.1.a Choix du site pour le cas d'étude 266

Le site de Bazancourt-Pomacle : une raffinerie végétale *266*
Présentation du site agro-industriel de Bazancourt-Pomacle et de la distillerie Cristanol *267*

5.1.1.b Un projet d'analyse de la durabilité de la production de biocarburants du site de Bazancourt-Pomacle. 271

Proposition soumise aux décideurs du site de Bazancourt-Pomacle *272*
Fin de non-recevoir *275*

5.1.2 Test d'IDDAgro avec des projets labellisés par le pôle IAR : mise en œuvre et analyse de l'exercice 278

5.1.2.a Mise en œuvre d'un test de l'outil IDDAgro avec deux projets soutenus par le pôle IAR 278

Objectifs de l'exercice pour le pôle IAR et pour l'outil IDDAgro *279*
Conditions et déroulement de l'exercice *279*

5.1.2.b Quels enseignements tirer de ces cas d'étude ? Des perspectives d'évolution pour l'outil IDDAgro 281

Sur l'adequation de l'outil et l'intérêt de la démarche pour le porteur de projet et pour le pôle IAR *281*
Sur l'ergonomie de l'outil *281*
Sur l'adaptation de l'outil aux différents types de projets *282*
Sur la réalisation de l'analyse : les difficultés liées au périmètre de l'étude et celles rencontrées pour renseigner les indicateurs *283*
Sur la prise en compte des substitutions : une analyse « dans l'absolu » ou « relative » ? *283*

Sur la pertinence des indicateurs relatifs à l'énergie et au climat et le caractère qualitatif vs. quantitatif de l'analyse *286*
Sur l'agrégation partielle des indicateurs *287*
Sur la présentation des résultats *288*

5.2 Vers des valorisations agro-industrielles durables : une analyse et des propositions pour le pôle IAR 290

5.2.1 Quelques leçons du développement d'IDDAgro et des cas d'étude 290

5.2.1.a Au cœur du problème : l'accès aux informations pour l'analyse de la durabilité 290
Prise en compte et impact de la contrainte liée aux informations dans les travaux réalisés *291*
Des consequences plus larges : vers une démarche « ex-post » ? *292*

5.2.1.b Le pôle IAR : quels moyens d'action ? 292

5.2.2 Pistes pour des conditions favorables à la durabilité des activités agro-industrielles au sein du territoire 294

5.2.2.a Vers plus d'efficacité : faire émerger une vision et de nouveaux équilibres entre les filières agricoles et industrielles 294
Une stratégie de développement durable pour le pôle IAR *294*
Optimiser la disponibilité, la qualité et la fiabilité des informations liées aux caractéristiques du projet *296*

5.2.2.b Vers plus de légitimité : des propositions pour renforcer le pôle IAR dans son rôle d'acteur du développement durable – conclusion du chapitre 5 297
Faire du développement durable un processus *298*
Repositionner le développement économique des activités du pôle IAR au sein des territoires *298*

CONCLUSION GENERALE 303

BIBLIOGRAPHIE 321

TABLE DES ANNEXES 331

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure n°1 Place et rôles de l'agriculture au cœur du développement (IAASTD 2008)..... 32
Figure n°2 Prévision des effets du changement climatique (IAASTD 2008)..... 43
Figure n°3 Evolution des captures de Thon Rouge Atlantique de 1982 à 2006. 47
Figure n°4 Evolution des impacts sur la biodiversité des différents milieux terrestres au cours du 20ème siècle (Millenium Ecosystem Assessment 2005)..... 49
Figure n°5 Evolution de la diminution de la concentration d'ozone stratosphérique. 52
Figure n°6 Indice de développement humain et empreinte écologique (WWF, Zoological Society of London et al. 2006)..... 55
Figure n°7 Evolution de la pauvreté dans les pays en voie de développement de 1981 à 2005 : nombre de personnes vivant avec moins de 1,25 $ par jour (US$ 2005 ppa), par région du monde (Chen et Ravallion 2008). 58
Figure n°8 Evolution de la pauvreté de 1981 à 2005, dans les pays en voie de développement avec et sans la Chine : part de la population vivant sous les seuils de 2$, 1,25$ et 1$ (US$ 2005 ppa) par jour (Chen et Ravallion 2008)..... 59
Figure n°9 Evolution de la pauvreté en Afrique sub-saharienne de 1981 à 2005 : part de la population vivant sous les seuils de 2$, 1,25$ et 1$ (US$ 2005 ppa) par jour (Chen et Ravallion 2008)..... 59
Figure n°10 Revenu National Brut par habitant en 2005 (en US$ ppa) pour plusieurs pays et régions du monde (Pison 2007). 60
Figure n°11 Les filières biocarburants de première génération. 71
Figure n°12 Consommation de biocarburants pour les transports dans l'UE en 2007 (EurObserv'ER 2008). 76
Figure n°13 Un orang-outan dans son environnement naturel, la forêt humide. 83
Figure n°14 Palmeraie au sein d'une zone de forêt humide à Bornéo. 84
Tableau n°1 Estimation de la surface supplémentaire potentiellement disponible pour la production de biomasse énergétique en 2050 (Doornbosch et Steenblik 2007). 88
Tableau n°2 Potentiel énergétique des biocarburants à l'horizon 2050 (Doornbosch et Steenblik 2007)..... 88
Tableau n°3 Différents usages possibles pour les indicateurs de développement durable. .. 99
Figure n°15 « Du concept aux indices » : les étapes de la construction d'un indice, proposées par P. Lazarsfeld en 1958 (Boulanger 2005). 104
Figure n°16 Indice d'Epargne Véritable pour les différentes régions du monde. Source : Banque Mondiale in (Bovar, Desmotes-Mainard et al. 2008). 118
Figure n°17 Evolution de l'IDH pour quelques pays. Source : PNUD in (Bovar, Desmotes-Mainard et al. 2008). 119

Tableau n°4 Conception normative du développement durable (Boulanger 2005)..... 120

Tableau n°5 Critères d'évaluation des projets utilisés par les experts du pôle IAR et la commission d'évaluation, de 2005 à début 2008 (détail : cf. Annexe 6)..... 152

Tableau n°6 Matrice des besoins humains (quatre besoins existentiels, neuf besoins relatifs aux valeurs) et des manières de les satisfaire. (Max-Neef 1991) (p. 32.) 160

Figure n°18 Une définition opérationnelle du développement durable : une finalité, deux défis et sept enjeux. 162

Tableau n°7 Lien entre les sept enjeux du développement durable retenus et les quatre conditions de la durabilité définies par TNS..... 164

Figure n°19 Approche théorique pour la conception d'un outil d'analyse et d'évaluation de la durabilité des projets soumis au pôle IAR : influence des impacts des projets sur les enjeux du développement durable. 167

Tableau n°8 Inventaire des impacts potentiels d'un projet type de valorisation d'agro-ressources, par étape du cycle de vie (impacts environnementaux et sanitaires, et certains impacts socio-économiques). 170

Tableau n°9 Catégories d'impacts et enjeux du développement durable attribués aux impacts potentiels recensés, pour l'étape de production des agro-ressources..... 171

Figure n°20 Catégories d'impacts et enjeux du développement durable attribués aux impacts potentiels recensés, pour l'étape de production des agro-ressources : illustration. 172

Tableau n°10 Tableau de conversion des valeurs prises par les indicateurs pour l'agrégation partielle et le calcul des indices..... 181

Tableau n°11 Intérêt potentiel, pour estimer l'impact sur les milieux et la santé humaine des émissions et rejets liés aux intrants agricoles, des informations généralement connues du porteur de projet et portant sur la production des agro-ressources'. 193

Tableau n°12 Evaluation d'impacts environnementaux liés aux intrants agricoles, pour différents types de cultures (AEE 2007)..... 194

Tableau n°13 Valeurs prises, pour vingt types de cultures, par l'indicateur relatif à l'impact environnemental et sanitaire des intrants agricoles pour la production des agro-ressources. 195

Tableau n°14 Emissions moyennes de N_2O issues de l'épandage d'azote pour différents types de culture, en agriculture conventionnelle. Emissions de N_2O exprimées en kg / ha, et converties en kg éq. CO_2 / ha. 197

Tableau n°15 Emissions de GES associées à la production des engrais apportés aux grands types de cultures, exprimées en kg éq. C/ ha. 198

Figure n°21 Emissions de GES liées à la production des produits phytosanitaires, exprimées en kg éq. C par kilogramme de matière active..... 198

Tableau n°16 Valeurs moyennes d'émissions de GES (en kg éq. C / ha), issues de la production et de l'utilisation d'engrais azotés pour différents types de cultures, en agriculture conventionnelle..... 200

Figure n°22 Emissions de GES issues de la production et de l'utilisation d'engrais azotés pour différents types de cultures, en agriculture conventionnelle. Emissions exprimées en kg éq. C / ha. 200

Figure n°23 Emissions de GES associées à la mécanisation agricole pour différents types de cultures, en agriculture conventionnelle. Emissions exprimées en kg éq. C / ha. 202

Tableau n°17 Evaluation du niveau de prélèvements d'eau pour l'irrigation généralement associés à différents systèmes de culture en Europe (AEE 2007). 205

Tableau n°18 Valeurs prises par l'indicateur relatif à l'impact de l'irrigation des cultures sur les ressources en eau. 206

Tableau n°19 Valeurs prises par les indicateurs relatifs aux impacts sur les ressources en énergies fossiles, sur le climat, sur l'environnement et sur la santé humaine, de l'approvisionnement en matières premières ou de la distribution de la production, en fonction des modes de transport utilisés et des distances à parcourir. 209

Tableau n°20 Valeurs prises par les indicateurs relatifs aux risques environnementaux et sanitaires liés aux transports et aux stockages pour l'approvisionnement ou la distribution. 212

Tableau n°21 Facteurs d'émissions associés aux différentes sources d'énergie, exprimées en kilogrammes de Carbone équivalent par tonne équivalent pétrole (PCI). 214

Figure n°24 Hiérarchisation des sources d'énergies en fonction des émissions de GES associées, exprimées en kilogrammes de Carbone équivalent par tonne équivalent pétrole PCI..... 215

Tableau n°22 Indicateurs relatifs aux impacts des co-produits : valeurs prises par un tel indicateur après estimation de l'impact du produit remplacé et intégration de l'importance relative du co-produit par rapport au produit principal du projet. 227

Tableau n°23 Impact sur les ressources en énergies fossiles de la consommation énergétique, par unité de produit, associée à l'utilisation d'un produit. 231

Tableau n°24 Impact net de l'utilisation du produit issu du projet, en fonction de la substitution réalisée..... 231

Tableau n°25 Impact net de l'utilisation du produit, par unité de produit, sur les ressources en énergies fossiles : valeurs prises par l'indicateur dans le cas d'une substitution 232

Tableau n°26 Impact net de l'utilisation du produit, par unité de produit, sur le climat : valeurs prises par l'indicateur dans le cas d'une substitution. 233

Tableau n°27 Emissions de GES associées à l'élimination des déchets. Emissions exprimées en kg éq. C / tonne de déchets..... 234

Tableau n°28 Réponses admises par l'indicateur relatif à l'impact climatique de l'élimination des rejets et déchets issus de l'utilisation du produit, hors cas de substitution. 234

Tableau n°29 Réponses admises par l'indicateur relatif à l'impact climatique de l'élimination des rejets et déchets issus de l'utilisation du produit, en cas de substitution. 235

Tableau n°30 Impact de l'utilisation du produit, par unité de produit, sur les ressources naturelles autres que l'énergie et l'eau : valeurs prises par l'indicateur en cas de substitution. 236

Tableau n°31 Impact net de l'utilisation du produit sur les ressources en eau, par unité de produit : valeurs prises par l'indicateur dans le cas d'une substitution. 237

Tableau n°32 Impact net de l'utilisation du produit en termes de quantités de rejets et de déchets, par unité de produit : valeurs prises par l'indicateur dans le cas d'une substitution. 238

Tableau n°33 Effet environnemental direct net de l'utilisation du produit : valeurs prises par l'indicateur dans le cas d'une substitution 239

Tableau n°34 Impact environnemental et sanitaire net des émissions, rejets et déchets liés à l'utilisation du produit issu du projet : valeurs prises par l'indicateur dans le cas d'une substitution. 240

Tableau n°35 Réponses admises par l'indicateur relatif à l'impact climatique de l'élimination du produit en fin de vie. 243

Tableau n°36 Extrait de l'onglet « Caractéristiques générales » d'IDDAgro version Excel.. 248

Tableau n°37 Extrait de l'onglet « Agrégation » d'IDDAgro, version Excel : calcul de l'indice correspondant à chaque enjeu. (Enjeu n°1 : ressourc es en énergies fossiles)..... 248

Figure n°25 Extrait de l'onglet « Résultats » d'IDDAgro, version Excel : Présentation du résultat final. 249

Tableau n°38 Extrait de l'onglet « Informations à rechercher » d'IDDAgro, version Excel : principales informations à rechercher sur les caractéristiques du projet pour analyser les différentes étapes de son cycle de vie. 249

Tableau n°39 Base informationnelle des indicateurs : caractéristiques connues du projet. 253

Tableau n°40 Base informationnelle des indicateurs : informations extérieures. 253

Tableau n°41 Base informationnelle des indicateurs : les estimations demandées au porteur de projet..... 254

Figure n°26 Vue aérienne du site agro-industriel de Bazancourt-Pomacle (source : www.chamtor.fr). 269

Figure n°27 Schéma simplifié du cycle du phosphore. Source : Pierre-André Bourque, Université de Laval (http://www.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/intro.pt/planete_terre.html)..... 334

INTRODUCTION GENERALE

Le dernier quart du vingtième siècle a vu émerger la prise de conscience mondiale de la dégradation accélérée de notre environnement et de la responsabilité de l'Homme dans cette évolution. Cette prise de conscience rapide s'est accompagnée de la conclusion d'accords majeurs en termes de gouvernance mondiale[1] et de la reconnaissance de la nécessité d'un développement durable, consacrée par la Commission Brundtland en 1987 (Brundtland 1987). La recherche de ces nouvelles voies de développement est depuis lors un sujet de recherches tentaculaires dans lequel s'impliquent – ou du moins sont attendus – à des degrés divers, tous les acteurs de la société : acteurs économiques, décideurs publics, société civile. Il s'agit tout à la fois de comprendre et mesurer les impacts négatifs que les activités humaines génèrent sur l'environnement et le bien-être humain, de faire évoluer ces activités pour en réduire les effets (tout en tenant compte des degrés d'urgence imposés par le dépassement des capacités et la destruction accélérée de la biosphère), de développer des moyens pour atténuer la dégradation du fonctionnement des écosystèmes bouleversés, mais aussi bien sûr d'aller vers de nouvelles façons, plus harmonieuses, de répondre aux besoins humains. Au niveau humain, ces exigences doivent en outre répondre à un souci d'équité absolue : les besoins essentiels et le droit à une bonne qualité de vie doivent être satisfaits pour tous, sans distinction d'origine, d'âge ou de sexe, partout dans le monde, pour les générations présentes comme pour les générations futures.

Si la reconnaissance de ces objectifs au niveau mondial est bien en soi un accomplissement majeur, les décliner et les mettre en œuvre via des programmes d'actions efficaces constitue un immense défi à l'échelle planétaire : c'est l'ensemble des organisation humaines qui

[1] La liste des principales mesures de premier plan illustre bien l'émergence majeure et rapide de cette prise de conscience depuis 1972, année de la parution du rapport « Halte à la croissance » du Club de Rome et du Sommet des Nations Unies sur l'Homme et l'Environnement à Stockholm (qui déboucha sur la mise en œuvre du Programme des nations unies pour l'environnement – PNUE) : Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction (CITES) entrée en vigueur en 1975, Convention de Bonn sur les espèces migratrices en 1979, Convention de Vienne pour la Protection de la Couche d'Ozone en 1985, Protocole de Montréal sur les substances détruisant la couche d'ozone en 1987, Convention de Bâle sur les trafics transfrontaliers de déchets dangereux en 1987, Convention sur la diversité biologique en 1992, Convention-cadre des Nations Unies sur le changement climatique en 1992, Déclaration de Rio en 1992, Convention pour combattre la désertification et la sécheresse en 1994, Protocole de Kyoto en 1997, Convention d'Aarhus sur l'accès a l'information, la participation du public et l'accès a la justice en matière d'environnement en 1998, Déclaration du Millénaire en 2000, …

doivent aujourd'hui évoluer vers des modes de développement durables, en intégrant les principes du respect de l'Homme et de l'environnement dans leurs activités. La recherche de méthodes et d'outils dédiés à l'intégration et à la mise en œuvre des exigences du développement durable par les organisations humaines, en particulier dans la conception et le suivi des activités industrielles, constitue le cadre général de ces travaux.

Problématique des travaux de recherche

Dans cette transition vers le développement durable, la recherche de nouveaux modes de production est au cœur des préoccupations de l'industrie : continuer à répondre aux besoins humains en mettant en œuvre des procédés moins polluants, générant moins de rejets et de déchets, mobilisant des ressources naturelles moins sensibles et en quantités moindres. C'est ainsi que de nombreuses filières industrielles se tournent avec intérêt vers des ressources parmi les plus traditionnelles qui soient : celles fournies par la biomasse, en tant que matières premières renouvelables et ressources énergétiques naturelles abondantes, mobilisant du carbone organique et non fossile, mais aussi moins de substances chimiques préoccupantes. Ces ressources sont exploitées par des procédés parfois à la pointe de l'innovation, ainsi affranchis – au moins en partie – des handicaps que représentent en particulier les énergies fossiles et la pétrochimie. Mais si la biomasse se renouvelle à l'évidence plus rapidement que les gisements de pétrole ou de charbon, sa capacité de production et de régénération connaît elle aussi des limites, imposées notamment par les rendements de la photosynthèse et par les conditions hydrologiques et pédoclimatiques dans lesquelles croît la végétation. La biomasse étant toujours à la source de productions beaucoup plus traditionnelles pour une population mondiale en expansion (alimentation, chauffage, logement, habillement, …), cette multiplication des usages ne tarde pas à atteindre les limites des capacités naturelles de production. L'enjeu pour les acteurs industriels ne consiste donc pas seulement à diversifier les sources d'approvisionnement, mais à se développer en suivant de nouveaux schémas de production, optimisant l'usage de ressources naturelles par essence limitées.

C'est face à ce constat que se développe un acteur tel que le pôle de compétitivité français Industrie et Agro-Ressources (IAR), dont les activités sont centrées sur les valorisations industrielles d'agro-ressources[2]. Implanté sur le territoire des régions Picardie et Champagne-Ardenne depuis 2005, la vocation du pôle de compétitivité IAR est de soutenir des projets

[2] Les agro-ressources peuvent être définies comme une catégorie particulière de biomasse, issue de cultures agricoles et sylvicoles, qu'il s'agisse de produits ou de co-produits de ces cultures.

innovants de valorisation d'agro-ressources – en particulier celles produites sur le territoire de ces deux régions – par des filières industrielles à vocation principalement non alimentaire. Il cherche au passage à renforcer les liens entre des réseaux d'acteurs divers, aux intérêts et visées très hétérogènes et a priori difficiles à fédérer : les acteurs économiques régionaux publics et privés, le monde agricole et celui de la recherche.

Dans ce contexte, nos travaux se concentreront sur les questions suivantes : comment affecter de façon optimale les agro-ressources aux différents projets industriels qui voient aujourd'hui le jour et qui les réclament, tout en continuant à satisfaire les besoins essentiels auxquels ces ressources répondaient jusqu'à présent ? Quels sont les critères permettant de dire si cette affectation intègre les exigences du développement durable ? Quels sont les itinéraires et les conditions de la durabilité pour les filières de valorisations industrielles des agro-ressources ? Comment le pôle IAR peut-il garantir que les projets qu'il soutient sont durables ?

Les travaux de cette thèse cherchent à apporter des réponses à ces questions à travers la conception, le développement et la mise en œuvre d'une méthodologie pour le pôle de compétitivité IAR et ses activités agro-industrielles, dédiée à l'analyse de la performance, au regard des exigences du développement durable, des projets industriels qu'il soutient.

Objet des travaux de recherche

L'outil d'aide à la décision que constitue cette méthodologie a été conçu et développé suivant plusieurs hypothèses de départ. Tout d'abord, parce que nous considérons que les travaux visant à intégrer le développement durable aux activités humaines doivent avant tout reposer sur la définition claire de ce que représente, pour les différents acteurs, le développement durable, la méthodologie que nous avons développée s'appuie sur une approche dite « par enjeux » du développement durable, que nous avons pris le temps de développer en tant que préalable indispensable à notre travail méthodologique. Cet effort est indispensable pour articuler de manière transparente les critères d'évaluation de la durabilité mis en œuvre par notre outil d'aide à la décision, avec les exigences posées par le développement durable. Il permet également, pour le pôle IAR et l'ensemble des acteurs qu'il fédère, de répondre à un besoin toujours important de sensibilisation par rapport aux principes et aux enjeux du développement durable : favoriser une large compréhension des défis qui nous font face est un moyen d'optimiser nos chances de parvenir à les relever avec succès.

Nous nous sommes ensuite orientés de manière privilégiée vers des approches et des méthodologies d'analyse de la durabilité pré identifiées par les membres du pôle IAR en charge des questions d'analyse des choix technologiques. Nous avons ainsi porté une attention particulière aux apports de la méthode d'analyses de cycles de vie (ACV)[3], à la démarche proposée par l'organisation internationale The Natural Step (Cook 2004; Robert 2000; Robert, Schmidt-Bleek et al. 2002) et aux travaux portant sur la construction d'indicateurs de développement durable (Ayong Le Kama, Lagarenne et al. 2004; Boulanger 2005; Meadows 1998; Office Fédéral de la Statistique Suisse; ONU 2005). Nous avons privilégié la mise en œuvre de tels indicateurs, suivant ainsi les recommandations de l'ONU et en particulier du chapitre 40 de l'Agenda 21. Les indicateurs sont en effet des outils traditionnels et extrêmement répandus[4] pour l'analyse des systèmes et le pilotage de l'action des organisations. Il est cependant essentiel, pour répondre sans risque d'erreurs d'analyse aux différents usages pour lesquels ils sont construits, qu'ils soient parfaitement adaptés aux systèmes auxquels ils sont dédiés[5]. Il n'est donc pas question de réemployer des indicateurs développés pour des usages ou dans des contextes différents, et nous avons proposé au pôle IAR une batterie d'indicateurs de développement durable spécifiquement dédiés à ses activités.

Enfin, lors du démarrage de ces travaux de thèse fin 2005, le pôle IAR est une structure naissante dont l'équilibre reste à inventer et les capacités d'autogestion à prouver. Il fait cependant face dès ses débuts à des enjeux de taille, pour lesquels sa réponse est attendue du fait de la place stratégique qu'il occupe au cœur du développement du territoire. Dans ce contexte, nous avons estimé que le pôle IAR avait avant tout besoin d'une démarche rapidement opérationnelle, qui lui permette d'aborder la question de la durabilité sans trop tarder et sans que cette démarche soit la plus aboutie possible, quitte à ce que son perfectionnement exige par la suite des travaux complémentaires, dans lesquels le pôle puisse directement s'impliquer.

[3] Décrite par les normes ISO 14 040 et ISO 14 044.
[4] « Indicators are natural, everywhere, part of everyone's life ». **Meadows, D.** (1998). *Indicators and information systems for sustainable development*. Balaton Group, 95 p.
[5] « When indicators are poorly chosen, they can cause serious malfunctions ». Ibid.

Dans cette optique, nous nous sommes focalisés sur ce qui nous semblait être le principal levier d'action pour la durabilité des activités du pôle IAR : la procédure de labellisation qu'il a mise en place pour désigner les projets agro-industriels à soutenir. La méthodologie conçue et développée dans ces travaux s'appuie donc sur cette procédure pré existante, et cherche à la compléter de manière à ce qu'elle permette d'analyser les projets candidats au regard de l'ensemble des exigences du développement durable.

Ces hypothèses de travail ont débouché sur la construction d'un outil d'aide à la décision dédié au pôle de compétitivité IAR, baptisé IDDAgro (pour Indicateurs de Développement Durable pour les Agro-Ressources). Développé sous Excel, il a vocation à être pris en main par le pôle IAR lui-même et à évoluer vers une version logicielle plus ergonomique.

Présentation de la thèse

La présente thèse est structurée en trois parties et cinq chapitres. La partie A rassemble les deux premiers chapitres, et nous permet de positionner nos travaux vis-à-vis du contexte lié au développement durable, en particulier pour les agro-ressources, et de l'état de l'art du champ de l'analyse et de l'évaluation de la durabilité. Elle vise à aider le pôle IAR à se positionner face au développement durable, éclairant son analyse de ces enjeux afin qu'il puisse les intégrer dans son activité

Le **chapitre 1** brosse le tableau des principaux défis auxquels les sociétés humaines doivent aujourd'hui répondre, qu'ils concernent l'Homme ou l'environnement. Il s'agit ici de comprendre les composantes de la crise écologique, sanitaire et sociale majeure dans laquelle toutes les activités humaines sont aujourd'hui plongées. Cet état des lieux nous permettra au passage de mettre en évidence le rôle particulier de l'agriculture au sein de ce contexte. Nous nous arrêterons ensuite sur ces nouvelles valorisations qui sont faites des agro-ressources, pour donner un aperçu des horizons qu'elles ouvrent aujourd'hui à l'industrie. Enfin, pour illustrer la difficulté d'intégrer les principes et les exigences du développement durable dans ces nouvelles activités, nous présenterons le cas emblématique de la production de biocarburants d'origine agricole pour les transports, et la controverse que la durabilité du bilan de cette production fait naître.

Le **chapitre 2** vise à présenter différentes approches développées pour l'analyse de la durabilité des systèmes. Nous nous arrêterons tout d'abord sur les indicateurs de développement durable, dans le but de préciser leurs origines, les usages qui en sont faits

depuis leur apparition, ainsi que les principes et les critères qui régissent leur sélection et la construction d'une batterie d'indicateurs. Nous présenterons ensuite et mettrons en perspective les apports de deux autres approches : celle de la méthodologie de l'analyse de cycle de vie (ACV) et celle proposée par The Natural Step. Ces différents points nous permettront d'affiner notre approche de l'analyse des organisations au regard des enjeux du développement durable, et de dégager quelques principes d'action pour l'évaluation de la durabilité des systèmes.

La seconde partie de ces travaux rassemble deux chapitres dédiés à la construction de l'outil d'aide à la décision relatif à l'analyse de la durabilité des projets agro-industriels soutenus par le pôle IAR : les chapitres 3 et 4. Le **chapitre 3** porte sur la conception de notre approche et de l'outil IDDAgro. Il nous permet de présenter et de justifier nos choix méthodologiques, et de préciser notre approche vis-à-vis des défis posés par le développement durable. Nous développons ainsi une vision du développement durable en sept enjeux, sur laquelle repose une analyse des différents impacts potentiels qu'un projet de valorisation industrielle d'agro-ressources peut générer tout au long de son cycle de vie. La seconde partie de ce chapitre présente le cahier des charges défini pour le développement d'IDDAgro : les caractéristiques recherchées, l'usage pour lequel il est conçu, les critères de sélection des indicateurs ainsi que les règles à suivre pour les renseigner, et enfin la méthode à suivre pour le calcul, la présentation et l'analyse des résultats obtenus.

Le **chapitre 4** rassemble l'ensemble des indicateurs sélectionnés pour analyser les impacts des projets de valorisation industrielle d'agro-ressources et mis en œuvre par IDDAgro. Tous les indicateurs sont décrits pour chacune des étapes du cycle de vie établi pour un projet-type. Chacun correspond à un ou plusieurs des impacts potentiels identifiés au chapitre 3, et repose sur des informations spécifiques. Nous terminons ce chapitre par l'analyse des résultats obtenus dans cette partie des travaux, en présentant la forme et le contenu de la première version développée d'IDDAgro, ainsi qu'une analyse critique et une analyse des incertitudes caractérisant les résultats fournis par IDDAgro.

Pour finir, la partie C présente les travaux visant à tester la démarche et la méthodologie développées dans le cadre de ces travaux, par l'intermédiaire du **chapitre 5**. Ce dernier chapitre expose les résultats obtenus suite au test d'IDDAgro effectué sur la base de projets existants et déjà labellisés par le pôle IAR : ce test nous permet en effet de dégager un certain nombre d'enseignements et de perspectives d'évolution pour notre outil. Nous présentons

également la démarche entreprise auprès d'un site agro-industriel de raffinerie végétale, accueillant deux unités de production d'éthanol à partir de blé et de betterave sucrière, dans le but de valider notre approche de l'analyse de la durabilité des activités industrielles et de nous pencher sur le cas de ce site emblématique du pôle IAR. Les résultats obtenus nous amènent au final à tirer plusieurs leçons de l'application de l'ensemble de ces travaux, et à dégager pour le pôle IAR des pistes de propositions pour l'émergence de conditions favorables à la durabilité des activités agro-industrielles au sein du territoire.

Cette thèse s'est déroulée entre décembre 2005 et décembre 2008 à l'INERIS (Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques), au sein de l'unité EDEN (Economie et Décision pour l'Environnement) et du pôle « Modélisation environnementale et décision ». Les travaux ont été dirigés par le CREIDD (Centre de Recherches et d'Etudes Interdisciplinaires sur le Développement Durable, ICD, CNRS FRE 2848) de l'Université de Technologie de Troyes (UTT). Ces recherches ont été rendues possibles par les financements fournis par le Conseil Régional de Picardie et le Conseil Régional de Champagne-Ardenne.

PARTIE A – ANALYSER LA DURABILITE DES VALORISATIONS NON ALIMENTAIRES D'AGRO-RESSOURCES : DES ENJEUX COMPLEXES

Introduction de la partie A

Il semble important de débuter la présentation de ces travaux, traitant de l'analyse de l'adéquation de certaines activités humaines par rapport aux enjeux du développement durable, par un tour d'horizon du contexte auquel sont aujourd'hui confrontées ces activités humaines. C'est ce contexte qui impose justement la nécessité d'un développement durable[6]. Les sociétés doivent aujourd'hui – on le sait depuis quelques décennies déjà – faire face à des défis écologiques et humains[7] : changement climatique, épuisement des ressources naturelles ou encore érosion de la biodiversité, pour ne citer que ceux-là. Les ignorer ou ne les traiter qu'à la marge, comme cela a généralement été fait depuis qu'a émergé la prise de conscience autour de leur existence, n'est aujourd'hui plus possible. Nombre de ces problèmes réclament une solution à court, voire très court terme : à l'horizon de quelques dizaines d'années seulement – une marge de manœuvre bien faible pour construire des réponses à l'échelle internationale. C'est en effet au niveau global que la plupart de ces problèmes s'expriment ; en outre, l'interdépendance qu'implique la mondialisation des activités et des échanges impose désormais une large collaboration entre pays, voire l'invention de nouveaux outils de gouvernance mondiale.

Le premier chapitre de cette partie nous permettra de nous pencher sur ces grands défis qu'il s'agit aujourd'hui de relever à l'échelle mondiale, ainsi que sur leurs conséquences écologiques et humaines[8]. Cet état des lieux nous permettra de mettre en lumière la place particulière de l'agriculture moderne au sein de ce contexte : fortement impliquées dans les racines de la crise écologique, les activités agricoles sont aussi au cœur des enjeux socio-économiques et sanitaires dans de très nombreuses régions du monde. L'agriculture tient ainsi

[6] Nous prendrons le temps dans ce mémoire de nous arrêter sur différentes approches théoriques permettant de définir le développement durable, ainsi que sur la vision que nous en proposons et sur laquelle reposent nos travaux.

[7] Nous ne nous arrêterons pas sur la crise économique et financière profonde (la « crise du capitalisme ») qui secoue le monde entier en cette fin d'année 2008, même s'il n'est pas question de la minimiser. L'économie et la finance restent pour nous des moyens ou des outils du développement : en aucun cas des finalités en soi, contrairement au bien-être humain – la négation de cette approche n'est d'ailleurs sans doute pas complètement étrangère à l'emballement récent et à la crise qui lui succède. Il est cependant certain que cette crise est désormais un défi de plus à relever, tel un obstacle supplémentaire majeur à l'atteinte du bien-être pour le plus grand nombre.

[8] L'ouvrage « Plan B 2.0 Rescuing a Planet Under Stress and a Civilization under Trouble » de Lester Brown du Worldwatch Institute, dans sa première partie (« A Civilization in Trouble »), apporte un éclairage complémentaire intéressant pour ce bilan écologique et humain. (**Brown, L. R.** (2006). *Plan B 2.0 : Rescuing a Planet Under Stress and a Civilization in Trouble*, Earth Policy Institute. 266 p.)

un rôle crucial dans la recherche de voies de développement plus durables à l'échelle planétaire. La figure ci-dessous, tirée des travaux de l'IAASTD[9] en 2008, illustre cette place centrale occupée par l'agriculture (en particulier l'agriculture alimentaire) au cœur du développement.

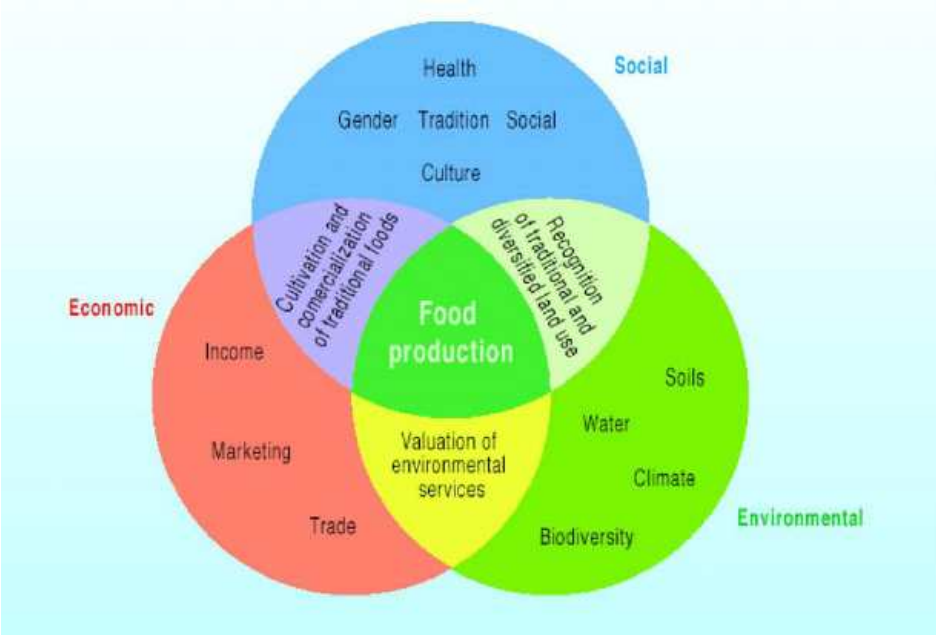


Figure n°1 Place et rôles de l'agriculture au cœur du développement (IAASTD 2008).

Après cette analyse, nous interrogerons le développement, dans ce contexte, des activités de valorisation industrielle de la biomasse, en particulier les agro-ressources. Quels horizons ces « nouvelles » ressources ouvrent-elles aujourd'hui, et de quel potentiel disposent-elles pour aider à faire face aux enjeux écologiques et humains actuels ? Leurs applications sont-elles toujours à la hauteur de l'enthousiasme qu'elles soulèvent ?

L'étude de ces questions nous amènera à considérer que ces nouvelles activités, tout en ouvrant de très intéressantes perspectives au monde agricole et à l'industrie, se révèlent être de véritables défis face à l'exigence de modes de développement significativement plus durables. Pour illustrer ce propos, nous nous arrêterons sur le cas particulier de la production de carburants pour les transports à partir de ressources végétales, en particulier agricoles.

[9] Evaluation internationale des sciences et technologies agricoles pour le développement (International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development).

Nous présenterons les principaux éléments au cœur de la controverse portant sur le bilan de ces biocarburants[10], en particulier en termes de durabilité.

Comment dès lors aider les acteurs agro-industriels à remplir les conditions et suivre les itinéraires garantissant une production et une utilisation durable des agro-ressources ? C'est ainsi qu'émerge avec force le besoin d'être en capacité d'évaluer de façon poussée les activités humaines, en l'occurrence l'usage industriel des agro-ressources, au regard des enjeux du développement durable. Dans le second chapitre de cette partie, nous nous pencherons sur quelques moyens permettant d'évaluer la durabilité des systèmes. Le pôle de compétitivité Industrie et Agro-Ressources (IAR), à l'origine de ces travaux, ayant manifesté dès le départ son souhait de recourir à des indicateurs de développement durable, nous analyserons tout d'abord les usages et les conditions d'emploi de ces outils largement répandus, essayant ainsi de cerner les enjeux de leur construction. Nous nous arrêterons ensuite sur deux autres approches, également identifiées par le pôle IAR : l'Analyse de Cycle de Vie (ACV) et le cadre d'analyse proposé par l'ONG internationale « The Natural Step ». Nous analyserons les principes sur lesquelles elles reposent, les situations d'évaluation auxquelles elles se proposent de répondre ainsi que les éventuelles limites qui les caractérisent. Enfin, nous terminerons cette étude par la synthèse de quelques considérations nous paraissant essentielles pour la définition et le choix d'outils d'évaluation de la durabilité des systèmes.

[10] Nous emploierons ici le terme « biocarburants », utilisé dans les textes officiels et correspondant à la traduction la plus directe de l'anglais « biofuels », tout en restant bien clairs sur le caractère absolument distinct de ces carburants d'avec toute forme de production agricole biologique. Une définition précise des biocarburants sera proposée dans cette partie (cf. 1.2.2).

Chapitre 1. Les agro-ressources face aux enjeux du développement durable : des potentiels et des défis majeurs pour l'agriculture et l'agro-industrie

1.1 DES VOIES DE DEVELOPPEMENT DANS L'IMPASSE : L'AGRICULTURE A LA CROISEE DES CHEMINS

1.1.1 L'état d'urgence planétaire à l'orée du 21ème siècle : une crise écologique majeure

Si les premières perturbations d'origine anthropique de l'environnement et des écosystèmes sont probablement apparues avec les premières activités humaines, le dix-neuvième et plus encore le vingtième siècle marquent, en termes d'échelle de ces perturbations, un tournant majeur. A l'aube du 21ème siècle, celles-ci s'observent désormais à l'échelle locale comme à l'échelle planétaire, et atteignent l'ensemble des mécanismes de régulation du globe sur lesquels reposent l'équilibre de la biosphère : on parle désormais de changement global. Nous allons présenter ici rapidement les principales composantes de ce changement global, notamment le déséquilibre des grands cycles biogéochimiques planétaires, la raréfaction des ressources naturelles et l'érosion de la biodiversité. Pour chacun de ces enjeux, nous isolerons les principaux phénomènes et mécanismes à l'œuvre et mettrons en évidence combien les activités agricoles sont concernées, tant au niveau des causes que des effets.

1.1.1.a La perturbation des grands cycles biogéochimiques et du climat

La Terre est constituée d'un ensemble de quatre éléments : la géosphère, l'atmosphère, l'hydrosphère et la biosphère. Ces entités sont autant de réservoirs qui échangent, de façon cyclique et à l'échelle planétaire, des éléments ou composés chimiques. Ces « cycles biogéochimiques » (cf. Annexe 1) permettent le passage, au sein de la biosphère, d'un élément de l'état organique à l'état minéral, via des phénomènes de transport et de transformation. Par leur interaction, ils confèrent à la biosphère sa capacité d'autorégulation[11]. Parmi les cycles biogéochimiques les plus importants se trouvent les cycles de l'azote (N), du carbone (C), de l'eau (H_2O), de l'oxygène (O), du phosphore (P) et du soufre (S). Sensibles

[11] Cette capacité est l'homéostasie.

aux évènements géoclimatiques et aux perturbations anthropiques, ces cycles sont aujourd'hui déséquilibrés.

LES CYCLES DE L'AZOTE, DE L'EAU, DU PHOSPHORE, DU SOUFRE ET DU CARBONE

Le cycle de l'azote

L'azote (cf. Annexe 1) est transformé au cours d'une succession cyclique de phénomènes de :

- Fixation de l'azote atmosphérique (N_2) en azote utilisable pas les organismes végétaux et animaux, grâce à des bactéries du sol ou aquatiques ;
- Nitrification, où les produits de la fixation sont transformés en nitrites et en nitrates grâce à des bactéries du sol ou aquatiques ;
- Dénitrification, où grâce à des bactéries encore, l'azote des nitrates est retourné à l'atmosphère sous forme de N_2, accompagné de dioxyde d'azote N_2O et de CO_2.

Les activités humaines et en particulier les activités agricoles amplifient le phénomène de dénitrification, et donc de relargage de CO_2 et de N_2O dans l'atmosphère, du fait notamment de l'utilisation intensive d'engrais agricoles apportant des nitrates supplémentaires aux sols. De plus la combustion thermique (des moteurs et centrales) transforme l'azote en oxyde d'azote, ce qui conduit à la formation de nitrates.

Il s'agit là principalement du cycle terrestre de l'azote ; or son cycle océanique est également fortement perturbé du fait à nouveau des activités agricoles et industrielles, mais aussi de la pêche intensive. Les phénomènes de ruissellement, d'érosion et les pluies apportent aux milieux aquatiques les nitrates non captés par la biomasse terrestre. L'azote y est capté par les plantes, les bactéries, et en bout de chaîne par les animaux. L'apport massif d'engrais agricoles a conduit à une très forte augmentation de ce transfert d'azote vers les lacs et les océans, avec comme conséquence une importante eutrophisation de ces milieux, parfois jusqu'à leur asphyxie totale[12]. Parallèlement, la pêche intensive est responsable de retraits considérables d'azote du compartiment océanique, dans des proportions telles qu'au lieu de réguler et limiter l'eutrophisation, elle est responsable de l'effondrement des populations de poissons pêchés et conduit au contraire à une aggravation de l'eutrophisation.

[12] C'est ainsi que le Golfe du Mexique contient en 2007-2008 une zone morte d'environ 22 000 km^2; la plus vaste du monde.

Le cycle de l'eau

La perturbation du cycle de l'eau est incontestablement un des sujets de préoccupation majeurs dans la crise écologique actuelle. C'est également un enjeu de taille sur le plan sanitaire et social : l'accès à l'eau (en particulier à une eau propre), particulièrement difficile dans les zones de pauvreté, est pourtant l'un des principaux piliers de la santé et de la dignité humaine[13].

Les mécanismes essentiels du cycle de l'eau (précipitations, évaporation, ruissellement) sont très sensibles aux évolutions climatiques, notamment l'ensoleillement et la température moyenne (cf. Annexe 1). Le phénomène de ruissellement est perturbé par la déforestation et les pratiques de l'agriculture intensive, qui fragilisent les sols en les dénudant, ainsi que par l'urbanisation qui étanchéifie les surfaces. La déforestation diminue également les capacités d'évapotranspiration[14] de la biomasse végétale terrestre. Enfin l'irrigation, en particulier pour les usages agricoles mais pas seulement, en prélevant l'eau dans les nappes ou les cours d'eau, diminue leur niveau jusqu'à parfois tarir des sources ou assécher des réservoirs. L'exemple de la Mer d'Aral est bien connu[15]. Les conséquences de toutes ces perturbations sont très préoccupantes : du cycle de l'eau dépendent très directement la vie végétale et animale ou encore l'évolution de l'altération des roches continentales par exemple[16].

Le cycle du phosphore

Le cycle du phosphore ne contient pas de composante gazeuse et ne dépend pas de réactions microbiennes. Provenant de l'altération des phosphates de calcium contenus dans les roches de surface, le phosphore est absorbé par les plantes puis par les animaux qui les consomment. Une partie est retournée aux sols, tandis que le reste part vers les océans où il finit par se déposer et être intégré aux sédiments (cf. Annexe 1). Les hommes perturbent le cycle du phosphore en exploitant des mines de phosphate, principalement dans le but de fabriquer des fertilisants agricoles. Depuis les sols où ils sont épandus, les phosphates en excès sont alors drainés vers les milieux aquatiques, où ils agissent là aussi comme fertilisants et posent des problèmes d'eutrophisation.

---

[13] Se reporter notamment au site de la FAO dédié à l'eau : www.fao.org/nr/water.

[14] L'évapotranspiration est le phénomène de transpiration des végétaux, partie intégrante du cycle de l'eau (l'évaporation n'implique pas les êtres vivants).

[15] **McNeil, J. R. et P. M. Kennedy** (2001). *Something new under the sun : an environmental history of the Twentieth Century World*, Norton, W. W. & Company, Inc. 416 p.

[16] **Nahon, D.** (2008). *L'épuisement de la Terre*. Paris, Odile Jacob. 235 p.

Le cycle du soufre

Les composés du soufre existent à l'état gazeux, dissous dans les milieux aquatiques ou piégés dans les sédiments et roches sédimentaires. Le cycle du soufre est particulièrement complexe (cf. Annexe 1) et a des effets importants sur les pluies acides et la régulation du climat. Moins impliqué que d'autres cycles dans les activités agricoles, il est perturbé par les activités minières, plusieurs métaux (dont le cuivre, le zinc et le plomb) étant extraits de sulfures de dépôts hydrothermaux, mais aussi par la combustion du pétrole et du charbon. Celle-ci libère en effet du dioxyde de soufre SO_2 dans l'atmosphère, générant à terme des pluies acides responsables d'importants dégâts sur les écosystèmes notamment. Ce flux anthropique de soufre vers l'atmosphère déséquilibre aujourd'hui fortement les flux naturels. Notons que l'activité naturelle volcanique joue également un grand rôle dans le cycle du soufre : en plus de cendres et d'autres gaz, les volcans émettent notamment des sulfates SO_4 en aérosols pouvant provoquer des refroidissements du climat à très court terme[17].

Le cycle du carbone

Le carbone est l'un des éléments les plus cruciaux pour le fonctionnement de la planète. Son rôle dans la productivité biologique et la régulation du climat est fondamental. Au cours de son cycle global (cf. Annexe 1), il passe successivement de l'état organique (dans les organismes vivants, la matière organique, les hydrocarbures) à l'état inorganique (sous forme de CO_2 atmosphérique ou de calcaire par exemple).

Le cycle du carbone est lui aussi fortement perturbé par les activités humaines : en particulier la déforestation, l'extraction et la combustion d'hydrocarbures, la production de ciment. Ces activités, dont l'ampleur est connue, sont responsables d'un dégagement massif de gaz à effet de serre dans l'atmosphère, générant des perturbations importantes et inédites du climat (voir ci-dessous). L'agriculture, grande consommatrice d'énergie en particulier pour la mécanisation et la production d'intrants, mais aussi source de déforestation dans certaines régions du globe, a aujourd'hui un poids important au regard de cet enjeu.

[17] Ce fut notamment le cas en 1991 lors de l'éruption du Pinatubo aux Philippines : on évalue qu'elle a abaissé la température planétaire moyenne de 1 °C pendant une année, dû à l'effet combiné des émissions de cendres et de SO_4. (**Bourgue, P. A.**, *Planète Terre*. Département de Géologie et de Génie géologique de l'Université de Laval, Québec, www.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/intro.pt/planete_terre.html, accès: 04/12/08.).

LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

Le changement climatique est un phénomène intimement lié à la perturbation des cycles biogéochimiques terrestres, en particulier celui du carbone et celui de l'azote. On sait désormais qu'il est en grande partie provoqué par l'émission dans l'atmosphère de gaz à effet de serre (GES) d'origine anthropique, générés en particulier par les activités industrielles et agricoles.

Ce phénomène inédit est un sujet de préoccupation majeur à l'échelle internationale. Il est à l'étude depuis 1988 grâce aux travaux du Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC)[18]. La vocation du GIEC n'est pas de mener des travaux de recherche, mais d'examiner, évaluer et synthétiser les travaux scientifiques relatifs au changement climatique et publiés par les chercheurs du monde entier. Il réalise ainsi un état des lieux actualisé de l'état des connaissances. Il rassemble des experts du monde entier, regroupés en trois groupes de travail chargés d'étudier les aspects scientifiques du système climatique (groupe de travail I), la vulnérabilité des systèmes socio-économiques et naturels aux changements climatiques, les conséquences de ces changements et les possibilités de s'y adapter (groupe de travail II) et les moyens de limiter les émissions de gaz à effet de serre et d'atténuer les changements climatiques (groupe de travail III). Parmi les publications des travaux du GIEC, les plus importantes sont les « rapports d'évaluation », qui synthétisent et fournissent un état des connaissances très détaillé sur l'évolution des changements climatiques et de leurs conséquences. Quatre rapports d'évaluation ont déjà été publiés (1990, 1995, 2001 et 2007), tous sont publics et systématiquement assortis d'un « résumé pour décideurs » largement diffusé.

Ces travaux scientifiques ont donné lieu à la mise en place de dispositifs de gouvernance mondiale pour tenter d'apporter des solutions au problème. Le protocole de Kyoto, ouvert à ratification en 1998 et entré en vigueur en 2005[19], est la plus connue des dispositions

[18] En anglais Intergovernemental Panel on Climate Change (IPCC). Le GIEC a été créé à l'initiative de l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM) et du Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE). La mission du GIEC est « d'évaluer, sans parti pris et de façon méthodique, claire et objective, les informations d'ordre scientifique, technique et socio-économique qui nous sont nécessaires pour mieux comprendre les fondements scientifiques des risques liés au changement climatique d'origine humaine, cerner plus précisément les conséquences possibles de ce changement et envisager d'éventuelles stratégies d'adaptation et d'atténuation. (…) Ses évaluations sont principalement fondées sur les publications scientifiques et techniques dont la valeur scientifique est largement reconnue ». Source : http://www.ipcc.ch/languages/french.htm#1 (consulté le 10/11/2008).

[19] Dans le cadre de la Convention-Cadre des Nations-Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC) adoptée à Rio de Janeiro en 1992.

internationales prises pour tenter d'endiguer la hausse des émissions de gaz à effet de serre et leurs conséquences sur le climat. Ce protocole définit un calendrier de réduction des émissions des six gaz à effet de serre[20] considérés comme les plus problématiques quant aux conséquences sur le climat. Il comporte des engagements absolus de réduction des émissions pour 38 pays industrialisés, avec une réduction globale de 5,2 % des émissions d'ici 2012 par rapport à l'année de référence 1990. Il prévoit également, entre autres, un mécanisme dit de permis négociables, créant un système de marché de permis d'émission.

A ce jour, malgré leur part très importante dans les émissions mondiales de gaz à effet de serre, les Etats-Unis constituent toujours l'exemple le plus notable de pays industrialisé refusant de ratifier le protocole de Kyoto[21]. Par ailleurs on observe un effort international grandissant dans la négociation de ce qu'il est convenu d'appeler le « Post-Kyoto », autrement dit les mesures de gouvernance mondiale en matière d'émissions de GES qui seront mises en place à partir de 2012, date à laquelle le protocole de Kyoto arrive à échéance[22].

Le changement climatique est un phénomène complexe caractérisé notamment par des mécanismes de rétroaction et des seuils d'irréversibilité qui nous restent pour la plupart inconnus. L'ampleur de ses effets, leur répartition dans le temps et leur enchaînement sont en outre très mal maîtrisés. La principale raison à toutes ces inconnues est le caractère totalement inédit du phénomène : si la planète a connu une succession d'épisodes de réchauffements ou de refroidissements climatiques au cours de son histoire, aucun ne s'apparente à celui dont il est question aujourd'hui. La principale différence est l'échelle de temps sur laquelle se déroule le phénomène : quelques décennies seulement, alors que la Terre est coutumière d'épisodes climatiques intervenant sur plusieurs milliers, voire des dizaines de milliers d'années. Cette échelle de temps plus qu'inhabituelle s'explique par l'augmentation vertigineuse, elle aussi totalement inédite pour le système planétaire à l'échelle de nos connaissances, de la concentration des gaz à effet de serre dans l'atmosphère en l'espace de quelques décennies.

[20] Ces six gaz à effet de serre sont le dioxyde de carbone (CO2), le méthane (CH4), le protoxyde d'azote (N2O), l'hexafluorure de soufre (SF6), les hydrofluorocarbures (HFC) et les hydrocarbures perfluorés ou perfluorocarbures (PFC).

[21] C'est ainsi que de nombreux espoirs se cristallisent sur les décisions que pourra prendre la nouvelle administration fédérale américaine à partir de janvier 2009, suite aux élections présidentielles de novembre 2008 aux Etats-Unis.

[22] La 13ème conférence (COP 13) des Nations unies sur les changements climatiques par exemple, qui s'est tenue à Bali en décembre 2007, a porté sur la définition d'une feuille de route des discussions visant à prolonger le protocole de Kyoto au-delà de 2012.

L'augmentation de la température planétaire moyenne, suite au renforcement de l'effet de serre, est la conséquence la plus directe et déjà visible de ce phénomène. Parmi ses effets, on prévoit et observe déjà la fonte des grands réservoirs d'eau douce terrestre que sont les glaciers, l'augmentation du niveau des mers et des océans, le dérèglement des précipitations, la perturbation de grands mécanismes de régulation planétaires tels que le Gulf Stream[23] ou encore l'augmentation des occurrences de phénomènes météorologiques extrêmes comme les ouragans. Un des sujets de préoccupation majeurs est également le risque que certains des mécanismes du cycle du carbone, différents de ceux directement perturbés par les émissions de gaz à effet de serre (comme la photosynthèse et l'absorption du carbone par les océans), soient à leur tour déséquilibrés du fait de l'augmentation des concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère[24]. La façon dont les écosystèmes, les organismes vivants et les sociétés humaines qui en dépendent parviendront à s'adapter à ces modifications majeures de leur environnement est évidemment un immense sujet de préoccupation, où l'agriculture occupe une place centrale.

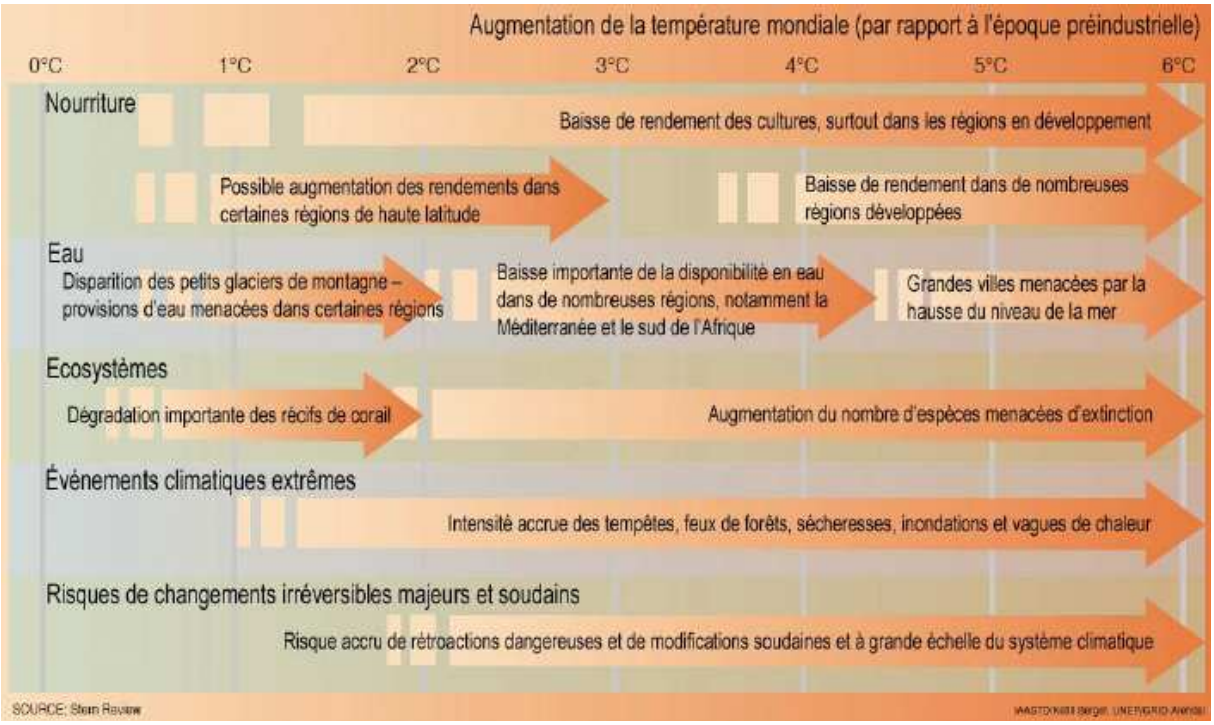


Figure n°2 Prévision des effets du changement climatique (IAASTD 2008).

[23] Courant océanique prenant sa source entre la Floride et les Bahamas. Il se dilue dans l'océan Atlantique au niveau de la longitude du Groenland.
[24] **GIEC** (2007). *Climate Change 2007 : Synthesis Report*. IPCC, 52 p.

En outre, si la prise de conscience et la mobilisation progressent dans le monde entier[25], les dernières nouvelles du changement climatique ne sont pas bonnes. En effet les émissions de gaz à effet de serre mondiales semblent croître plus rapidement que prévu, malgré l'entrée en vigueur du Protocole de Kyoto. Parmi les informations publiées en septembre 2008 par le Global Carbon Project[26], on apprend en effet que les émissions anthropogéniques de CO2 dans l'atmosphère ont augmenté quatre fois plus vite depuis 2000 qu'entre 1990 et 2000, ce qui surpasse le plus pessimiste des scénarios d'émissions envisagés par le GIEC. De plus, les pays en voie de développement émettent désormais plus de carbone que les pays développés.

1.1.1.b L'épuisement des ressources naturelles

Nous l'avons vu, les perturbations des cycles biogéochimiques et du climat sont notamment liées à l'exploitation de ressources énergétiques naturelles, en particulier les énergies fossiles comme le pétrole et le charbon. Exploitées au-delà de leur taux de renouvellement naturel, ces ressources se raréfient et sont aujourd'hui en voie d'épuisement.

L'épuisement des sources d'énergie fossile est, avec le climat, un des grands sujets de préoccupation actuels, tant ses implications pour la société sont importantes[27]. Nos modes de production et de consommation reposent en effet massivement sur une énergie abondante et bon marché, obtenue à partir des ressources fossiles. La question de savoir si nous avons ou non déjà atteint le "peak oil" semble dès lors quelque peu stérile au regard des mutations profondes que nos sociétés tardent à entreprendre, pour réduire leur dépendance à ces sources d'énergie, mais également réduire les émissions de carbone dans l'atmosphère. Ces derniers temps cependant, cette question prend une importance grandissante aux yeux du grand public

[25] A titre d'exemple, selon le sondage Eurobaromètre publié le 11 septembre 2008 et commandé par le Parlement européen et la Commission européenne, 62% des Européens pensent que le changement climatique est l'un des problèmes les plus sérieux auquel le monde est confronté, après la pauvreté (68%) et devant le terrorisme international (53%). **Boughriet, R.**, *Eurobaromètre : 62% des Européens placent le changement climatique comme défi prioritaire*. Actu-Environnement.com (12/09/08), www.actu-environnement.com/ae/news/eurobarometre_ue_changement_climat_perception_5675.php4, accès: 18/09/2008.

[26] Le Global Carbon Project est un groupe d'experts internationaux formé en 2001 dans le but de mieux comprendre et décrire le cycle global du carbone, et notamment les interactions anthropogéniques (www.globalcarbonproject.org).

[27] A ce sujet, voir par exemple l'excellent ouvrage de J.-M. Jancovici et A. Grandjean, paru en 2006 : **Jancovici, J.-M. et A. Grandjean** (2006). *Le plein, s'il vous plait, la solution au problème de l'énergie*, Seuil. 185 p. Dans un style plus alarmiste et centré sur le cas de la société américaine, voir également : **Kunstler, J.** (2005). *La fin du pétrole : le vrai défi du XXIème siècle*, Plon. 370 p.

suite aux envolées du prix du baril de pétrole brut[28], et à l'influence qu'elles ont sur les prix de nombreux produits de consommation.

Les énergies fossiles ne sont cependant pas les seules ressources naturelles à être exploitées au-delà de leur seuil de renouvellement. C'est également le cas de la plupart des minéraux – l'argent, l'or, le zinc, l'étain, le cuivre[29], le plomb, le nickel, le platine, le fer, l'aluminium… – mais aussi de la potasse[30] et du minerai de phosphate[31]. Ces deux dernières ressources sont capitales pour l'agriculture mondiale et ses rendements, et par conséquent pour l'alimentation des quelques milliards d'êtres humains : les pratiques agricoles dominantes – celles de l'agriculture intensive – dépendent en effet fortement de ces engrais d'origine naturelle. Si estimer l'état des réserves est très difficile, il est certain que ces ressources sont épuisables et consommées à un rythme croissant (les attentes pesant sur la production agricole mondiale augmentant, entre autres du fait de l'intensification des besoins en alimentation)[32].

Il faut bien sûr aussi aborder le cas de l'eau potable. Si l'eau est très abondante sur Terre, 97% de son volume est trop salé pour être consommé. Une grande partie des 3% restants est stocké dans les glaciers ou dans les nappes souterraines et au final, notre réservoir d'eau douce disponible ne représenterait que 0.3% des eaux terrestres[33]. Ces réserves sont aujourd'hui soumises à une très forte pression : fonte des glaciers, gaspillage et pollution de l'eau prélevée dans les nappes et les cours d'eau (cf. ci-dessus : cycle de l'eau), en partie pour l'irrigation agricole. La Terre possède également des réservoirs fossiles d'eau douce dans les aquifères, les nappes souterraines profondes. Ces réserves ne se rechargent pas : déconnectées du cycle de l'eau, elles se sont formées il y a parfois plusieurs dizaines de milliers d'années. Elles sont aujourd'hui elles aussi exploitées à grande échelle, en particulier dans les zones arides – en Arabie Saoudite, en Lybie ou encore au Maghreb par exemple. Au rythme d'exploitation actuel, ces réserves risquent l'épuisement en quelques dizaines d'années. Cette préoccupation

[28] Ces fortes augmentations résultent de la diminution des réserves de pétrole disponibles, mais également d'évolutions géopolitiques mondiales ou encore de l'état des installations pétrolières, ce qui rend très ardue leur interprétation directe. Ces phénomènes sont par ailleurs amplifiés par des phénomènes spéculatifs. Il ne fait cependant aucun doute que cette tendance à la hausse est une tendance de fond corrélée à l'état des réserves mondiales.

[29] **Mastny, L.** (2008). *Chaque année, l'industrie du cuivre utilise une base de ressources "non renouvelable"*. L'état de la planète n°31, mai-juin 2008, p. 24-25.

[30] La potasse est un minerai, mélange de carbonate de potassium et de chlorure de potassium, utilisé comme engrais en agriculture.

[31] Roche concentrée en sels de phosphate, utilisés comme engrais en agriculture en tant que source de phosphore.

[32] Certains spécialistes estiment que ces ressources seront épuisées d'ici la fin du 21ème siècle. **Deprost, M.**, *Henry-Hervé Bichat: l'humanité devra relever le défi de la biomasse (27/05/2008)*. www.enviscope.com, www.enviscope.com/15121-Bichat-agriculture-agronomie-Afrique.html, accès: 04/12/2008.

[33] **Sacquet, A.-M.** (2002). *Atlas mondial du développement durable*, Autrement. 77 p.

est à l'origine d'un projet de Convention sur les aquifères transfrontaliers, présenté à l'Assemblée générale de l'ONU en octobre 2008[34].

Un autre thème majeur et bien trop peu médiatisé de la problématique des ressources naturelles est celui de l'épuisement des sols. Creuset de la vie depuis son apparition sur Terre, les sols sont soumis à des pressions anthropiques dépassant largement leurs capacités de régénération et déclenchant par des réactions en chaîne leur destruction irréversible[35]. C'est ainsi – pour ne citer que quelques uns des sujets d'inquiétude – que de nombreuses zones souffrent de désertification, que l'on observe avec beaucoup d'inquiétude le dégel du permafrost[36], que la déforestation – bien souvent pour des usages agricoles – déclenche une érosion destructrice et que nombre de zones sont aujourd'hui épuisées ou polluées, suite à une surexploitation agricole ou industrielle.

Enfin il faut évoquer ici l'épuisement des ressources halieutiques mondiales. Sous l'effet de la surpêche, les stocks s'effondrent et certaines espèces sont aujourd'hui fortement menacées de disparition. Le thon rouge de l'Atlantique est un exemple emblématique et bien connu en France. Capturés en Atlantique et en Méditerranée, où ils se déplacent en bancs pour se reproduire, alors que les prélèvements ne devraient raisonnablement pas dépasser 15 000 tonnes par an selon les scientifiques, près de 29 000 tonnes de ces poissons ont été capturés en 2006 malgré les efforts pour limiter la surpêche[37]. La situation est si préoccupante que la Commission Internationale pour la Conservation des Thonidés de l'Atlantique (ICCAT), formée dans les années 1960 autour de l'objectif de maintien des populations de thonidés et d'espèces apparentées à des niveaux permettant une prise maximale équilibrée, est aujourd'hui obligée de se remettre en cause[38].

---

[34] *Publication de la première carte mondiale des réserves d'eaux souterraines transfrontalières.* Centre d'Actualités de l'ONU, http://un.org/apps/newsFr/storyF.asp?NewsID=17608&Cr=UNESCO&Cr1=eau, accès: 04/12/08.
Dupont, G. (2008). *L'ONU tente de réguler la course à l'eau souterraine*. Le Monde, 31 octobre 2008, p. 4.

[35] **Nahon, D.** (2008). *L'épuisement de la Terre*. Paris, Odile Jacob. 235 p.

[36] Au Canada, où la vitesse de dégel a triplé en quarante ans, les scientifiques estiment que l'Etat du Manitoba aura perdu l'essentiel de son permafrost d'ici la fin du siècle. Or une des caractéristiques du permafrost est d'emprisonner une gigantesque quantité de carbone, qu'on estime représenter entre un quart et un tiers de tout le carbone contenu dans la couverture pédologique terrestre. Le dégel de ces sols risque de libérer un formidable flux de carbone ($C0_2$, CH_4) vers l'atmosphère, ce qui ne devrait pas précisément aider l'humanité à juguler le changement climatique. **Nahon, D.** (2008). *L'épuisement de la Terre*. Paris, Odile Jacob. 235 p.

[37] **Tuquoi, J.-P.** (2008). *Une conférence internationale pour sauver le thon rouge, victime de surexploitation*. Le Monde, 19 novembre 2008, p. 4.

[38] **Hurry, G. D., M. Hayashi, et al.** (2008). *Rapport de l'évaluation indépendante. Commission Internationale pour la Conservation des Thonidés de l'Atlantique (ICCAT).* ICCAT, 115 p.

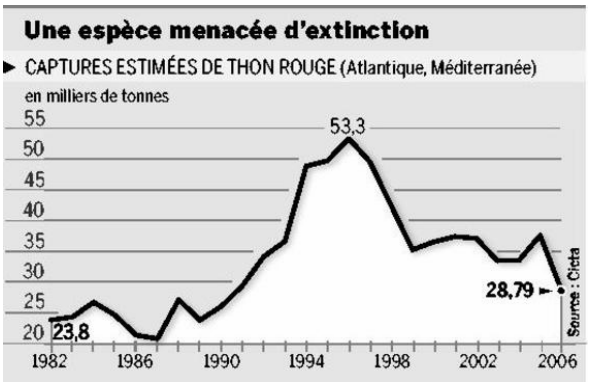


Figure n°3 Evolution des captures de Thon Rouge Atlantique de 1982 à 2006[39].

Pour certaines populations humaines dont l'apport en protéines provient majoritairement voire exclusivement de la mer, les conséquences de cette surexploitation – le thon rouge n'est qu'un exemple – sont très problématiques.

1.1.1.c L'érosion de la biodiversité

L'épuisement des sols comme celui des ressources halieutiques sont des sujets très liés à un autre grand sujet de préoccupation à l'échelle mondiale, avec le changement climatique : l'érosion de la biodiversité. Sur le devant de la scène internationale depuis le sommet de Rio en 1992, et la ratification de la Convention sur la Diversité Biologique (CBD), la biodiversité est en quelque sorte le « cœur de métier » de l'écologie. Au sens littéral, la biodiversité désigne la diversité du vivant, de la plus petite échelle à l'échelle de la biosphère elle-même. Son équilibre dépend de celui des grands mécanismes de régulation planétaires, elle-même joue un rôle fondamental dans le maintien de conditions favorables à la vie sur Terre. A ce titre, le cas des insectes pollinisateurs est un excellent exemple : on estime que plus des trois quarts des cultures agricoles dans le monde dépendent de leur activité pollinisatrice[40].

Entre 2001 et 2005, un travail très important a été réalisé à l'échelle internationale, à l'initiative entre autres de la Convention sur la Diversité Biologique : le « Millennium Ecosystem Assessment ». L'objectif était d'évaluer les conséquences des perturbations des écosystèmes pour le bien-être humain, et d'explorer les moyens disponibles pour améliorer la protection et l'utilisation durable des écosystèmes ainsi que leur contribution au bien-être humain.

[39] **Tuquoi, J.-P.** (2008). *Une conférence internationale pour sauver le thon rouge, victime de surexploitation*. Le Monde, 19 novembre 2008, p. 4.
[40] **Klein, A. M., B. E. Vaissière, et al.** (2006). *Importance of pollinators in changing landscapes for world crops*. Proceedings of the Royal Society of London Series B : Biological Science.

Ces travaux devaient prendre en compte les besoins de différentes parties prenantes, notamment l'industrie, la société civile, les populations indigènes… Ils ont été menés par plus de 1300 experts de près de 100 pays, organisés en quatre groupes de travail. La biodiversité a représenté un sujet majeur pour ces travaux d'évaluation : pour le Millennium Ecosystem Assessment, de fortes interactions existent entre les hommes, la biodiversité et les écosystèmes. Parmi les conclusions, on trouve notamment les éléments suivants[41] :

- Les activités humaines modifient considérablement, et souvent de manière irréversible, la diversité de la vie sur Terre. La plupart de ces changements se traduisent en perte de biodiversité. Ils ont été plus rapides au cours de ces 50 dernières années qu'à n'importe quelle époque de l'histoire de l'humanité. Les projections et scénarios indiquent en outre qu'à l'avenir ce rythme va se poursuivre voire s'accentuer ;
- La biodiversité contribue directement et indirectement à beaucoup d'aspects du bien-être humain, y compris la sécurité, le support matériel à la vie, la santé, les relations sociales, la liberté de choix et d'action. Au cours du 20ème siècle, si beaucoup de personnes ont bénéficié de l'exploitation de la biodiversité et de la conversion d'écosystèmes naturels en écosystèmes dominés par l'homme, ces changements ont en même temps provoqué une diminution du bien-être de nombreuses personnes, la pauvreté s'accentuant dans certains groupes sociaux ;
- Bien que de nombreuses personnes bénéficient des activités conduisant à des pertes de biodiversité et à des modifications des écosystèmes, le coût qu'elles engendrent sur la société est souvent plus élevé encore. Lorsque nos connaissances des coûts et bénéfices sont incomplètes et lorsque les coûts associés aux perturbations d'écosystèmes risquent d'être élevés et ces perturbations irréversibles, une approche de précaution devrait être appliquée.

[41] **Millenium Ecosystem Assessment** (2005). *Ecosystems and human well-being : Biodiversity synthesis*. World Resources Institute, 100 p.

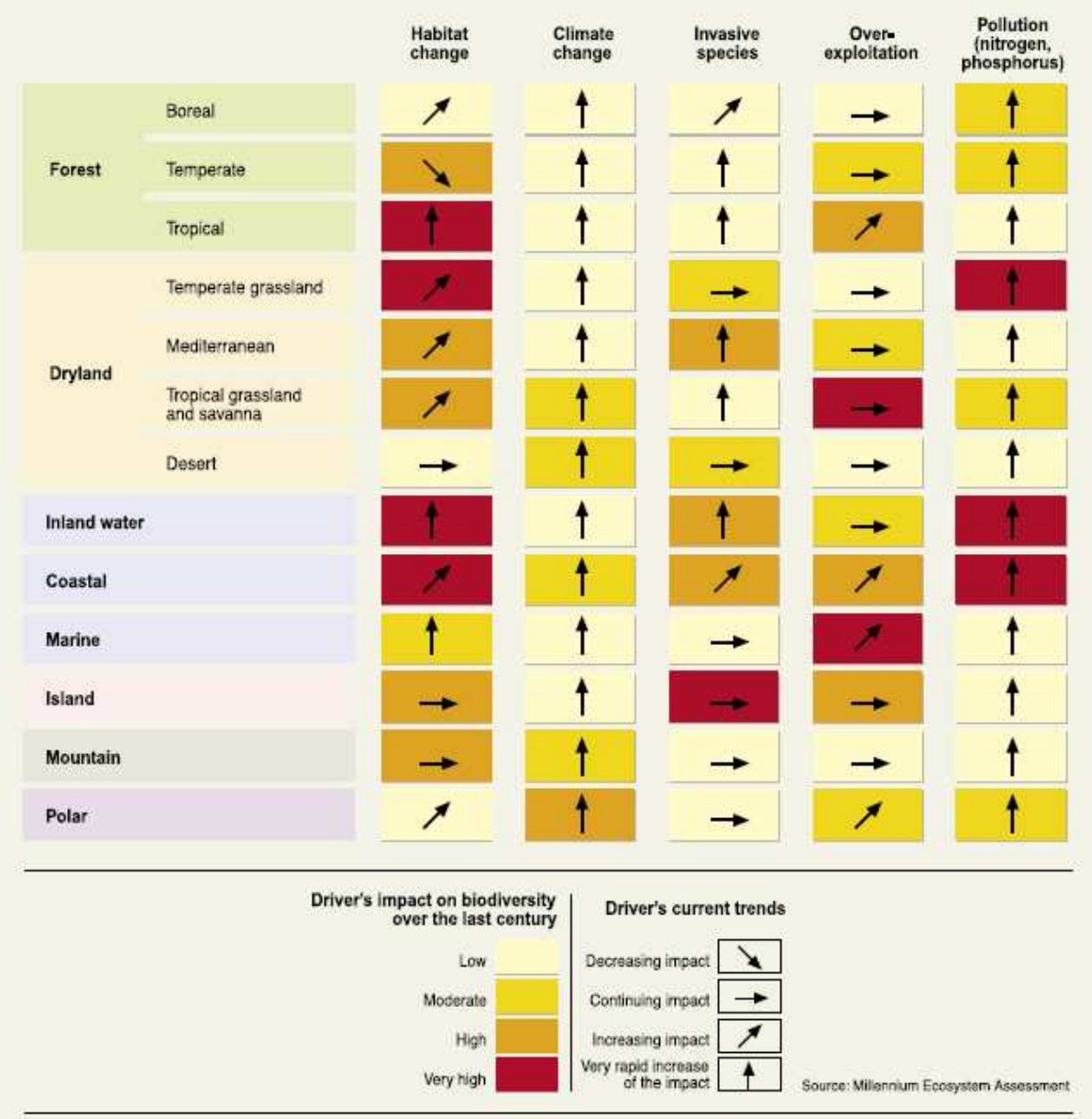


Figure n°4 Evolution des impacts sur la biodiversité des différents milieux terrestres au cours du 20ème siècle (Millenium Ecosystem Assessment 2005).

Parmi les indicateurs utilisés pour comprendre et suivre l'état de la biodiversité, un des plus connu est sans doute le taux d'extinction des espèces. Au cours de l'histoire de la Terre, la biodiversité a connu plusieurs « crises d'extinction »[42], des épisodes qui se caractérisent par un taux de disparition des espèces très supérieur au taux d'extinction naturel. Or ce taux atteint à nouveau aujourd'hui des niveaux très préoccupants : l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN) estime qu'il est 100 à 1000 fois plus élevé que le taux

[42] Cinq crises d'extinction ont déjà eu lieu. Celle du Crétacé est celle qui a occasionné la disparition des dinosaures.

naturel[43]. De plus, dans son rapport Planète Vivante 2006, le WWF souligne qu'entre 1970 et 2003 les populations d'espèces terrestres ont décliné de 30% en moyenne et les espèces marines de plus de 25%[44]. On parle dès lors de sixième crise d'extinction, cette fois directement liée aux impacts des activités humaines. Cette crise s'explique par la dégradation et la destruction massive des écosystèmes et des milieux naturels, sous l'effet de la déforestation et de l'urbanisation, mais aussi de l'intensification des cultures agricoles conduisant à la pollution des sols et des eaux. L'exploitation non durable de la biodiversité (certaines pratiques de chasse et de pêche intensives par exemple), les migrations et invasions par certaines espèces ainsi que les effets du changement climatique en sont également responsables[45].

Globalement, on comprend cependant encore mal les mécanismes et interactions propres à la biodiversité. Il en découle de grandes difficultés à agir et mobiliser autour de cet enjeu, même si de nombreux engagements nationaux et internationaux ont déjà été pris en la matière. Quelles seront en effet les mesures les plus efficaces ? Comment en suivre les effets, comment les faire respecter ? Plus difficile encore, devant l'ampleur des dégâts et des dangers, où placer les priorités[46] ?

En avril 2002, la Conférence des Parties de la Convention sur la Diversité Biologique adopta l'objectif, repris par le plan d'action adopté lors du somment de Johannesburg, de réduire significativement d'ici 2010 le taux d'érosion de la biodiversité à l'échelle globale, régionale et nationale. Pour le Millenium Ecosystem Assessment, en 2005, des efforts supplémentaires inédits devaient encore être entrepris pour espérer atteindre cet objectif[47].

[43] L'UICN publie régulièrement une Liste Rouge des espèces menacées à travers le monde. L'édition 2008 confirme une crise d'extinction des mammifères : 20% des 5487 mammifères de la planète sont actuellement menacés d'extinction (source : www.actu-environnement.com, 07/10/2008). Tous les grands singes, reconnus comme espèces clefs pour des écosystèmes vulnérables, sont désormais classés comme étant en danger ou très fortement menacés (l'état de menace le plus critique). En 2007, le gorille occidental (Gorilla gorilla) fut reclassifié, passant d'espèce en danger à espèce en danger critique d'extinction. **PNUE** (2008). *PNUE Annuaire 2008. Tour d'horizon d'un environnement en pleine mutation.* UNEP, 50 p.p.

[44] **WWF, Zoological Society of London, et al.** (2006). *Rapport Planète Vivante 2006*. WWF, ZSL, GFN, 44 p.

[45] **Levrel, H.** (2006). *Biodiversité et développement durable : quels indicateurs ?* UMR 51-73, Département Ecologie et Gestion de la Biodiversité, ECOLE DES HAUTES ETUDES EN SCIENCES SOCIALES, 406 p.

[46] Ce qui peut revenir à dire : quelles espèces faut-il absolument sauver, et lesquelles peut-on sacrifier ? Voir à ce sujet: **Marris, E.** (2007). *What to let go ?* Nature, 08/11/2007, p. 152-155.

[47] **Millenium Ecosystem Assessment** (2005). *Ecosystems and human well-being : Biodiversity synthesis*. World Resources Institute, 100 p.

Aujourd'hui la communauté internationale tente de s'organiser pour faire face au défi : en novembre 2008, à Kuala Lumpur (Malaisie), une rencontre internationale organisée par le Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE), réunissant les représentants de 96 pays et de nombreux experts, a permis de faire avancer le processus de création d'un groupe intergouvernemental d'experts sur la biodiversité. Cet organisme, bâti sur le modèle du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), devrait porter le nom d'Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES).

1.1.1.d Des éléments de synthèse dans les milieux naturels et les organismes vivants

Pour terminer ce rapide tour d'horizon des principaux aspects de la crise écologique, il est indispensable de dire quelques mots de la présence de plus en plus forte dans l'environnement d'éléments de synthèse, en particulier des molécules issues de l'industrie chimique. Outre des effets sanitaires que nous aborderons plus loin, la pollution chimique pose de gros problèmes à la biodiversité et aux écosystèmes. L'industrie chimique met en effet sur le marché chaque année de nouvelles molécules, dont la dispersion dans l'environnement est inéluctable. Or les effets de ces nouveaux composés sur l'environnement et les êtres vivants, sans parler de leurs interactions avec les produits déjà sur le marché, sont très insuffisamment étudiés au moment de la commercialisation.

C'est pour répondre à ce défaut de contrôle que l'Union Européenne a mis en place en décembre 2006 le règlement Reach[48], entré en application le 1er juin 2008. Il vise à évaluer et contrôler les risques liés aux substances chimiques produites, importées et utilisées sur le marché européen. La portée de ce règlement est très importante : toutes les entreprises productrices et utilisatrices de produits chimiques en Europe, dans des quantités supérieures à une tonne par an, sont concernées. Elles devront enregistrer leurs substances auprès de l'ECHA[49], après en avoir évalué les risques. Reach est une vraie révolution pour le monde de l'industrie chimique : il renverse la charge de la preuve vers les industriels en leur demandant de prouver l'innocuité de leurs substances. Jusqu'à présent en effet, seules les substances commercialisées depuis 1981 étaient contrôlées ; mises sur le marché avant cette date, elles

[48] Réglementation sur l'enregistrement, l'autorisation et la restriction des produits chimiques.
[49] Agence européenne des produits chimiques.

pouvaient être utilisées tant que les autorités n'apportaient pas la preuve de leur nocivité. On estime ainsi que près de 100 000 substances sont actuellement utilisées en Europe sans que l'on dispose d'informations suffisantes sur leurs propriétés[50].

Le trou[51] dans la couche d'ozone stratosphérique est un excellent exemple des effets environnementaux de la pollution chimique. L'utilisation par l'industrie de chlorofluorocarbures (CFC) et de certains composés bromés puis leur émission dans l'air a entraîné une diminution saisonnière importante de la concentration de l'ozone stratosphérique, persistante malgré une réglementation très stricte mise en place grâce au protocole de Montréal en septembre 1987. Du fait de la durée de vie importante de ces composés, le trou dans la couche d'ozone s'observe ainsi chaque année de mi-août à mi-novembre. Il tend toujours à augmenter, et ne devrait pas se résorber avant la seconde moitié du 21ème siècle. Celui observé en 2008 a été particulièrement important[52].

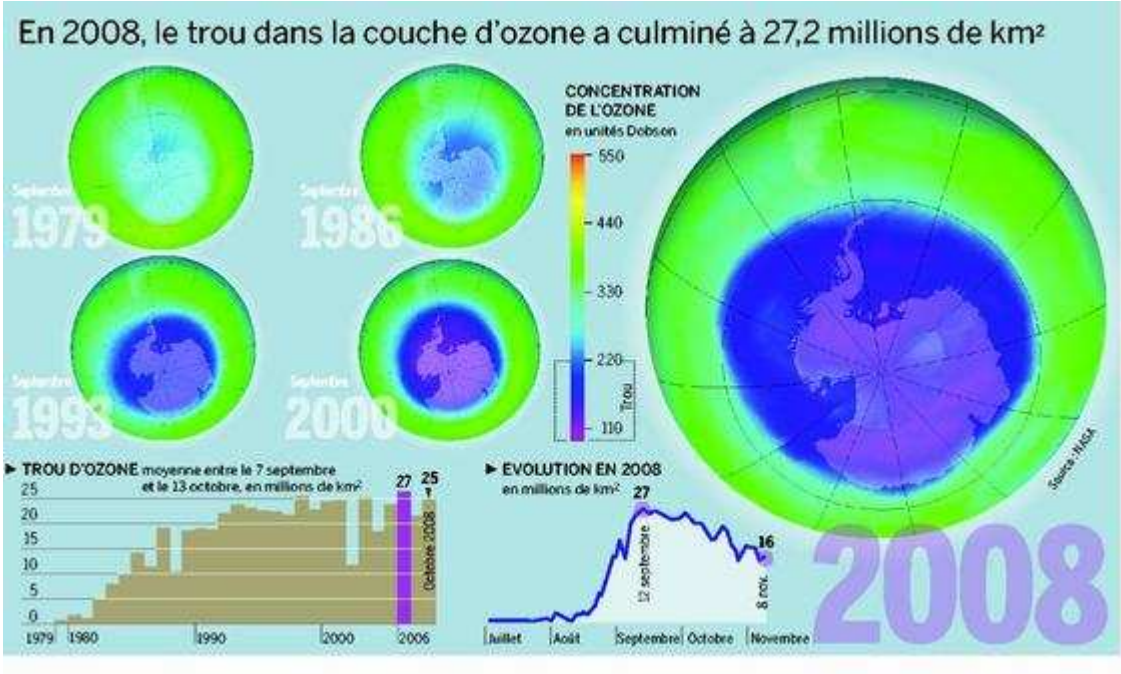


Figure n°5 Evolution de la diminution de la concentration d'ozone stratosphérique[53].

[50] **Fabregat, S.**, *Reach : le grand défi de la mise en application du texte (25 avril 2008)*. www.actu-environnement.com, accès: 04/12/08.
[51] Ce que l'on appelle « trou » est en réalité une diminution très importante de la concentration de l'ozone de la stratosphère (la « couche d'ozone »), centrée sur l'Antarctique.
[52] **OMM**, *Communiqué de presse n° 829 : Le trou d'ozone plus grand en 2008 qu'en 2007*. Organisation Météorologique Mondiale, www.wmo.int/pages/mediacentre/press_releases/pr_829_fr.html, accès: 04/12/08.
[53] **Fo, S.** (2008). *En 2008, le trou dans la couche d'ozone a culminé à 27.2 millions de km²*. Le Monde, 18 novembre 2008, p. 5.

L'agriculture intensive, grande utilisatrice de produits phytosanitaires, est bien sûr fortement concernée par ce problème de pollution chimique. Il n'est besoin que de citer le désormais célèbre cas du « Roundup », commercialisé depuis 1975 par Monsanto et massivement utilisé dans le monde entier par les agriculteurs comme par les jardiniers du dimanche. Son principe actif, le glyphosate, est un herbicide non sélectif toxique pour l'homme. On le retrouve aujourd'hui en quantités importantes dans de nombreux cours d'eau ainsi que dans les eaux souterraines.

Toujours dans le domaine de l'agriculture, les OGM (Organismes Génétiquement Modifiés) sont un cas particulier important à relever ici. Ce sont des organismes vivants (micro-organismes, végétaux ou animaux) ayant subi une modification de leurs caractéristiques génétiques initiales, par ajout, suppression ou remplacement d'au moins un gène ; ces modifications ne pouvant survenir sans intervention directe sur le code génétique des organismes. Si les OGM ne sont évidemment pas des polluants chimiques pour l'environnement, ils sont des éléments artificiels pouvant poser dans certains cas des problèmes de dissémination non contrôlée. La plupart des applications OGM sont encore en phase de recherche, mais dans le domaine des plantes agricoles, certaines sont déjà commercialisées[54]. Des plantes OGM sont aujourd'hui cultivées un peu partout dans le monde, parfois dans de grandes proportions comme en Amérique du Nord (Etats-Unis et Canada) et du Sud (en particulier au Brésil). Les modifications génétiques permettent de conférer à ces plantes des propriétés particulières comme la résistance à certaines maladies ou parasites, de meilleures qualités nutritionnelles, de moindres besoins en eau, mais aussi la tolérance à certains produits phytosanitaires comme les herbicides ou encore la capacité de synthétiser elle-même une substance insecticide ou fongicide. Ces recherches présentent donc des enjeux économiques, environnementaux et sanitaires conséquents.

La pratique de cultures d'OGM agricoles en pleins champs soulève toutefois des questions non négligeables[55]. Face aux risques de dissémination[56], de réduction de la biodiversité[57], d'adaptation et de renforcement des nuisibles, d'allergies et de pollutions supplémentaires[58], quelle maîtrise avons-nous réellement de ces applications ? Toutes les étapes de validation

[54] Notamment des variétés OGM de plantes de grande consommation à l'échelle mondiale, telles que le riz, le maïs, le coton, le colza, la betterave, la pomme de terre et le soja.
[55] Pour ne pas dire une vive contestation, en particulier en France.
[56] Par transfert de gènes via le pollen vers des cultures non-OGM ou des plantes sauvages de la même famille, ce qui entraîne une contamination irréversible.
[57] En cas de compétition face à des cultures OGM envahissantes.
[58] En particulier dans le cas des OGM produisant des toxines phytosanitaires.

scientifique préalablement nécessaires à la mise sur le marché de ces innovations ont-elles bien été respectées ? Par ailleurs, la commercialisation d'OGM agricoles par des multinationales telles que Bayer ou Monsanto, via le dépôt et la défense de brevets sur ces variétés et la maîtrise à la fois du marché des semences et de celui des intrants agricoles, soulève un nombre grandissant de questions d'ordre éthique[59]. Le principe du dépôt de brevets sur le vivant est également en lui-même source de nombreux débats.

1.1.2 Le volet humain : une crise sanitaire, sociale et sociétale globale

La crise écologique actuelle, dont nous venons de décrire quelques unes des principales composantes, s'accompagne à travers le monde de graves préoccupations au sujet des conditions de développement et du bien-être humain en général. Une importante partie de la population mondiale rencontre encore de grandes difficultés à se nourrir, à accéder à une eau propre et à mener une vie décente et en bonne santé, faisant apparaître de fortes inégalités entre régions du monde, mais également au sein de la plupart des pays. Dans ce contexte, l'agriculture occupe ici encore une place centrale, à la fois source de revenus à la base de nombreuses économies locales et socle fondamental de l'alimentation et de la santé. C'est donc également à une crise de l'humain qu'il s'agit aujourd'hui de répondre : comment assurer des conditions de vie satisfaisantes et équitables à une population mondiale en expansion[60], tout en faisant face aux enjeux écologiques et économiques ? Nous nous arrêterons dans cette partie sur quelques uns des principaux aspects du développement humain. Pour illustrer ce double défi du développement humain et de la crise écologique, le WWF propose une approche intéressante en croisant deux indicateurs très connus : l'indice de développement humain (IDH) comme indicateur de bien-être et l'empreinte écologique[61] (cf. Figure n°6). On constate qu'en 2003, aucune région du monde ne remplit ces deux critères ensemble, certaines en étant même sensiblement éloignées. De plus l'augmentation de la population mondiale, en limitant la biocapacité disponible, éloigne encore davantage l'objectif.

[59] Notamment sur la dépendance du monde agricole qui est ainsi créée, et en particulier sur l'accès aux semences pour les agriculteurs les plus démunis dans les pays en voie de développement.

[60] La population mondiale devrait passer d'environ 6 milliards de personnes au début du 21ème siècle à près de 9 milliards en 2050, dont 85% vivront dans les pays en développement. **Sacquet, A.-M.** (2002). *Atlas mondial du développement durable*, Autrement. 77 p.

[61] L'IDH est calculé sur base de l'espérance de vie, de l'alphabétisation, de l'éducation et du PIB par personne. Pour le PNUD, un pays a un développement humain élevé si son IDH est supérieur à 0,8. On considère qu'une empreinte inférieure à 1,8 hectare global par personne (i.e. la biocapacité moyenne disponible par personne) est indicative d'une durabilité à l'échelle globale. Nous reviendrons plus loin sur ces deux indicateurs (cf. 2.1.2.a).

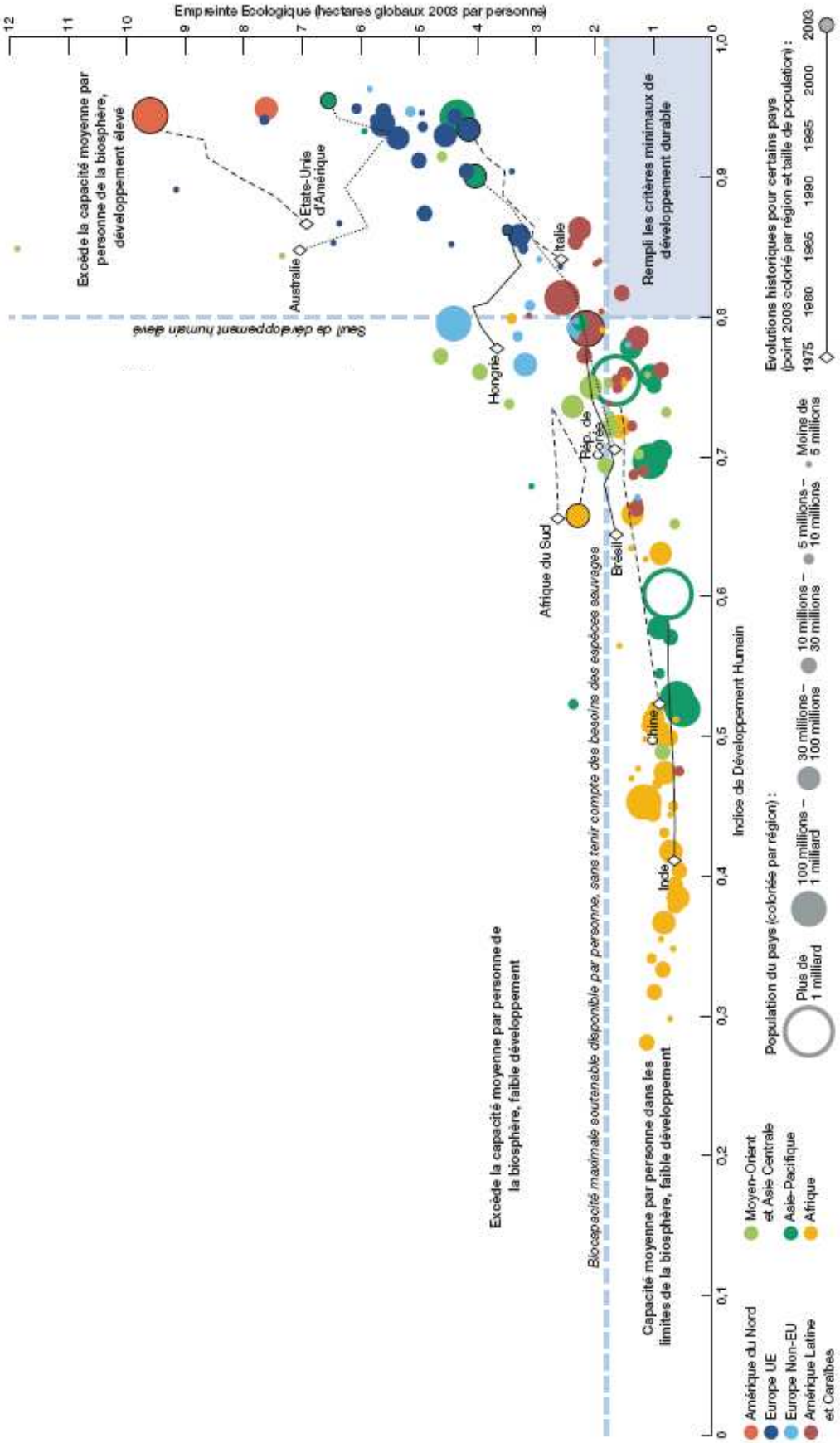


Figure n°6 Indice de développement humain et empreinte écologique (WWF, Zoological Society of London et al. 2006)

1.1.2.a Santé et sécurité alimentaire

La santé polluée

Le bilan sanitaire de la dispersion d'éléments polluants dans l'environnement (cf. 1.1.1.d), en particulier dans l'air et dans l'eau, est très lourd. La pollution chimique a fait l'objet en 2004 de l'Appel de Paris[62] (cf. Annexe 2), lancé à l'issue d'un colloque organisé par l'Association française pour la recherche Thérapeutique Anti-Cancéreuse (ARTAC) à l'UNESCO. On soupçonne en effet la dispersion de substances chimiques dans l'environnement, en particulier les perturbateurs endocriniens, d'être à l'origine d'une diminution préoccupante de la fertilité et d'une explosion du nombre de cancers chez l'être humain, et notamment les individus jeunes[63]. Suite à leur relargage dans les milieux naturels, du fait de leur persistance et de phénomènes de bioaccumulation[64], certaines substances chimiques[65] peuvent aujourd'hui être retrouvées dans de nombreux milieux naturels, au sein de l'ensemble de la chaîne alimentaire et dans l'organisme de tout un chacun, quel que soit son niveau d'exposition direct. Greenpeace et le WWF ont ainsi publié en 2004 et en 2005 deux études importantes mettant en évidence la contamination de l'organisme humain par de nombreuses substances chimiques dangereuses, la toxicité de certaines d'entre elles pour l'homme et l'animal étant d'ores et déjà clairement établie. De façon extrêmement préoccupante, ces substances se retrouvent aujourd'hui dans le sang et le lait maternel mais aussi dans le sang ombilical[66].

Accès aux soins

La santé est sans doute l'un des domaines dans lequel les inégalités sont les plus criantes à travers le monde. C'est ainsi qu'en 1999, plus de 80% du marché mondial des médicaments se répartissait entre l'Amérique du Nord (40%), l'Europe (26%) et le Japon (17%)[67]. De nombreux pays en sont de fait exclus. Là où la disponibilité de moyens de prévention et de soins et les conditions d'hygiène font défaut, en particulier en Afrique, des fléaux tels que le

[62] Co-rédigé par l'ARTAC, Greenpeace, PAN-Europe et l'équipe juridique de Corinne Lepage, L'Appel de Paris a été signé par 85 personnalités politiques, scientifiques, intellectuelles.
[63] **Colborn, T., D. Dumanoski, et al.** (1998). *L'Homme en voie de disparition ?*, Terre Vivante. 316 p.
[64] L'organisme ne métabolise pas ces substances et les stocke, en particulier dans les tissus adipeux chez l'homme.
[65] Dont des pesticides tels que le fameux DDT (dont l'utilisation agricole est interdite dans le monde entier mais qu'on utilise toujours dans certaines régions dans la lutte contre le paludisme) ou encore l'hexachlorobenzène.
[66] **Greenpeace** (2005). *Toxiques en héritage*. 57 p., **WWF** (2004). *Chemical Check Up : An analysis of chemicals in the blood of Members of the European Parliament*. 48 p.
[67] **Sacquet, A.-M.** (2002). *Atlas mondial du développement durable*, Autrement. 77 p.

sida et le paludisme font aujourd'hui des ravages au point de réduire significativement l'espérance de vie moyenne des populations de ces régions[68].

Accès à l'eau et à l'alimentation

Les menaces que la pollution et le manque de moyens font peser sur la santé humaine se doublent par ailleurs d'une insécurité alimentaire grandissante à l'échelle mondiale, ainsi que de la persistance de grandes difficultés pour l'accès à une eau propre. A la fin du 20ème siècle, plus d'un milliard d'hommes n'ont toujours pas accès à l'eau potable, tandis que deux milliards ne disposent pas d'installations sanitaires et que quatre milliards ne sont pas raccordés à un réseau d'assainissement[69]. Polluée (par des substances chimiques et notamment des produits phytosanitaires), gaspillée, vecteur de nombreuses maladies, on estime que l'eau contaminée tue chaque année 5 millions de personnes, soit plus que le sida[70].

Au niveau de l'alimentation, la faim et la malnutrition ne cessent de progresser. Pour se nourrir, les hommes ne sont plus – du moins ne devraient plus être – à la merci d'évènements climatiques extrêmes ou de catastrophes naturelles destructrices de récoltes. Les responsables sont désormais une distribution inéquitable des denrées alimentaires produites à travers le monde, les conflits, mais aussi la corruption et les difficultés financières de certains pays en développement. Régulièrement, des épisodes de famine se déclenchent alors que les ressources alimentaires qui permettraient de nourrir les victimes sont disponibles et surtout géographiquement proches, au sein d'une même région du monde voire d'un même pays. L'ONG Action contre la Faim (ACF) estime que plus de 923 millions de personnes (dont plus de 200 millions d'enfants) souffrent aujourd'hui de la faim, parmi lesquelles plus de 19 millions d'enfants souffrant de malnutrition aiguë sévère. Les ONG dont ACF dénoncent le fait que sur ce front, aucun des engagements internationaux[71] pris n'a été respecté malgré l'urgence de la situation.

---

[68] En Afrique Australe fin 2005, 19,3% des personnes entre 15-49 ans sont infectées par le VIH. L'espérance de vie y est de 48 ans pour les hommes et 51 ans pour les femmes. A la même époque, les moyennes mondiales sont 0,9% des 15-49 ans infectés par le VIH et une espérance de vie de 66 ans pour les hommes et 70 ans pour les femmes. Le VIH n'est bien sûr pas le seul facteur conduisant à une telle réduction de l'espérance de vie, mais son influence est néanmoins considérable dans cette région du monde. **Pison, G.** (2007). *Tous les pays du monde*. INED, 8 p.

[69] **FAO** (2007). *Coping with water scarcity : challenge of the twenty-first century*. FAO, 29 p.

[70] **Sacquet, A.-M.** (2002). *Atlas mondial du développement durable*, Autrement. 77 p.

[71] Ils sont nombreux. Parmi les plus importants, les sommets de la FAO de 1996, 2002 et 2008 (6,5 milliards d'euros de promesses de dons pour lutter contre la crise alimentaire) et les Objectifs du Millénaire pour le Développement des Nations Unies en 2000.

1.1.2.b Répartition des richesses et pauvreté

Des écarts dans la répartition mondiale des richesses

Un rapport de 2008 du Groupe de Recherche sur le Développement de la Banque Mondiale nous fournit quelques éclairages intéressants sur l'évolution de la pauvreté dans le monde, et en particulier dans les pays en voie de développement[72]. La pauvreté y est ici mesurée en rapport avec un revenu journalier, exprimé en US$ à parité de pouvoir d'achat. Au cours du dernier quart de siècle (1981 – 2005), le nombre de personnes vivant avec moins de 1,25 $ par jour a ainsi sensiblement diminué, en grande partie du fait de l'accélération du développement d'une partie de l'Asie. En 1981, environ 1,9 millions de personnes vivaient sous ce seuil, la grande majorité d'entre elles (environ 80%) étant originaires d'Asie et environ 10% d'Afrique sub-saharienne. En 2005, si environ 1,4 millions de personnes vivent encore avec moins de 1,25 $ par jour, la plupart d'entre elles vivent en Asie du Sud (environ la moitié) ou en Afrique sub-saharienne (environ un quart) (Figure n°7). L'impact du développement de la Chine durant cette période est très important (Figure n°8), tandis qu'au même moment en Afrique sub-saharienne, la situation ne s'est améliorée que de façon négligeable (Figure n°9).

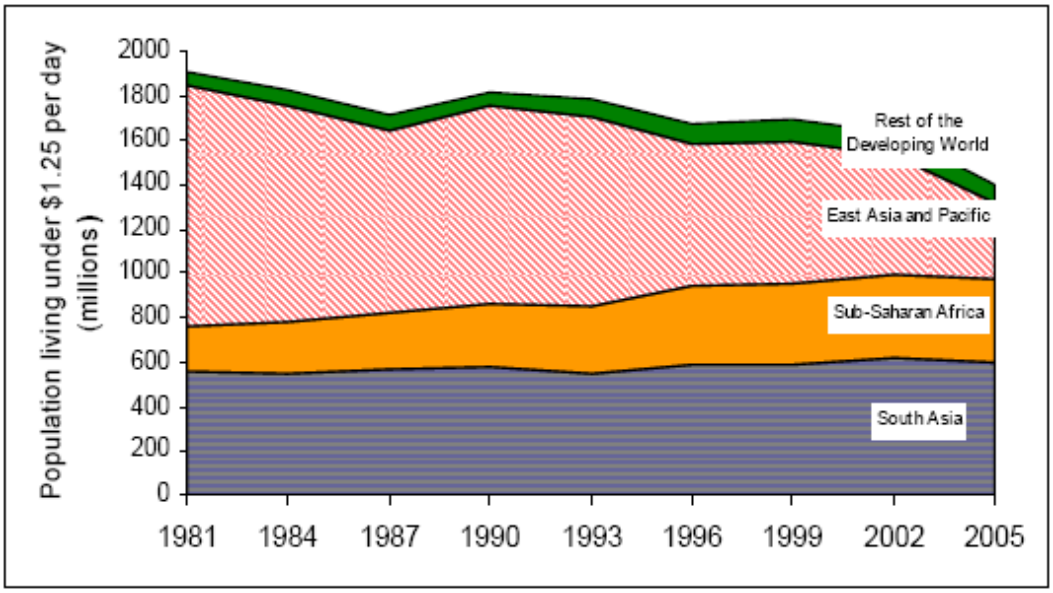


Figure n°7 Evolution de la pauvreté dans les pays en voie de développement de 1981 à 2005 : nombre de personnes vivant avec moins de 1,25 $ par jour (US$ 2005 ppa), par région du monde (Chen et Ravallion 2008).

[72] **Chen, S. et M. Ravallion** (2008). *The Developing World Is Poorer Than We Thought, But No Less Successful in the Fight against Poverty*. Banque Mondiale, 46 p.

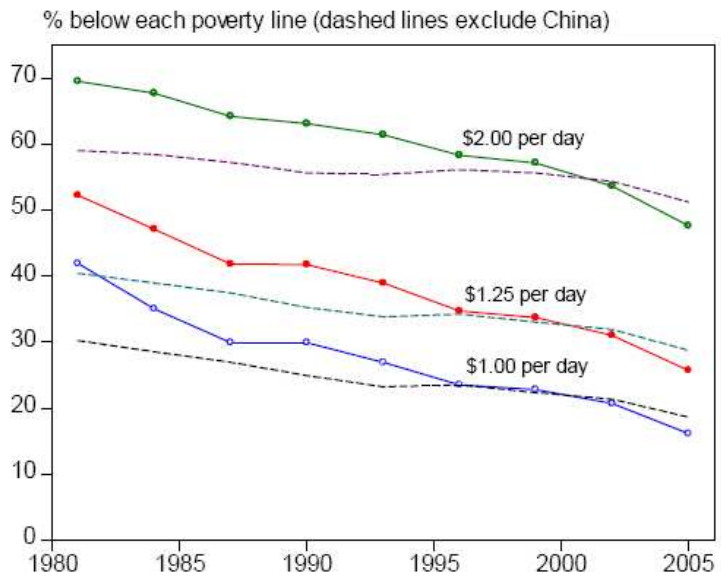


Figure n°8 Evolution de la pauvreté de 1981 à 2005, dans les pays en voie de développement avec et sans la Chine : part de la population vivant sous les seuils de 2$, 1,25$ et 1$ (US$ 2005 ppa) par jour (Chen et Ravallion 2008).

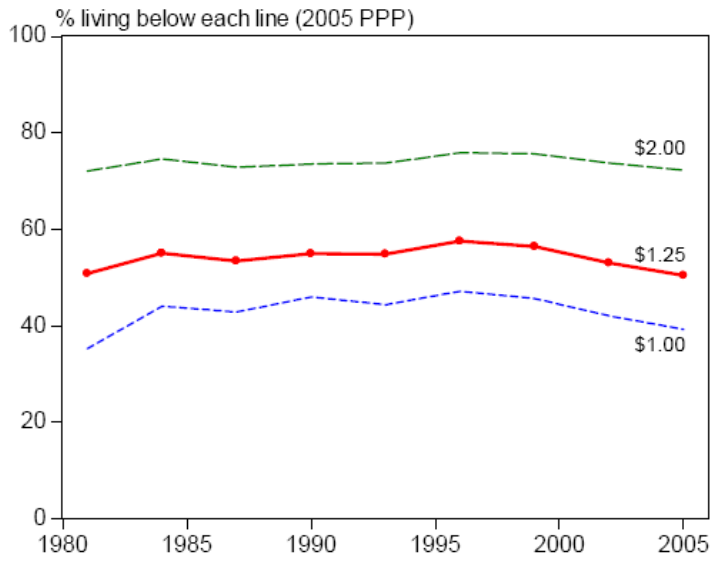


Figure n°9 Evolution de la pauvreté en Afrique sub-saharienne de 1981 à 2005 : part de la population vivant sous les seuils de 2$, 1,25$ et 1$ (US$ 2005 ppa) par jour (Chen et Ravallion 2008).

C'est en comparant les revenus dont disposent les habitants des régions du monde et de quelques pays que l'on observe le caractère inéquitable de la répartition des richesses en ce début de 21ème siècle. En 2005, le RNB[73] moyen par habitant dans le monde est de 9 470 US$. Il s'élève à 65 340 US$ au Luxembourg et n'est que de 880 US$ à Madagascar.

[73] Revenu National Brut.

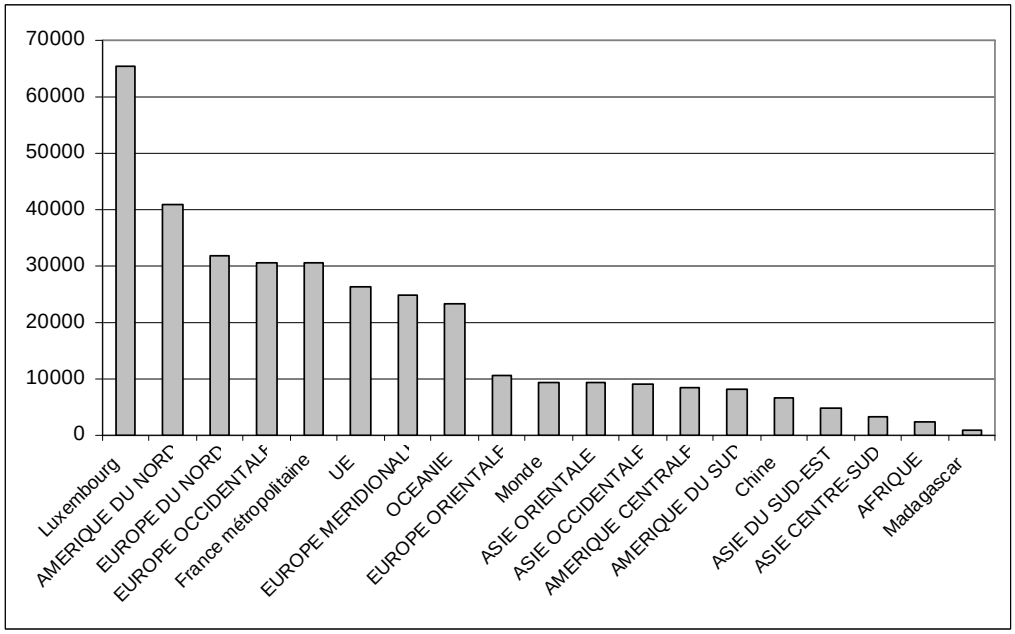


Figure n°10 Revenu National Brut par habitant en 2005 (en US$ ppa) pour plusieurs pays et régions du monde (Pison 2007).

Quelle définition de la pauvreté ?

Peut-on réellement se contenter de définir la pauvreté par un niveau de revenus ou de possession de biens ? Pourquoi pas, si l'on considère que l'objectif à atteindre, le but de la vie de tout être humain est effectivement un revenu élevé ou la possession de nombreux bien matériels. Mais les choses se compliquent dès lors que l'on estime que les êtres humains recherchent en réalité le bien-être, le bonheur ou encore la liberté. Dès lors, la pauvreté peut se définir comme la défaillance de ces états, mais la mesurer suppose de commencer par savoir les définir : qu'est-ce que le bien-être, qu'est-ce que le bonheur ? Peut-on seulement imaginer en proposer une définition universelle ?

Toutes ces questions, auxquelles nous ne tenterons pas de répondre ici, amènent à reconsidérer et au final élargir la notion de pauvreté telle qu'elle est traditionnellement mesurée[74]. Elles sont au cœur des travaux de l'économiste Amartya Sen, qui reçut le Prix Nobel d'économie en 1998[75] pour ses travaux sur la famine, la théorie du développement humain, l'économie du bien-être et les mécanismes fondamentaux de la pauvreté. Né au Bengale en 1933 – ses origines ont évidemment eu une grande répercussion sur ses engagements – Amartya Sen est un économiste atypique, philosophe et humanisme. Il s'est

[74] Par un niveau de revenus comparé à un seuil de pauvreté prédéfini.
[75] Le Prix Nobel d'économie n'existe pas, en réalité, il s'agit du Prix de la Banque de Suède en sciences économiques en mémoire d'Alfred Nobel.

attaché à montrer les limites de l'analyse économique traditionnelle. Pour Sen, « dans l'étude des niveaux de vie en général et de la pauvreté en particulier, il est essentiel de tenir compte des différentes façons de convertir revenus et biens premiers en « capabilités » et libertés »[76]. Les « capabilités » sont pour lui les capacités réelles qu'ont les individus d'atteindre les buts qu'ils se fixent. La privation correspond alors à l'incapacité à mener une vie acceptable, ce qui peut être influencé par de nombreux facteurs autres que le revenu personnel[77]. Cette idée amène donc à considérer la pauvreté comme une grave privation de certaines facultés de base[78] (Sen 1999).

Dans son introduction à l'ouvrage « L'économie est une science morale » de Sen, Marc Saint-Upéry reproduit une liste de « capabilités » de base proposée par la philosophe américaine Martha Nussbaum, dont les travaux sont proches de ceux de Sen (cf. encadré ci-dessous). L'écart est frappant entre ces propositions de « capabilités » et des considérations beaucoup plus traditionnelles de mesure de niveau de vie, en termes de revenus ou de biens matériels. Il s'agit d'une proposition de cadre générique, à vocation universelle, non dépendant d'un mode de vie ou d'une tradition culturelle en particulier. Assurer aux individus des conditions garantissant ces capabilités est au final du ressort de l'autorité publique.

[76] **Sen, A.** (2003). *L'économie est une science morale*, La Découverte. 125 p., p.66.
[77] Sen relève en outre que des contingences diverses peuvent conduire à des variations dans la « conversion » du revenu en une capacité à mener une vie d'un niveau minimum acceptable : des hétérogénéités diverses comme la prédisposition à la maladie, des différences liées à l'environnement, des variations du climat social, ou encore des différences dans la privation relative liées aux modèles coutumiers de consommation dans des sociétés particulières.
[78] **Sen, A.** (1999). *La possibilité du choix social - Conférence Nobel*. Revue de l'OFCE, n°70.

1. Pouvoir vivre, autant que possible, une vie humaine complète jusqu'à la fin ; éviter une mort prématurée, ou pouvoir mourir avant que notre vie soit diminuée au point de ne plus valoir la peine d'être vécue.
2. Pouvoir jouir d'une bonne santé, d'une alimentation adéquate, d'un foyer décent ; avoir des opportunités de satisfaction sexuelle ; pouvoir se déplacer d'un endroit à un autre.
3. Pouvoir éviter toute douleur inutile et connaître l'expérience du plaisir.
4. Pouvoir utiliser nos cinq sens ; pouvoir imaginer, penser et raisonner.
5. Pouvoir éprouver un attachement pour des personnes et des réalités extérieures à nous-mêmes ; pouvoir aimer ceux qui nous aiment et se soucient de notre sort, pouvoir pleurer en leur absence ; en général, pouvoir aimer et éprouver douleur, désir et gratitude.
6. Pouvoir se former une conception du bien et s'engager dans une réflexion critique sur la planification de notre propre vie.
7. Pouvoir vivre pour et vers les autres êtres humains, leur manifester notre capacité de reconnaissance et d'attention, nous consacrer à diverses formes d'intervention sociale et familiale.
8. Pouvoir vivre dans le souci de et en relation avec les animaux, les plantes, le monde de la nature.
9. Pouvoir rire, jouer et nous adonner à des activités récréatives.
10. Pouvoir vivre notre propre vie, et pas celle de quelqu'un d'autre.
10a. Pouvoir vivre notre propre vie dans un environnement et un contexte de notre choix.[79]

[79] **Nussbaum, M.** (1990). *Aristotelian Social Democracy. Liberalism and the Good*. R. B. Douglas, G. M. Mara et H. S. Ridchardson. New York & London, Routledge**:** p. 203-252.

1.2 LES AGRO-RESSOURCES : DE NOUVEAUX HORIZONS POUR L'INDUSTRIE. VERS DES ITINERAIRES DURABLES ?

1.2.1 Les agro-ressources : potentialités et défis pour l'agriculture et l'industrie

1.2.1.a Potentiel d'un « nouveau » gisement

Ces nombreux enjeux au programme du 21ème siècle font naître depuis quelques temps au sein de l'industrie et du monde de la recherche un très fort engouement pour une « nouvelle » ressource : la biomasse, et en particulier les ressources végétales issues de l'agriculture et de la sylviculture : les agro-ressources. Le principe est de substituer des molécules carbonées provenant de ressources fossiles par d'autres provenant de ressources renouvelables, dans le but de réduire la dépendance aux ressources fossiles mais aussi de diminuer les impacts de la pollution générée par les modes de production traditionnels.

L'utilisation de ressources renouvelables et la valorisation de la biomasse figurent parmi les engagements pris au niveau européen, mais également dans le cadre du Grenelle de l'Environnement. En janvier 2008, le Conseil et le Parlement Européen ont ainsi soumis une proposition de directive portant sur la promotion de l'utilisation d'énergie d'origine renouvelable[80]. Ce projet de directive vise à porter la part des énergies renouvelables dans la consommation énergétique européenne finale à un minimum de 20% d'ici 2020[81], et fixe des objectifs nationaux pour chaque Etat-membre. Un objectif similaire est repris dans le cadre du Grenelle de l'Environnement.

Nous allons présenter ici quelques exemples illustrant le potentiel et l'étendue des applications en matière de valorisation de biomasse, pour les secteurs de la production d'énergie, de la chimie et des matériaux.

[80] *Proposal for a directive of the European Parliament and of the Council on the promotion of the use of energy from renewable sources* (2008b). Commission of the European Communities.
[81] Les secteurs concernés sont la production d'électricité, de chaleur et de froid ainsi que le transport.

DES VALORISATIONS ENERGETIQUES

La production d'énergie (chaleur ou électricité) est la plus directe des voies de valorisation pour la biomasse. Les ressources utilisées peuvent provenir de cultures dédiées telles que des plantations de peupliers, de taillis à courte rotation, de miscanthus ou de foin, mais aussi de co-produits de cultures comme la paille, la bagasse de canne à sucre, l'écorce de riz ou encore les co-produits de bûcheronnage.

Ces ressources peuvent être utilisées dans des unités de combustion de petite puissance comme dans de grandes installations industrielles[82], mais aussi pour de la cogénération, selon la disponibilité et la localisation du gisement. Elles peuvent également être traitées par pyrolyse ou gazéification. Elles permettent ainsi d'atteindre une certaine indépendance par rapport aux sources d'énergies fossiles et de réduire les émissions de gaz à effet de serre liées à la production de chaleur ou d'électricité et aux installations de combustion en général.

Nous laisserons de côté pour l'instant le cas des valorisations de biomasse, et tout particulièrement de biomasse agricole, pour la production de carburants pour les transports : il fera l'objet de la partie 1.2.2.

DE NOUVELLES PERSPECTIVES POUR LA CHIMIE

Les applications déjà existantes de la biomasse dans le secteur de la chimie sont nombreuses, et offrent surtout de vastes perspectives : la chimie du végétal est aujourd'hui un domaine de recherche très porteur. Les huiles végétales sont au cœur de ces innovations, dans les secteurs des tensioactifs, des lubrifiants et des solvants. L'Union Européenne (à 15) consomme ainsi, pour des usages non alimentaires et autres que l'énergie[83], de 200 000 à 250 000 tonnes d'huiles issues de ses propres cultures.

Les tensioactifs sont des biomolécules ayant un pouvoir émulsionnant, adoucissant, mouillant ou détergent : ils permettent ainsi de mélanger des corps a priori incompatibles entre eux. Les tensioactifs interviennent dans de nombreuses applications domestiques (lessives, cosmétiques) comme industrielles (lavage et nettoyage, processus chimique, sidérurgie). Les

[82] Y compris des aciéries.
[83] L'Europe importe également des huiles végétales telles que les huiles de coprah, palmiste, soja, palme, ricin et de lin (source : www.prolea.com, consulté le 26/11/2008).

huiles végétales les plus utilisées sont les huiles de coprah et de palmiste, mais aussi de colza et de tournesol.

Les biolubrifiants sont principalement produits – en Europe du moins – à partir de colza et de tournesol. Ils sont massivement utilisés pour permettre le fonctionnement de nombreuses machines et véhicules, ainsi qu'en métallurgie.

Enfin les solvants, dont les propriétés sont de dissoudre, suspendre ou extraire d'autres substances sans provoquer leur modification chimique, peuvent être obtenus à partir d'huiles végétales ou d'esters d'acides organiques fermentaires. Ils sont largement utilisés pour le nettoyage et le dégraissage dans l'industrie métallurgique, ainsi que dans la formulation de peintures et d'encres d'impression pour l'industrie graphique. Produits à partir d'huiles de lin, de soja, de colza et du tournesol, un des grands intérêts des solvants d'origine végétale est qu'ils ne contiennent et n'émettent pas de COV (Composés Organiques Volatiles), contrairement aux solvants issus du pétrole. Les esters d'huile de tournesol sont également utilisés pour remplacer les hydrocarbures nécessaires à la fluidification du bitume lors de son épandage. Ils permettent alors d'éviter le phénomène d'évaporation propre aux d'hydrocarbures traditionnellement utilisés, alors que ces vapeurs sont toxiques et génèrent risques d'incendie et nuisances olfactives.

L'intérêt de toutes ces applications se situe au niveau des économies qu'elles permettent de réaliser en termes de ressources en hydrocarbures, mais également sur le plan environnemental et sanitaire. La toxicité et l'écotoxicité de ces substances d'origine végétale sont dans bien des cas moindres que celles de leurs équivalents traditionnels, d'origine fossile.

DES MATERIAUX INNOVANTS

La chimie du végétal permet également de produire de nouveaux matériaux à base de biopolymères, destinés par exemple aux secteurs de l'emballage ou de l'industrie manufacturière. Arkema produit ainsi un élastomère thermoplastique à base d'huile de ricin, diminuant significativement la quantité d'énergie fossile nécessaire à sa production ainsi que les émissions de CO_2. BASF produit pour sa part un film plastique agricole biodégradable contenant de l'acide polylactique extrait du maïs, qui devrait déboucher sur de nombreuses applications dans les secteurs de l'automobile et des emballages alimentaires par exemple[84].

[84] **Kan, E.** (2008). *L'inéluctable conversion à la chimie verte*. La Tribune, 3 septembre 2008, p. 30.

Mais la biomasse permet également une petite révolution dans le domaine de la construction et de l'habitat. A la croisée d'enjeux écologiques et sanitaires actuels majeurs, le secteur du bâtiment fait face aujourd'hui à une demande de plus en plus pressante pour la mise en œuvre de techniques de construction et de matériaux sains et écologiques. On sait en effet que les défaillances d'isolation thermique des bâtiments portent une lourde part de responsabilité vis-à-vis des consommations d'énergies fossiles et donc des émissions de gaz à effet de serre. Sur le plan sanitaire, les polluants relâchés dans l'air intérieur par les bâtiments eux-mêmes ou par le mobilier sont également au centre de nombreuses préoccupations.

Les fibres végétales sont au cœur de nombre de ces applications visant à produire de nouveaux matériaux, destinés au bâtiment[85] ou à la fabrication de mobilier, d'emballages, de matériaux composites (pour les équipements automobiles, aéronautiques ou ferroviaires mais aussi sportifs) ou encore à la fabrication de textiles. Des fibres de bois, de chanvre, de lin, de sisal, de jute, de paille de bambou ou de coco (pour n'en citer que quelques unes) sont ainsi à l'étude et offrent des perspectives d'applications nombreuses et prometteuses.

1.2.1.b Quand ce qui est « vert » n'est pas durable…

Toutes ces nouvelles pistes de valorisation de biomasse parfois très innovantes, dont nous venons de voir rapidement quelques exemples illustrant la diversité et la richesse des applications possibles, suscitent en général beaucoup d'enthousiasme parmi les acteurs du monde industriel, de la recherche mais aussi agricole. Elles représentent pour ce dernier des perspectives de débouchés nouvelles et non négligeables. De nombreux messages de communication apparaissent dès lors, visant à mettre en avant le caractère positif de ces nouvelles productions ; la plupart s'appuyant sur l'origine agricole des matières premières utilisées, alléguant de ce fait un caractère naturel et intrinsèquement écologique. Ne s'agit-il pas cependant d'un raccourci intellectuel, certes commode, mais surtout trop rapide ? L'origine naturelle des matières premières, si elle constitue indéniablement une base favorable, implique-t-elle une production en accord avec les principes du développement durable ?

Recourir à des matières premières issues de biomasse ou d'agro-ressources en lieu et place de matières premières d'origine fossile, notamment des hydrocarbures ou des substances issues

[85] En particulier de nouveaux isolants (comme la laine de lin ou de chanvre), mais aussi des matériaux pour la structure elle-même des bâtiments (comme les bétons produits à partir de matière végétale).

de la chimie traditionnelle, est-il en soi une garantie de durabilité ? Les nombreuses controverses agitées par les associations de défense des consommateurs ou de protection de l'environnement, et les difficultés globalement rencontrées en termes d'acceptabilité sociale par certaines de ces nouvelles applications, légitiment cette question. Le cas de la production de biocarburants encore une fois, et son bilan écologique si contesté sur lequel nous nous arrêterons plus loin, est un bon exemple. De nouvelles questions émergent régulièrement, le secteur de la chimie (qu'on pourrait suspecter d'être le plus sensible) n'étant pas le seul concerné. Une étude du Cemagref[86] publiée fin 2008 met par exemple en cause la filière bois, et plus particulièrement son impact sur les écosystèmes et la biodiversité au niveau de la sylviculture elle-même : les forêts exploitées abriteraient un éventail d'espèces vivantes (mousses, lichens et coléoptères) plus réduit que dans celles qui ne le sont pas depuis au moins vingt ans. Trop de perturbations d'origine anthropique ainsi qu'une homogénéité de la forêt du fait de son entretien leur serait néfaste[87]. Alors qu'on pourrait croire positive l'influence de la filière bois sur les écosystèmes forestiers, l'avancée des connaissances sur le fonctionnement de ces écosystèmes et sur la biodiversité révèle ainsi qu'il n'en est rien.

Poser quelques questions permet d'approcher rapidement la complexité de ce problème. La toute première étape de la production industrielle d'applications basées sur des agro-ressources correspond à la phase de production agricole de ces ressources. Dans la plupart des cas, les itinéraires techniques mis en œuvre relèvent de pratiques caractéristiques de l'agriculture intensive, dont on sait qu'elle contribue lourdement à de nombreux problèmes écologiques et humains dans le monde entier, comme nous l'avons déjà largement abordé (cf. 1.1). Les produits de ces cultures sont donc porteurs d'un bilan écologique, sanitaire et social problématique. Quid des valorisations industrielles qui pourraient en être faites ? Sans oublier que la vocation non alimentaire de ces valorisations soulève de nouvelles questions pour la production agricole, notamment lorsqu'il s'agit de cultures dédiées. Dans quelle mesure en effet celles-ci n'entreront-elles pas en concurrence avec les autres usages des sols, en particulier face aux cultures destinées à l'alimentation humaine et alors que la surface agricole utile à l'échelle mondiale a plutôt tendance à se réduire[88] ? Ce problème se pose bien sûr aussi pour les valorisations, très nombreuses, de produits agricoles traditionnellement destinés à l'alimentation.

[86] Institut de recherche pour l'ingénierie de l'agriculture et de l'environnement.
[87] **Paillet, Y., L. Bergès, et al.** (en révision). *Biodiversity response to forest management varies widely with taxonomic and ecological groups: a meta-analysis in Europe*.
[88] **Nahon, D.** (2008). *L'épuisement de la Terre*. Paris, Odile Jacob. 235 p.

L'agriculture, mais aussi les sols parviendront-t-ils à produire suffisamment pour répondre à tous ces usages ? L'emprise de l'homme sur la surface terrestre augmentant, les terres disponibles pour accueillir de nouvelles activités humaines sont aujourd'hui une denrée rare à l'échelle mondiale – dans un monde où l'on souhaite préserver les écosystèmes naturels et les habitats traditionnels de certaines populations humaines. Cette question est d'autant plus cruciale que l'évolution de la démographie mondiale dans les prochaines décennies viendra accroître les besoins en alimentation, et donc au final en terres – les rendements agricoles ne tardant pas, pour des raisons techniques ou écologiques, à devenir un facteur limitant. Enfin, dans le cas de cultures dédiées à des valorisations non alimentaires et issues de nouvelles espèces[89], se posent en supplément toutes les questions relatives à la maîtrise de l'introduction de nouvelles espèces dans un milieu.

Si l'on regarde plus en aval, du côté des procédés industriels pouvant être mis en œuvre pour valoriser de la biomasse ou des agro-ressources, un problème similaire se pose : certains procédés, par les consommations énergétiques ou d'eau qu'ils induisent ou les substances chimiques qu'ils mettent en œuvre, sont clairement problématiques d'un point de vue environnemental et parfois sanitaire. Des matières premières d'origine naturelle permettent-elles toujours de « racheter » ce bilan ? Enfin le bilan social d'une filière de production, qu'elle soit agricole ou industrielle, peut toujours s'avérer désastreux au niveau des conditions de travail et de rémunération des employés. Comment imaginer que le fait de travailler sur des produits « naturels » soit suffisant pour compenser aux yeux de ces personnes un emploi insatisfaisant, qu'il soit dangereux, trop peu rémunéré ou précaire ?

On peut aller plus loin et questionner également la finalité des produits obtenus en valorisant de la biomasse ou des agro-ressources. Tous les usages de ces ressources, par nature limitées bien que renouvelables, au final concurrentiels les uns des autres, sont-ils acceptables ou justifiables face aux enjeux du développement durable ?

En matière de durabilité, la première leçon à tirer de ces quelques conclusions semble donc être de se méfier avant tout des raccourcis intellectuels et des solutions paraissant simples, mais risquant tôt ou tard de se révéler être de fausses bonnes idées. Mais comment s'assurer alors de l'absence d'effets pervers déclenchés par des innovations a priori écologiquement intéressantes ? Combien de critères doivent être pris en compte, et quels sont-ils ?

[89] Comme le Miscanthus en Europe.

C'est ainsi que ces nouvelles applications, par les questions qu'elles soulèvent alors même qu'elles ont vocation à apporter des réponses aux enjeux écologiques et humains actuels, se révèlent être de véritables défis pour le monde de l'agro-industrie. Quelles sont donc les conditions de la durabilité ? Quelles sont les marges de manœuvre disponibles ? Comment garantir un bilan bon mais aussi stable au fur et à mesure des avancées scientifiques ?

1.2.2 Le cas de la production de biocarburants agricoles

Le cas des biocarburants pour les transports est un excellent exemple – très médiatisé – pour illustrer la complexité de ces questions, et le fait que produire avec du « naturel » n'est pas en soi gage de durabilité. Nous allons tenter ici d'exposer rapidement les termes du débat centré sur la production de biocarburants d'origine agricole. Après quelques nécessaires définitions et éléments de contexte, nous nous arrêterons sur les différents enjeux qui font face au développement de ces carburants, ainsi que sur les controverses qu'ils soulèvent. Les questions de compatibilité moteur et les aspects techniques en général ne seront pas abordés ici, même s'ils constituent bien évidemment un enjeu de recherche à ne pas négliger.

1.2.2.a Le développement récent de la production et de l'utilisation de biocarburants pour les transports

DEFINITIONS ET CARACTERISTIQUES

Définitions, filières et procédés

Le terme « biocarburants » recouvre une grande diversité de produits, de filières et de procédés. On lui reproche fréquemment d'accorder à ces carburants alternatifs un crédit « vert » voire « bio » pas toujours mérité : « agrocarburants »[90] lui est souvent préféré. Au-delà de ce débat sémantique, l'appellation « biocarburants » désigne tous les carburants alternatifs à l'essence et au gazole, produits à partir de matière première organique : la biomasse. L'expression « carburants végétaux », qui offre l'avantage de se démarquer de la polémique, est également souvent utilisée (les carburants alternatifs d'origine animale, qu'elle

[90] La plupart des associations écologistes francophones se sont positionnées contre l'utilisation du terme « biocarburants » et défendent l'utilisation de « agrocarburants », ce qui confère à celui-ci une connotation marquée.

exclut, restant assez anecdotiques). Nous nous focaliserons ici sur les seuls carburants liquides[91], en particulier les deux grandes filières que sont l'éthanol (utilisable dans les moteurs à essence) et les huiles végétales (pour les moteurs diesel).

Selon les moteurs, l'éthanol peut être utilisé pur ou en mélange avec de l'essence (dans de faibles proportions : 5 à 10% ; ou presque pur : jusqu'à 85%) ou encore sous forme d'ETBE[92] : un éther obtenu par réaction de l'éthanol avec de l'isobutène, généralement utilisé en mélange à 15%[93]. Le mélange à 85%, l'« E85 », s'utilise dans les véhicules « flex-fuel », à motorisation adaptée pour fonctionner avec un mélange d'essence et d'éthanol (contenant jusqu'à 85% d'éthanol). Le biodiesel peut également s'utiliser pur dans des moteurs spécifiques ou en mélange dans de faibles proportions, voire jusqu'à 30% pour certaines flottes captives en France.

Les biocarburants sont généralement classés en générations successives. La première génération est la seule à être consommée à grande échelle à l'heure actuelle. L'éthanol et le biodiesel sont produits à partir de matières premières végétales issues de cultures agricoles, généralement à vocation alimentaire. L'éthanol est obtenu par fermentation et distillation à partir de plantes sucrières (betterave, canne à sucre) ou amylacées (blé, maïs, pomme de terre), tandis que le biodiesel ou EMHV[94] est produit par transestérification d'huile végétale extraite de plantes oléagineuses (colza, tournesol, soja, palme). Ces procédés sont connus et maîtrisés depuis longtemps : l'éthanol issu de betterave est produit depuis 1892 en France, tandis que Rodolph Diesel envisageait à la même époque l'utilisation d'huiles végétales pour faire fonctionner son moteur à combustion interne.

Quelques variantes à ces filières de première génération existent : citons par exemple pour le biodiesel les esters méthyliques d'huiles animales et les esters éthyliques d'huiles végétales (obtenus par transestérification utilisant de l'éthanol au lieu du méthanol). Ces deux filières restent anecdotiques en Europe, principalement pour des raisons de disponibilités pour la première et de coûts de production pour la seconde : les contraintes techniques de production sont beaucoup plus lourdes pour l'éthanol que pour le méthanol.

[91] Excluant donc notamment le biogaz, carburant gazeux issu de la méthanisation de matière organique.
[92] ETBE : éthyl-tertio-butyl-éther.
[93] L'incorporation de 15% d'ETBE en volume équivaut à l'incorporation de 6,8% d'éthanol en volume. **Montagne, X.** (2005). *Biocarburants - Les carburants liquides*. *La Chimie verte*. P. Colonna. Paris, Lavoisier**:** p. 419-439.
[94] EMHV : Ester méthylique d'huile végétale.

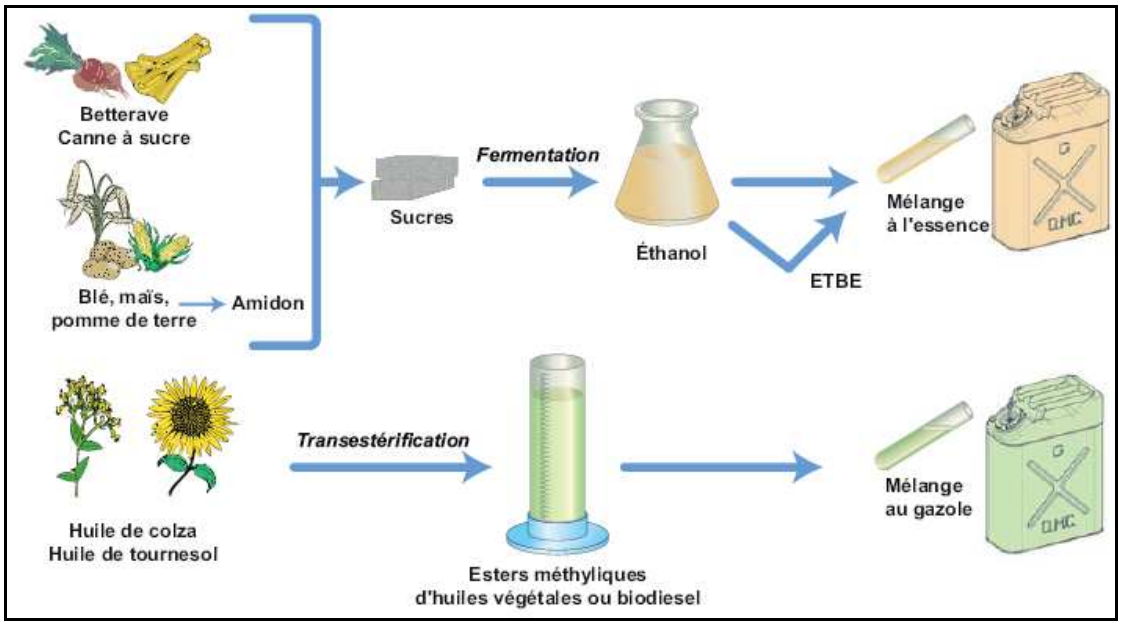


Figure n°11 Les filières biocarburants de première génération[95].

La seconde génération de biocarburants utilise principalement comme matière première de la biomasse lignocellulosique, très abondante sur Terre et non utilisée pour l'alimentation humaine. Ils peuvent être produits à partir de pailles, de bois, de rémanents et divers résidus de cultures, mais aussi de plantes entières et de cultures dédiées : triticale, luzerne, miscanthus, taillis à courte rotation de peupliers ou d'eucalyptus, etc. Il faut également citer le *Jatropha Curcas*, plante médicinale originaire d'Amérique Centrale et aujourd'hui cultivée dans le monde entier, en particulier en Afrique et en Asie. Sa particularité est de pousser sur des terres arides, et de produire des fruits riches en huile dont on peut tirer des biocarburants[96]. Deux grands types de procédés permettent d'obtenir les carburants de seconde génération :

- La voie thermochimique « Biomass-to-Liquid » (BtL), pour produire des carburants de synthèse notamment via le procédé Fischer-Tropsch[97] ;
- La voie biochimique, consistant à transformer la cellulose en glucose par hydrolyse enzymatique, avant d'en faire de l'éthanol par fermentation et distillation.

Aucune de ces voies n'est encore opérationnelle ou rentable au stade industriel, et elles ne le seront pas avant 2015-2020. Les difficultés portent notamment sur l'adaptation des

[95] **His, S.** (2007). *Panorama 2007 : Les nouvelles filières biocarburants*. IFP.
[96] L'huile de Jatropha est généralement classée parmi les ressources pour les biocarburants de seconde génération, bien qu'il ne s'agisse pas de lignocellulose, dans la mesure où la plante ne concurrence pas les cultures vivrières et les consommations alimentaires.
[97] Ce procédé, mis au point par des chimistes allemands dans les années 1920, permet de synthétiser du gazole et du kérosène à partir de biomasse gazéifiée.

caractéristiques de la biomasse en elle-même, les techniques de gazéification ainsi que les formulations enzymatiques.

D'autres filières font aujourd'hui l'objet de recherches poussées dans plusieurs pays. On parle parfois de biocarburants de troisième voire quatrième génération, sans que ce que recouvrent ces appellations soit très clair au demeurant[98]. La valorisation d'algues de culture par exemple est une filière qui concentre de nombreux espoirs : ces algues, cultivées en étangs ou en milieux fermés et hors sol, dans de grands réacteurs, permettent d'envisager une productivité à l'hectare beaucoup plus élevée que les cultures agricoles classiques tout en ne consommant que du CO_2, de la lumière[99] et de l'eau – pas d'engrais ni de produits phytosanitaires[100]. Caractérisées par un taux de lipides élevé, elles semblent être une source d'huile végétale très intéressante pour la production de biodiesel. Les derniers développements envisagent de surcroît d'alimenter les réacteurs avec du CO_2 rejeté par des installations industrielles. Enfin de nombreuses applications semblent pouvoir être couplées à ces cultures, comme le traitement de l'eau, la production de colorants alimentaires, ou encore la production d'omégas 3, d'omégas 6 et d'antioxydants pour des compléments alimentaires.

Les co-produits

Les co-produits issus de la production de biocarburants constituent un enjeu majeur pour ces filières.

Les biocarburants restent en effet des produits à faible valeur ajoutée, dont la compétitivité face aux carburants issus d'hydrocarbures est largement tributaire des fluctuations des cours du baril de pétrole et des denrées alimentaires, des fiscalités mises en place par les gouvernements ainsi que de nombreux éléments de géopolitique internationale susceptibles d'influer sur les marchés de l'énergie, du transport et de l'alimentation[101]. La valorisation des co-produits est dès lors souvent un élément déterminant, ne serait-ce que pour la viabilité économique des filières. Ils sont également déterminants pour le bilan environnemental du cycle de vie des biocarburants : nous y reviendrons plus loin.

[98] A vrai dire un certain flou subsiste parfois sur ce que désignent les biocarburants de seconde génération.
[99] Notons cependant que la culture en milieu confiné, notamment dans des tubes conçus pour apporter une forte luminescence, sont fortement énergivores. Le bilan énergétique est dès lors encore incertain.
[100] En France, le projet SHAMASH rassemble de nombreux acteurs de la recherche et de l'industrie autour d'un projet de trois ans visant à démontrer la possibilité de produire du biocarburant à partir d'algues.
[101] Les biocarburants de première génération, les seuls aujourd'hui sur le marché, issus de biomasse agricole directement concurrente avec les cultures vivrières, sont en effet en lien direct avec les marchés agro-alimentaires mondiaux.

Chaque filière génère des co-produits qui lui sont propres, dont généralement au moins un en quantité importante. Ils dépendent à la fois de la matière première et des procédés utilisés. Pour citer quelques exemples, l'extraction de l'huile végétale de colza ou de soja pour produire du biodiesel génère des tourteaux, valorisables en combustion énergétique ou en alimentation animale. La réaction d'estérification en elle-même produit une quantité assez importante de glycérine. Pour la production d'EMHV à partir d'huile de palme, la trituration et l'extraction permettant de récupérer l'huile de palme brute génère plusieurs co-produits, dont l'huile de palmiste. En ce qui concerne l'éthanol, la filière de production issue du blé génère des drêches en quantité non négligeable.

Trouver des débouchés stables et économiquement intéressants à ces co-produits est un problème parfois difficile. Dans le cas de la glycérine issue de la production d'EMHV, les volumes en jeu sont de nature à déstabiliser totalement la filière préexistante[102], au point qu'un des principaux enjeux de recherche autour de la production de biodiesel ex-biomasse est la mise au point de nouveaux débouchés pour cette glycérine. Parmi les dernières avancées, citons des travaux portant sur la mise au point d'un moyen de produire de l'éthanol à partir de glycérine, par l'intermédiaire de bactéries de type Escherichia Coli[103].

CONTEXTE GLOBAL

Les principales motivations qui sous-tendent la production de biocarburants – et la recherche de nouveaux carburants en général – sont bien connues. La raréfaction des ressources en énergie fossile ainsi que les enjeux géopolitiques d'une nécessaire indépendance énergétique, mais aussi bien sûr la menace du changement climatique, en sont les principaux moteurs. Produits à partir de biomasse, les carburants végétaux sont développés dans le but de remplacer le carbone fossile du pétrole ou du charbon par le carbone organique des plantes, renouvelable et issu de la photosynthèse. Les émissions de gaz à effet de serre générées par la combustion de ces biocarburants seraient ainsi compensées par le carbone absorbé par les plantes sous forme de CO_2.

Ces nouveaux carburants présenteraient donc un avantage écologique décisif, en permettant de remplacer les carburants d'origine fossile par des carburants d'origine renouvelable,

[102] La production de glycérine synthétique, utilisée pour la production de produits de soin ou de produits pharmaceutiques.

[103] **Gonzalez, R., A. Murarka, et al.** (2008). *A new model for the anaerobic fermentation of glycerol in enteric bacteria: Trunk and auxiliary pathways in Escherichia coli*. Metabolic Engineering **10**(5): p. 234-245.

générant de surcroît des émissions de gaz à effet de serre négligeables. Ces motivations ne sont cependant pas les seules, et d'autres intérêts sont en jeu pour certains pays ou groupes industriels producteurs de biocarburants. La recherche de nouveaux débouchés pour l'agriculture[104] ou l'industrie agro-alimentaire[105], en particulier en Europe, n'est sans doute pas le moindre.

Les biocarburants – en particulier de première génération – connurent, sur la base de ces enjeux et à partir du début des années 2000, un développement international très rapide soutenu par des politiques ambitieuses.

En Europe

Les textes réglementaires à l'origine de la relance de la production et de l'utilisation de biocarburants pour les transports sont les trois directives suivantes :

- La directive 98/70/CE sur la qualité des carburants, qui autorise, pour une vente banalisée à la pompe, l'incorporation de 5% d'éthanol et de 15% d'ETBE dans l'essence, et de 5% d'EMHV dans le gazole ;
- La directive 2003/30/CE du 8 mai 2003, sur la promotion de « l'utilisation de biocarburants ou autres carburants renouvelables dans les transports », qui fixe des objectifs de consommation croissants, devant atteindre au minimum 2%[106] des consommations d'essence et de gazole pour les transports en 2005 et 5,75% en 2010[107] (ces objectifs ne sont pas obligatoires, mais les Etats membres sont tenus d'informer la Commission des mesures prises pour leur mise en place) ;
- La directive 2003/96/CE du 27 octobre 2003, sur la taxation des produits énergétiques et de l'électricité[108], qui autorise les Etats membres à exonérer les biocarburants d'accises (totalement ou en partie). Suite à ce texte, les mesures fiscales en vigueur en Europe pour les biocarburants sont propres à chaque pays.

[104] Notamment en ces temps de réforme de la Politique Agricole Commune de l'Union Européenne…
[105] L'industrie sucrière européenne par exemple a du faire face ces toutes dernières années à une importante réorganisation des marchés mondiaux du sucre, qui a eu pour conséquence un écroulement significatif de ses parts de marché. La production d'éthanol ex-betterave sucrière représente dès lors pour elle un enjeu de diversification – et de survie – majeur.
[106] 2% en potentiel énergétique, en tenant compte du PCI (Pouvoir Calorifique Inférieur).
[107] *Directive européenne visant à promouvoir l'utilisation des biocarburants et autres carburants renouvelables dans les transports.* (2003b). Parlement et Conseil Européen.
[108] *Directive européenne restructurant le cadre communautaire de taxation des produits énergétiques et de l'électricité.* (2003a). Conseil de l'Europe.

La Commission des Communautés Européennes publie deux ans plus tard – en décembre 2005 – son plan d'actions dans le domaine de la biomasse[109] et sa stratégie en faveur des biocarburants – février 2006[110]. Ces deux documents lui permettent d'afficher un certain nombre d'engagements concernant l'accompagnement du développement de la production et de l'utilisation des biocarburants dans les transports pour les prochaines années. En janvier 2007, la Commission publie un rapport de situation sur les biocarburants[111], visant à faire le point sur l'application des dispositions réglementaires au sein de l'Europe, ainsi que sur les enjeux et les perspectives de la filière. Elle estime à cette occasion qu'au vu des chiffres sur la production et l'utilisation de biocarburants dans les Etats membres, l'objectif fixé par la directive pour 2010 (5,75% des consommations d'essence et de gazole) ne sera probablement pas atteint. Elle réaffirme cependant sa détermination à réduire sa dépendance au pétrole dans les transports et estime nécessaire de fixer des objectifs minimaux pour la part future des biocarburants. En ce sens, la proposition d'une nouvelle directive sur les énergies renouvelables[112], présentée par la Commission en janvier 2008, propose de porter la part des biocarburants dans la consommation de carburants pour les transports à 10% minimum en 2020, sous un certain nombre de conditions.

En 2007, la consommation européenne de biocarburants atteint 7,7 Mtep, le biodiesel dominant largement le marché avec une consommation de 5,77 Mtep contre 1,17 Mtep seulement d'éthanol. Les biocarburants représentent 2,6% du contenu énergétique des carburants pour les transports routiers, soit près de la moitié de l'objectif de 5,75% fixé pour 2010[113]. L'Union Européenne assurait en 2007 60% de la production mondiale de biodiesel[114].

[109] **CCE** (2005). *Plan d'action dans le domaine de la biomasse*. Commission des Communautés Européennes, 49 p.
[110] **CCE** (2006). *Stratégie de l'Union Européenne en faveur des biocarburants*. Commission des Communautés Européennes, 30 p.
[111] **CCE** (2007). *Rapport de situation sur les biocarburants : Rapport sur les progrès accomplis en matière d'utilisation de biocarburants et d'autres carburants renouvelables dans les États membres de l'Union européenne*. Commission des Communautés Européennes, 18 p.
[112] *Proposal for a directive of the European Parliament and of the Council on the promotion of the use of energy from renewable sources* (2008b). Commission of the European Communities.
[113] **EurObserv'ER** (2008). *Baromètre Biocarburants*. Systèmes solaires, le journal des énergies renouvelables, 2008/06, p. 49-66.
[114] **OCDE** (2008). *Évaluation économique des politiques de soutien aux biocarburants. Résumé*. OCDE, 8 p.

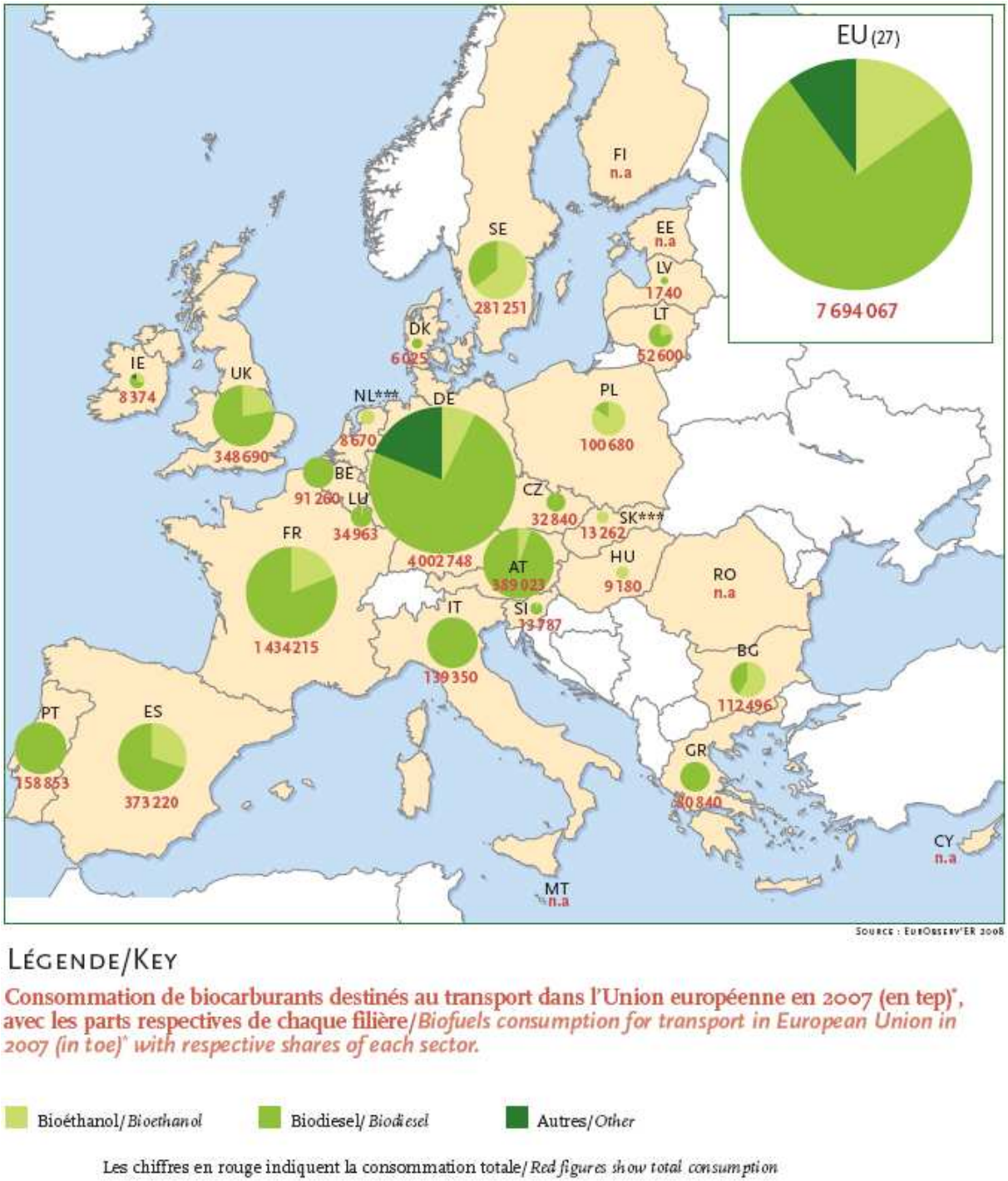


Figure n°12 Consommation de biocarburants pour les transports dans l'UE en 2007 (EurObserv'ER 2008).

En France

Suite à la parution des directives de 2003, un « Plan biocarburants » se met en place à partir de septembre 2004, date à laquelle est lancé un premier programme visant une production de 1 280 000 tonnes de biocarburants à l'horizon 2007. En septembre 2005 cependant, le gouvernement français décide d'avancer à 2008 l'objectif d'incorporation de 5,75% de

biocarburants dans les carburants, prévu pour 2010 par la Directive 2003/30/CE. Les objectifs de 7% en 2010 et 10% en 2015[115] sont également fixés. Pour les atteindre, d'importants agréments fiscaux sont accordés aux usines de biocarburants, par le lancement d'un appel d'offres pour la production de 1,8 million de tonnes de biocarburants avant fin 2005. En juin 2006, un groupe de travail « Flex-fuel 2010 » est installé par le ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie et le ministère de l'Agriculture afin de répondre aux questions techniques, réglementaires et fiscales à traiter pour permettre la montée en puissance de la filière E85. Le gouvernement français affirme à cette occasion et confirme en septembre 2006 sa volonté de mettre en place un réseau de distribution national pour ce carburant, pour lequel une expérimentation est lancée au Conseil Régional de la Marne[116]. L'objectif est de mettre en place 500 stations distribuant de l'E85 en 2007 et 1500 en 2008[117].

La consommation française de biocarburants atteint 1,4 Mtep en 2007, avec également une forte dominance du biodiesel (1,16 Mtep) sur l'éthanol (0,27 Mtep)[118]. Le biodiesel français est principalement produit à partir de colsa, et l'éthanol à partir de betterave sucrière et de blé. La France a globalement respecté ses objectifs pour 2007, avec 3,5% de biocarburants dans la consommation de carburants pour les transports[119].

Au niveau international

Le Brésil et les Etats-Unis sont les plus gros producteurs et consommateurs de biocarburants. Le Brésil fait figure de pionnier avec une importante production et consommation d'éthanol issu de canne à sucre dès 1975. Les véhicules « flex-fuel », introduits dans les années 2000, y sont aujourd'hui très répandus (près de 70% du marché des véhicules à allumage commandé)[120].

[115] Les objectifs de 5,75% en 2008 et de 7% en 2010 sont confirmés dans la loi n°2006-11 d'orientation agricole, modifiant la loi n° 2005-781 du 13 juillet 2005 de programme fixant les orientations de la politique énergétique de la France.
[116] Lors de cette expérimentation, une flotte de véhicules à carburant modulable doit utiliser l'E85 pendant douze mois, leurs performances environnementales et l'évolution de leur vieillissement étant suivies par l'IFP (Institut Français du Pétrole) et l'ADEME (Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie).
[117] Ces objectifs ne seront pas atteints.
[118] La forte proportion de véhicules diesel dans le parc automobile français explique en partie ce déséquilibre.
[119] **EurObserv'ER** (2008). *Baromètre Biocarburants*. Systèmes solaires, le journal des énergies renouvelables, 2008/06, p. 49-66.
[120] **Prieur-Vernat, A. et S. His** (2007). *Panorama 2007 : Les biocarburants dans le monde*. IFP.

En 2007, le Brésil est responsable de 31% de la production d'éthanol dans le monde[121], la canne à sucre et le maïs occupant 34.4% de ses surfaces cultivées en 2006 et une surface équivalente étant dédiée au soja pour la production de biodiesel. Les Etats-Unis sont également très gros producteurs et consommateurs d'éthanol, principalement produit à partir de maïs. Leur production représente en 2007 48% de la production mondiale d'éthanol[122], contre 38% en 2006[123]. La production d'EMHV à partir de soja y est également en forte croissance.

D'autres régions tendent cependant à devenir de sérieux compétiteurs. En Amérique Latine, plusieurs pays (Argentine, Colombie, etc.) suivent l'exemple brésilien. En Asie, la Chine développe une importante capacité de production d'éthanol à partir de maïs, soutenue par des objectifs d'incorporation. En 2005, l'Inde est le second producteur mondial d'éthanol à partir de canne à sucre, derrière le Brésil. La Malaisie et l'Indonésie produisent quant à eux du biodiesel à partir d'huile de palme, avec l'objectif affiché d'en exporter prochainement vers l'Europe, où le parc automobile est comme en France fortement dominé par les véhicules diesel[124]. Enfin de nombreux pays africains s'orientent également vers la production de biocarburants, notamment celle de biodiesel à partir d'huile de palme ou d'éthanol à partir de canne à sucre, pour leurs besoins propres ou pour l'exportation.

1.2.2.b Durabilité des biocarburants : éléments d'une controverse

En France, à partir du courant de l'année 2006, les biocarburants deviennent en quelques mois un sujet de controverse majeur, rejoignant en cela des sujets sensibles tels que les cultures d'OGM et le nucléaire civil[125]. Est principalement en cause leur bilan écologique réel, en particulier leur potentiel de réduction des consommations d'énergies fossiles et des émissions de gaz à effet de serre – mais pas seulement[126]. La polémique prend en 2007 une ampleur

[121] **OCDE** (2008). *Évaluation économique des politiques de soutien aux biocarburants. Résumé*. OCDE, 8 p.
[122] Ibid.
[123] **Ogier, T.** (2008). *Le Brésil en croisade pour l'éthanol*. Les Echos, 6 mai 2008, p. 8.
[124] **Prieur-Vernat, A. et S. His** (2007). *Panorama 2007 : Les biocarburants dans le monde*. IFP.
[125] Sujets auxquels ils sont d'ailleurs liés : les semences agricoles génétiquement modifiées figurent en bonne place parmi les voies d'amélioration des rendements agricoles et d'évolution variétale identifiées par les producteurs de biocarburants, tandis que le nucléaire civil est une autre réponse mise en avant face aux questions de consommation et d'indépendance énergétique.
[126] Le rapport de l'étude publié par Patrick Sadones pour EDEN (Énergie Durable en Normandie), critiquant sévèrement les conclusions de l'étude publiée en 2002 par l'ADEME et la DIREM – étude en grande partie à la base du Plan Biocarburants Français – est un des fondamentaux de cette remise en cause en 2006. **Sadones, P.** (2006). *Les biocarburants : Quel intérêt ? Quelles perspectives ?* EDEN, 24 p., **ADEME, DIREM, et al.** (2002). *Bilans énergétiques et gaz à effet de serre des filières de production de biocarburants*. ADEME ; DIREM ; PriceWaterhouseCoopers, 132 p.

particulièrement importante, observable ne serait-ce qu'à travers une revue de presse des grands quotidiens nationaux. Le numéro 864 de Courrier International (24-30 mai 2007), titrant « Biocarburants : L'arnaque » en couverture, est à cet égard un des exemples les plus marquants. Il illustre bien le sentiment alors dominant parmi les médias et le grand public, pour qui de nombreuses questions sur le bilan réel des biocarburants restaient sans réponses convaincantes, après le très fort engouement affiché par les pouvoirs publics les années précédentes.

Le débat a cependant lieu à l'échelle mondiale, dans une confusion grandissante à mesure que les associations de protection de l'environnement, puis bientôt de grands organismes internationaux[127], publient des rapports plus ou moins alarmants, sans que le développement débridé des filières de biocarburants n'en soit pour autant freiné. Malgré un investissement conséquent des groupes industriels concernés et souvent des pouvoirs publics eux-mêmes pour désamorcer les critiques, la controverse ne semble montrer aucun signe d'apaisement. Parmi les plus graves remises en cause du bien-fondé des politiques de soutien aux biocarburants figure la position émise à l'automne 2007 par la Table ronde sur le développement durable, forum au sein de l'OCDE. Dans un rapport intitulé « Biocarburants : le remède est-il pire que le mal ? »[128], les auteurs développent notamment les arguments suivants :

- Les cultures énergétiques constituent une menace pour la sécurité alimentaire mondiale et pour la biodiversité, et ce pour des bénéfices limités ;
- Les technologies de production de seconde génération sont certes prometteuses, mais dépendent de percées technologiques encore incertaines ;
- Les perspectives économiques présentées par les biocarburants semblent fragiles ;
- Les politiques nationales soutenant et protégeant les productions nationales de biocarburants sont inefficientes, inefficaces du point de vue des coûts et par-dessus tout irréalistes ;

[127] En avril 2007, c'est au tour de l'ONU de publier un rapport questionnant la durabilité des bioénergies. Mettant en balance les divers avantages et inconvénients qu'elles présentent, ce rapport dresse une liste de neuf enjeux de durabilité pour les bioénergies, estimant au passage que l'utilisation des biocarburants serait peut-être plus efficace pour la production de chaleur et d'électricité que pour les transports. **ONU** (2007). *Sustainable Bioenergy : a framework for decision makers*. UN-Energy, 57 p.

[128] **Doornbosch, R. et R. Steenblik** (2007). *Biofuels : is the cure worse than the disease?* OCDE, 57 p.

- La libéralisation des échanges pour les biocarburants est difficile à mettre en œuvre, mais essentielle pour atteindre les objectifs globaux.

Même si de nombreuses questions concernant les biocarburants de génération deux et trois émergent déjà, le débat reste centré sur le bilan des carburants végétaux de première génération – les seuls en production à échelle significative pour l'instant. Entre les positions de défense appuyée de ces filières, adoptées par les lobbys agro-industriels, et les attaques parfois très virulentes de nombreux organismes de défense de l'environnement ou de la sécurité alimentaire mondiale, émerge petit à petit la nécessité d'évaluer la durabilité de ces filières par des critères fiables et universels.

Cette position est défendue dès 2005 par l'EEB[129], qui attire l'attention sur le besoin de tels critères pour éclairer les politiques de soutien aux bioénergies et s'assurer que ces filières présentent bel et bien un bénéfice significatif, en particulier sur le plan environnemental et climatique[130]. De nombreux travaux de recherche internationaux portent actuellement sur la définition de ce type de critères[131], laissant espérer à court terme une rationalisation du débat, une limitation des risques présentés par le développement de certaines filières, et des avancées significatives en matière d'évaluation de la durabilité et d'aide aux décideurs[132]. Citons en particulier les travaux de la « Table Ronde sur les Biocarburants Durables » (Roundtable on Sustainable Biofuels, RSB), forum créé en avril 2007 au sein du Centre de l'Energie de l'EPFL (Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne). Réunissant des ONG, des entreprises, des gouvernements nationaux, des experts et d'autres parties prenantes, cette initiative vise à élaborer des critères de durabilité pour les biocarburants. En juin 2007, le RSB publie une proposition de principes pour la production durable de biocarburants, et sollicite une participation de l'ensemble des parties prenantes pour mettre au point des critères correspondants. Une première version (« Version Zero ») de ces critères[133] est publiée en août 2008 et soumise pendant six mois à l'analyse des parties prenantes, la « version une » étant

[129] EEB : European Environmental Bureau.
[130] **EEB** (2005). *EEB position on Biomass and Biofuels: the need for well defined sustainability criteria*. EEB, 8 p.
[131] Voir par exemple les travaux de chercheurs de l'Université de Berkeley portant sur la définition d'un « Green Biofuels Index », permettant de mesurer et comparer les impacts associés à différentes filières de production de biocarburants. **Turner, B. T., R. J. Plevin, et al.** (2007). *Creating Markets for Green Biofuels*. University of California Berkeley, 62 p.
[132] **Fèvre, A.-L.** (2008). *Biocarburants et développement durable*. Bulletin de veille de l'INERIS **n°18**(Juin 2008): p. 4.
[133] **EPFL** (2008). *Global principles and criteria for sustainable biofuels production : Version Zero*. Roundtable on Sustainable Biofuels, 9 p.

prévue pour avril 2009[134]. Le RSB annonce en outre que les prochaines étapes de ses travaux incluront la définition d'indicateurs permettant d'évaluer la conformité des productions de biocarburants par rapport aux critères retenus.

Quant à la Commission européenne, elle affirme elle aussi, dans sa proposition de directive sur les énergies renouvelables présentée début 2008, la nécessité de tels travaux. Elle s'engage à conditionner son objectif d'incorporation de 10% de biocarburants dans les carburants pour les transports au fait que ces biocarburants soient « durables », et suggère un certain nombre de critères de « durabilité environnementale »[135] pour le mesurer. Ces critères sont cependant jugés insuffisants ou inefficaces par certains, et l'objectif européen d'incorporation de 10% de biocarburants suscite de nombreuses inquiétudes. Citons notamment l'avis du Comité Scientifique de l'AEE[136], qui recommande en avril 2008 la suspension de cet objectif, ou encore celui du MNP (Milieu en Natuur Planbureau, l'agence néerlandaise de planification environnementale)[137].

Sans rentrer dans le détail de la confrontation des différents travaux scientifiques publiés, et afin d'esquisser une vision d'ensemble du bilan des biocarburants en terme de durabilité, en particulier de première génération, nous allons présenter ci-dessous les principaux éléments au cœur de la controverse.

LES ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX ET SANITAIRES

Impact énergétique et climatique

Au cœur de la controverse sur le bilan environnemental des biocarburants se trouve la discussion sur les réelles économies d'énergies fossiles et d'émissions de gaz à effet de serre qu'ils permettent de réaliser. Les calculs des nombreuses études menées sur le sujet débouchent sur une très large fourchette de résultats pour chaque filière de production, allant d'un bilan très bon à franchement mauvais, en passant par tout juste médiocre. Ces écarts s'expliquent en grande partie par les différences entre les hypothèses adoptées par ces études, en particulier pour les frontières des systèmes étudiés et pour les règles utilisées pour

[134] Les principes et critères de durabilité pour la production des biocarburants, rassemblés dans la « Version Zero », sont présentés en détail en annexe (cf. Annexe 3).
[135] Articles 15, 16 et 17 de la proposition de directive, présentés en annexe (cf. Annexe 4).
[136] AEE : Agence Européenne de l'Environnement.
[137] **Eickhout, B., G. J. van den Born, et al.** (2008). *Local and global consequences of the EU renewable directive for biofuels. Testing the sustainability criteria*. Netherlands Environmental Assessment Agency, 70 p.

l'affectation des impacts aux différents co-produits. L'étude du Centre Energétique de l'Ecole des Mines de Paris, réalisée pour l'Association des Régions de France et parue en 2008, dresse un tableau comparatif complet de ces différences et de leurs conséquences[138].

Deux autres questions figurent parmi les points les plus problématiques pour le calcul du bilan de la production de biocarburants, en termes d'émissions de gaz à effet de serre : celle des émissions de protoxyde d'azote (N_2O) et celle du relargage dans l'atmosphère du carbone organique du sol, suite à des modifications d'usage des sols. Les émissions de N_2O proviennent essentiellement de l'utilisation d'engrais agricoles azotés. Extrêmement difficiles à modéliser, elles dépendent en grande partie de conditions pédoclimatiques locales et leur connaissance reste encore très incertaine. Ce qui est certain en revanche c'est que le pouvoir de réchauffement global (PRG) du N_2O est très problématique du point de vue de l'effet de serre (cf. 4.1.1.b) : ces émissions ont donc une influence importante sur le bilan de la production de biocarburants. Les émissions de gaz à effet de serre issues de modifications de l'usage des sols sont mieux connues, mais c'est l'ampleur du phénomène qui est cette fois très mal maîtrisé. Si peu de prairies ou de forêts sont brûlées et retournées pour y planter directement des cultures énergétiques, on soupçonne le phénomène de transferts de cultures de prendre de l'ampleur : en Amérique Latine, les nouvelles plantations de soja ou de canne à sucre sont rarement implantées sur des terres fraîchement défrichées, mais plutôt sur des terrains jusque-là dédiés à l'alimentation du bétail. C'est souvent pour trouver de nouvelles terres pour ce bétail, la consommation mondiale de viande étant en forte expansion, que les limites de la forêt amazonienne sont repoussées. En Asie, les cultures de palmiers à huile implantées sur des terres gagnées sur la forêt primaire sont très majoritairement dédiées à la production d'huile de palme pour des usages alimentaires (voire cosmétiques), et non à la production de carburants. Comment dès lors distinguer la vraie part de responsabilité qui revient à l'éthanol ou au biodiesel ? Cette responsabilité existe et est potentiellement très importante du fait des émissions pouvant être générées par de tels phénomènes[139], mais l'estimer avec suffisamment de précision reste un défi.

[138] **Benoist, A., D. Dron, et al.** (2008b). *Analyse critique des études existantes sur la production et l'utilisation des carburants végétaux. Résumé à l'intention des décideurs*. Centre d'énergétique, Mines Paris, 18 p.
Benoist, A., D. Dron, et al. (2008c). *Méthodologie de l'Analyse de Cycle de Vie : Normes et méthodes courantes. Rapport final, 1ère partie*. Centre d'énergétique, Mines Paris, 58 p.
Benoist, A., D. Dron, et al. (2008a). *Analyse critique des études existantes sur la production et l'utilisation des carburants végétaux : Critique des analyses de cycle de vie et bilans énergétiques, et recommandations d'approfondissement. Rapport final, 2nde partie*. Centre d'énergétique, Mines Paris, 154 p.
[139] **Fargione, J., J. Hill, et al.** (2008). *Land Clearing and the Biofuel Carbon Debt*. Sciencexpress: p.

Tant d'incertitudes rendent très difficile le calcul de l'impact de la production de ces carburants sur le climat, et l'ampleur de la fourchette de résultats représente pour beaucoup un argument suffisant pour contester le bien-fondé de toutes politiques publiques en faveur de cette production.

Impacts sur la biodiversité, l'eau et les sols

L'impact sur la biodiversité est un autre sujet de préoccupation majeur suscité par la production de biocarburants à travers le monde. La question a été inscrite à l'ordre du jour de la réunion de juillet 2007 du comité scientifique de la Convention sur la Diversité Biologique (CBD), parmi les questions émergeantes. Le rapport préparé à cette occasion relève que si la réduction des émissions de gaz à effet de serre théoriquement associée à la production de biocarburants a bien, en ralentissant les effets du changement climatique, un impact indirect bénéfique pour la biodiversité, cette production à grande échelle risque de s'accompagner d'autres impacts directs, cette fois néfastes pour la biodiversité. Les principaux risques mentionnés concernent la dégradation et la fragmentation des habitats des espèces, l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre du fait de dégradations de puits de carbone et de la déforestation, la pollution de l'eau et l'eutrophisation, ainsi que la surexploitation agricole due aux conflits d'usage des terres et à l'augmentation des prix des denrées alimentaires[140]. Ces risques concernent donc aussi bien la production occidentale de biocarburants (Europe, Amérique du Nord) que celle conduite dans les pays émergeants. Pour ces derniers, le cas de l'orang-outan, en danger de disparition du fait de la destruction de son habitat naturel[141], est devenu un des emblèmes de la cause.

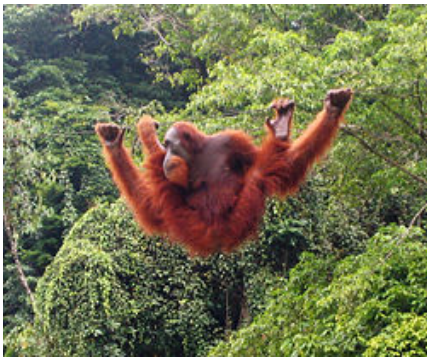


Figure n°13 Un orang-outan dans son environnement naturel, la forêt humide.

[140] **CBD** (2007). *New and emerging issues relating to the conservation and sustainable use of biodiversity : Biodiversity and liquid biofuel production. Note by the Executive Secretary.* 12 p.
[141] Les forêts humides de Bornéo et Sumatra, qui subissent une forte déforestation, principalement au profit des plantations de palmiers à huile et de l'exportation de bois exotique.

Figure n°14 Palmeraie au sein d'une zone de forêt humide à Bornéo.

Les menaces pour la biodiversité vont souvent de pair avec des impacts agricoles. La production d'agro-ressources pour les biocarburants renforce notamment la pression sur les ressources en eau, du fait des besoins en irrigation[142]. Les engrais et produits phytosanitaires sont également source d'eutrophisation et de pollution des milieux, comme c'est le cas aux Etats-Unis dans le Golfe du Mexique, dont l'eutrophisation s'accélère du fait d'une utilisation intensive des engrais azotés. Une zone morte de 20 000 Km² existe déjà, et une étude parue en 2008 estime que le programme d'intensification de la production de bioéthanol aux Etats-Unis pourrait augmenter cette pollution de 34%[143]. Enfin, de manière générale, la dégradation des sols, surexploités par des modes de production agricole intensifs, risque de s'accélérer avec la production d'agro-ressources pour les biocarburants.

Autres risques

D'autres questions sont également à l'étude, en particulier les risques présentés par ces nouveaux carburants et les filières dont ils sont issus : risques associés aux sites de production et aux transports ou risques sanitaires liés aux émissions issues de la combustion. Si l'éthanol et l'EMHV restent des produits aux caractéristiques et à la dangerosité connues et maîtrisées, le passage à grande échelle de leur production, transport et exploitation peut placer les acteurs de ces filières face à des risques industriels nouveaux, d'autant plus problématiques qu'ils

[142] En France, un rapport du Conseil général de l'agriculture, de l'alimentation et des espaces ruraux et de l'Inspection générale de l'environnement, paru en 2006, se penche sur les conséquences que la production de biocarburants peut avoir sur les ressources en eau. **Bordet, J. et J.-M. Michez** (2006). *Mise en oeuvre du plan biocarburant au regard de la protection de la ressource en eau*. CGAAER; IGE, 38 p.

[143] **Donner, S. D. et C. J. Kucharik** (2008). *Corn-based ethanol production compromises goal of reducing nitrogen export by the Mississippi River*. PNAS **105**(11): p. 4513-4518.

sont peu anticipés, du fait justement de la bonne connaissance des procédés[144]. Les modifications des émissions atmosphériques à l'échappement ainsi que leur impact sanitaire et environnemental font également l'objet de recherches, portant à la fois sur les formulations de ces nouveaux carburants et sur les caractéristiques des moteurs auxquels ils sont destinés.

LES ENJEUX ECONOMIQUES ET SOCIAUX

Accès aux terres et conditions de travail

Sur le plan économique et social, un des principaux reproches faits aux biocarburants est d'avoir dans les pays en voie de développement un effet négatif sur l'accès aux terres pour l'agriculture vivrière des petits paysans. Plusieurs mises en garde sont également apparues concernant les conditions de travail des employés agricoles, ainsi que le risque de marginalisation accrue des petits paysans et en particulier des femmes, en terme d'accès au travail, dans les zones rurales de certains pays en développement. Un rapport de la FAO paru en 2008 estime en effet que les petites exploitations, souvent dirigées par des femmes, n'ont pas les moyens d'appliquer les modes de production intensifs nécessaires à la production d'agro-ressources pour les biocarburants, en particulier l'irrigation et les intrants agricoles[145]. Quant aux conditions de travail des employés agricoles, elles ont été pointées du doigt notamment au Brésil, où certains employés de plantations de canne à sucre étaient placés dans des conditions d'emploi très difficiles[146].

Effets des mesures de soutien aux biocarburants

Au niveau strictement économique, le niveau de subvention accordé à ces filières par certains pays est lui aussi l'objet de remises en cause.

---

[144] L'Ineris mène des travaux portant spécifiquement sur ces questions. **Marlair, G., P. Rotureau, et al.** (2008). *Booming development of biofuels for transport: Is fire safety of concern?* Fire and Materials(published online : Jun 20 2008 (http://www3.interscience.wiley.com/journal/108568393/issue)): p. n/a., **Marlair, G., P. Rotureau, et al.** (2007). *La maîtrise des risques technologiques comme indicateur de développement durable des nouvelles filières énergétiques : une réflexion assise sur le cas des biocarburants*. Premier congrès international sur l'ingénierie des risques industriels, Montreal, Canada., **Marlair, G., M. Demissy, et al.** (2007). *Un nouveau challenge : offrir une alternative au kérosène*. La Lettre Techniques de l'Ingénieur - Energie(11): p. 10-11.

[145] **Rossi, A. et Y. Lambrou** (2008). *Gender and Equity Issues in Liquid Biofuels Production – Minimizing the Risks to Maximize the Opportunities*. FAO, 36 p.

[146] **Rodrigues, A.** (2007). *Premières victimes : les coupeurs de canne. Dossier spécial : Biocarburants, l'arnaque*. Courrier International, 24-30 mai 2007, p. 13. **AFP** (2008). *"Croissance brutale" du travail forcé dans les champs de canne à sucre au Brésil*. Le Monde, p. 5.

Aux Etats-Unis, FarmEcon LLC pointe début 2008 l'effet pervers des mesures de soutien aux biocarburants mises en place par l'administration américaine : une très forte augmentation des prix des denrées agricoles (en particulier le maïs et le soja) sous l'effet d'une demande en explosion, au point de menacer la rentabilité de la production de biocarburants elle-même[147]. Dans un rapport portant sur l'évaluation économique des politiques de soutien aux biocarburants[148], l'OCDE confirme que sous l'effet de la hausse des prix des denrées et des intrants agricoles, la rentabilité de la production de biocarburants s'est dégradée. Contrairement à ce qui était espéré, la hausse des prix du pétrole brut n'a pour l'instant pas permis d'améliorer cette rentabilité. Les mesures de soutien aux biocarburants, en renforçant la pression sur des produits agricoles dont la disponibilité est limitée, tendraient donc, pour les filières de première génération, à dégrader in fine la rentabilité de la production. L'OCDE estime que les effets des mesures actuellement en place représentent :

- Une réduction des émissions nettes de GES équivalente à moins de 1% de l'ensemble des émissions liées aux transports, pour un coût compris entre 960 et 1700 USD par tonne de CO_2 économisée ;
- Une réduction de la consommation en carburants fossiles inférieure à 1% pour la plupart des secteurs des transports et comprise entre 2 et 3% pour le secteur européen du gazole, le tout pour un coût compris entre 0.8 et 7 USD par litre de carburant fossile économisé.

Quant aux prix des produits agricoles, l'OCDE estime que si l'effet des mesures de soutien actuellement en vigueur ne doit pas être surestimé, il pourrait tout de même représenter à moyen terme une hausse des prix du blé, du maïs et des huiles végétales de 5, 7 et 19%. Ces hausses sont donc bel et bien significatives et problématiques pour la sécurité alimentaire des populations les plus pauvres. La FAO, dans son le rapport sur la situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture de 2008[149], affirme que « la demande de matières premières agricoles pour la fabrication de biocarburants liquides constituera un facteur important pour les marchés agricoles et l'agriculture mondiale au cours de la décennie à venir et peut-être au-delà » (p.23).

[147] **LLC, F.** (2008). *Biofuel Support Policy Costs to the U.S. Economy*. FarmEcon LLC, 37 p.
[148] **OCDE** (2008). *Évaluation économique des politiques de soutien aux biocarburants. Résumé*. OCDE, 8 p.
[149] **FAO** (2008). *La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture*. FAO, 156 p.

En accentuant la demande en denrées agricoles, ces mesures de soutien peuvent également contribuer à accroître la demande en nouvelles terres cultivables. Or si les nouvelles cultures peuvent avoir un effet positif en terme de développement rural et d'amélioration de revenus pour les producteurs locaux, elles risquent comme nous l'avons déjà vu de générer dans le même temps des impacts problématiques pour l'environnement et la santé, et donc le bien-être (érosion de la biodiversité, émissions de GES et pollutions liées aux intrants agricoles, etc.).

LA QUESTION DU POTENTIEL DE SUBSTITUTION

Quel est le potentiel réel, en terme de production, de substitution ou d'émissions de GES économisées, des différents types de biocarburants, et à quel prix ? C'est au fond la principale question qui anime le débat des biocarburants. Or l'évolution des pratiques agricoles et des rendements, celle du secteur des transports (et donc des modes de vie, de production et de consommation), des motorisations et des véhicules sur le marché, mais aussi les effets du changement climatique, les fluctuations des prix du pétrole brut et bien sûr les usages concurrentiels de la biomasse (pour l'énergie, la chimie, les matériaux, etc.) sont autant de facteurs externes influant fortement sur le potentiel des biocarburants. La question du prix ou des compromis que la société est disposée à accepter pour ces carburants alternatifs, dont l'ampleur des bienfaits est si difficile à estimer, devient dès lors capitale. En termes purement économiques, ce prix s'avère pour l'instant non négligeable (cf. ci-dessus) ; les autres risques dont nous venons de dresser la liste achèvent de rendre la polémique incontournable.

Dans le rapport de la Table Ronde sur le Développement Durable de l'OCDE sur les biocarburants paru en 2007[150], les auteurs proposent une estimation rapide des surfaces potentiellement disponibles dans le monde pour la production de biomasse énergétique à l'horizon 2050 : cf. Tableau n°1). Leur conclusion est qu'un maximum de 0.44 Gha supplémentaires seront alors techniquement disponibles, principalement en Afrique et en Amérique du Sud et Centrale[151].

[150] **Doornbosch, R. et R. Steenblik** (2007). *Biofuels : is the cure worse than the disease?* OCDE, 57 p.

[151] Pour ces régions, la moitié des surfaces concernées se concentrent dans sept pays : Angola, République Démocratique du Congo, Soudan, Argentine, Bolivie, Brésil et Colombie. En Afrique sub-saharienne cependant, l'exploitation de ces terres se heurtera à un certain nombre d'obstacles (régimes politiques, infrastructure, marchés financiers, etc.).

Zone géographique	Surface supplémentaire potentiellement disponible en 2050	
	Gha	%
Amérique du Nord	0	0.0%
Amérique du Sud et Amérique Centrale	0.25	56.8%
Europe et Russie	0.04	9.1%
Afrique	0.18	40.9%
Asie	-0.07	-15.9%
Océanie	0.04	9.1%
Monde entier	**0.44**	**100.0%**

Tableau n°1 Estimation de la surface supplémentaire potentiellement disponible pour la production de biomasse énergétique en 2050 (Doornbosch et Steenblik 2007).

En tenant compte du potentiel additionnel fourni par les résidus de cultures agricoles et forestières et les déchets organiques ou d'origine animale, l'énergie primaire que la biomasse pourrait fournir en 2050 représente 244.6 EJ par an. En prenant l'hypothèse que la moitié de cette biomasse pourra être utilisée pour la production de biocarburants[152], et ce avec un rendement moyen de 35%[153], les auteurs estiment que le potentiel final maximum des biocarburants en 2050 est de 43 EJ par an (cf. Tableau n°2), soit environ 23% des besoins en carburants liquides pour les transports selon l'estimation de 2006 de l'Agence Internationale de l'Energie (AIE)[154]. Ces chiffres reflètent, pour Doornbosch et Steenblik, des scénarios encore relativement optimistes. A l'horizon 2050, ils mettent en évidence pour les biocarburants un potentiel certes existant mais restant limité, qu'il s'agit de confronter aux enjeux et aux risques qui ont déjà été relevés.

Zone géographique	Potentiel énergétique des biocarburants en 2050	
	EJ / an	%
Amérique du Nord	3.6	8.4%
Amérique du Sud et Amérique Centrale	14.7	34.4%
Europe et Russie	5.9	13.8%
Afrique	12.2	28.6%
Asie	3.6	8.4%
Océanie	2.7	6.3%
Monde entier	**42.7**	**100.0%**

Tableau n°2 Potentiel énergétique des biocarburants à l'horizon 2050 (Doornbosch et Steenblik 2007).

[152] L'autre moitié étant réservée à la production d'électricité et de chaleur.
[153] Ce qui correspond au rendement de la production d'éthanol à partir de canne à sucre, autrement dit un de meilleurs rendements actuels pour la production de biocarburants de première génération.
[154] Selon l'AIE, les biocarburants représentent en 2006 environ 1% de la consommation mondiale de carburants routiers, utilisant pour leur production environ 14 millions d'hectare, soit 1% des terres arables disponibles. **AIE et OCDE** (2006). *World Energy Outlook 2006. Résumé et conclusions.* Agence Internationale de l'Energie, 15 p.

En 2008, l'OCDE prend plus clairement position sur la question en estimant que « les mesures visant à réduire la consommation d'énergies fossiles, qui sont axées sur le remplacement des carburants fossiles par les biocarburants, devraient se concentrer davantage sur la réduction de la consommation d'énergie, surtout dans le secteur des transports. En règle générale, les coûts associés à la réduction des émissions de GES obtenue grâce aux économies d'énergie sont nettement inférieurs aux coûts des mesures visant à remplacer certaines sources d'énergie par d'autres ». L'OCDE fait également remarquer que « les coûts associés à la réduction des émissions sont souvent bien moindres dans d'autres secteurs [que celui des transports] »[155].

QUELLES PERSPECTIVES ?

La question de l'évaluation du bilan des biocarburants

De nombreux travaux et recommandations visant à améliorer le bilan de la production de biocarburants reposent sur la mise au point et l'utilisation de mécanismes performants d'évaluation de ce bilan, souvent par le biais de critères de durabilité. Si une telle démarche est aujourd'hui nécessaire, elle doit s'accompagner d'une évolution importante en terme de communication : il est en effet capital de cesser d'évoquer « le bilan des biocarburants » pour parler de celui de chaque filière ; une filière se définissant au minimum par :

- Une ressource, caractérisée par une origine géographique et les techniques (notamment agricoles) employées pour l'obtenir ;
- Un ensemble de procédés de transformation, ainsi que leur lieu d'implantation ;
- Et enfin un mode et un lieu de consommation.

Chacun de ces trois points est en effet susceptible d'influer fortement sur le bilan du carburant alternatif produit ; ne pas en tenir compte disqualifie toute analyse de ce bilan.

La méthodologie ACV[156], largement utilisée pour l'évaluation du bilan de la production de biocarburants en terme de développement durable, constitue sans doute la principale source de divergences entre les grandes études parues. Sa mise en œuvre suppose en effet la définition d'un certain nombre d'hypothèse ainsi que des choix méthodologiques pouvant

[155] **OCDE** (2008). *Évaluation économique des politiques de soutien aux biocarburants. Résumé*. OCDE, 8 p., p. 7.
[156] ACV : Analyse de Cycle de Vie.

différer selon les auteurs, et trop souvent occultées au moment de l'interprétation des résultats. Si des progrès peuvent sans doutes être faits pour adapter ou mieux utiliser la méthodologie ACV pour l'évaluation du bilan de biocarburants, cet outil à lui seul ne peut pas tout : les différents impacts ne pourront être tous intégrés, et surtout aucun résultat final, aussi abouti soit-il, ne peut ni ne doit se substituer à une prise de décision informée et discutée (cf. 2.2.2.b).

Qu'espérer enfin des travaux sur la certification des biocarburants ? Ils rencontrent de nombreuses difficultés : tant pour la définition de critères réellement efficaces et mesurables, ne générant pas d'effets pervers, que pour la vérification de leur respect. Enfin ils risquent de contribuer à l'émergence d'un double marché : celui des carburants certifiés d'un côté, et celui des autres, ce dernier continuant à produire des impacts négatifs et risquant de rendre le système contre-productif.

Qu'espérer des technologies futures ?

Si le bilan des biocarburants de première génération est de plus en plus universellement contesté, les filières de seconde voire troisième génération cristallisent nombre d'espoirs d'amélioration. Il importe cependant de ne pas réitérer les mêmes erreurs et excès : la nouvelle technologie capable, dans les délais qui nous sont aujourd'hui imposés, de se substituer aux énergies fossiles et de solutionner la crise énergétique, climatique et environnementale à laquelle nous faisons face, reste une chimère.

Les biocarburants de seconde génération par exemple seront eux aussi consommateurs de surfaces, pour la plupart, et risquent ainsi d'ajouter à certains des problèmes posés par les biocarburants de première génération (pollutions agricoles, concurrence pour les sols, etc.). Or même s'ils rendent possible le recours à des terres dégradées ou moins intéressantes pour l'agriculture vivrière et l'élevage, quelles seront les garanties pour que ces terres soient bien celles utilisées en priorité, notamment en l'absence d'éléments incitatifs ? Par ailleurs de manière générale, un important problème de maturité technologique et économique subsiste pour la plupart de ces nouvelles filières de production.

Au final, au vu d'une part des potentiels de production caractérisant les différentes filières et d'autre part des tendances en terme de besoins en carburants pour les transports, il semble aujourd'hui indispensable, urgent et prioritaire d'accompagner ces plans de développement des carburants alternatifs par un important travail portant sur la demande, et ce via :

- Des politiques volontaires de soutien aux économies d'énergie, aujourd'hui parent pauvre des politiques écologiques françaises et communautaires ;
- La conception et le développement de modes de transport et de véhicules sobres en énergies ;
- Une réflexion approfondie sur les modes de transport et de déplacement ainsi que sur l'aménagement du territoire, de manière à réellement infléchir les tendances actuelles en matière de transport.

Conclusion du chapitre 1

L'agriculture, support de l'alimentation et de l'activité économique, est depuis le Néolithique au cœur des enjeux de santé, de dignité et de survie humaine. Si, avec la révolution industrielle, ces enjeux ont perdu de leur importance pour une partie de l'humanité, l'alimentation devenant un acquis, l'accès à l'alimentation une évidence, la vie d'un très grand nombre d'êtres humains est toujours régie par la production agricole. Depuis la seconde moitié du 20ème siècle et la généralisation des pratiques culturales intensives – fortement mécanisées et dépendantes de la pétrochimie, grandes consommatrices d'eau, de sols et d'intrants – après des millénaires de fonction protectrice et nourricière, l'agriculture est devenue tout à la fois victime et menace pour l'environnement et la santé humaine.

L'agriculture est aujourd'hui objet d'intérêt pour de nombreux projets industriels, dépassant largement le cadre de la production agro-alimentaire et motivés par le besoin qu'a l'industrie de répondre elle aussi aux enjeux du développement durable. Le recours à des ressources végétales en lieu et place de substances minérales, permettant de substituer des molécules de carbone fossile par des molécules de carbone organique, est ainsi au cœur des activités agro-industrielles. Bien qu'ils aient suscité un très large engouement du fait des perspectives d'innovations qu'ils laissent entrevoir, les projets de valorisations industrielles d'agro-ressources ne s'affranchissent toutefois pas des enjeux auxquels l'agriculture et l'industrie font aujourd'hui face. Avant que des décisions peu réversibles en terme de choix technologiques ne soient prises, ces nouvelles filières encore à l'aube de leur développement ont besoin d'outils pour identifier les itinéraires et les techniques permettant de répondre le plus efficacement possibles aux enjeux du développement durable. La définition et l'usage d'outils d'aide à la décision spécifiques en matière de développement durable est en ce sens un objectif essentiel, auquel nous allons tenter de répondre dans la suite de ces travaux.

Chapitre 2. Analyser et évaluer la durabilité : étude d'approches et de questions méthodologiques

2.1 LES INDICATEURS DE DEVELOPPEMENT DURABLE COMME OUTILS D'AIDE A LA DECISION POUR L'ANALYSE ET L'EVALUATION DE LA DURABILITE : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE.

> « Changing indicators can be one of the most powerful and at the same time one of the easiest ways of making system changes » (Meadows 1998).

Les indicateurs de développement durable sont aujourd'hui des instruments courants pour nombre de gestionnaires, décideurs et communicants, auxquels même le grand public commence à être habitué[157]. L'appellation « indicateurs de développement durable » recouvre cependant une grande variété d'outils, d'usages et d'approches. Construire des indicateurs de développement durable nécessite de se pencher sur la diversité des travaux menés depuis les années 1990, qui ont permis de dégager des principes et des règles pour cette construction. Un des points essentiels est que ces indicateurs ne trouvent d'intérêt que lorsqu'ils ont été conçus et développés en vue de répondre à des objectifs correctement ciblés.

2.1.1 Des indicateurs pour le développement durable : définitions et origines

2.1.1.a Définition et caractéristiques des indicateurs de développement durable

DEFINITIONS

Qu'est-ce qu'un indicateur de développement durable ? De nombreuses approches peuvent être trouvées dans la littérature, mais deux définitions se rencontrent aujourd'hui fréquemment : celle de Boulanger et celle de l'OCDE. Boulanger considère qu'un indicateur

[157] « Indicators are natural, everywhere, part of everyone's life » **Meadows, D.** (1998). *Indicators and information systems for sustainable development*. Balaton Group, 95 p., p. 12.

est « une variable observable utilisée pour rendre compte d'une réalité non observable »[158] ; en matière de développement durable, ces réalités non observables sont nombreuses. L'OCDE de son côté estime qu'un indicateur est « [un] facteur ou [une] variable, de nature quantitative ou qualitative, qui constitue un moyen simple et fiable de mesurer et d'informer des changements liés à l'intervention ou d'aider à apprécier la performance d'un acteur du développement »[159]. Difficile ensuite d'aller plus loin en termes de définitions sans s'appuyer sur un secteur, une activité, une organisation, en clair un contexte ; or les indicateurs de développement durable recouvrent aujourd'hui une immense diversité de travaux et de sujets d'application. Il est cependant intéressant d'essayer de définir les indicateurs de développement durable plutôt par ce qu'ils apportent que par ce qu'ils sont. Cela permet rapidement de les différencier des statistiques par exemple : les statistiques sont des instruments d'observation et de restitution de la réalité ; et si les indicateurs les utilisent, c'est pour apporter davantage de sens. Les indicateurs confèrent à des données une signification dépassant les simples paramètres étudiés, pour proposer une image simplifiée ou mieux compréhensible de la réalité. Ils s'appuient sur des statistiques ou des données et les mettent en valeur parce qu'elles sont significatives au regard d'un problème donné, et qu'ils ambitionnent de faciliter leur compréhension[160]. Un indicateur n'est jamais neutre : il traduit des observations en informations en leur donnant du sens, afin qu'elles puissent être comprises et intégrées dans l'activité de l'utilisateur pour lequel l'indicateur a été conçu[161]. A ce stade il est également essentiel de parler de valeurs : celles qu'une société ou une organisation se donne, et que les indicateurs intègrent, mais aussi celle que les indicateurs apportent, par l'analyse qu'ils permettent de faire[162].

[158] **Boulanger, P.-M.** (2005). *Les indicateurs de développement durable : un défi scientifique, un enjeu démocratique*. Chaire développement durable EDF - Ecole Polytechnique, 27 p.

[159] **OCDE** (2002). *Glossaire des principaux termes relatifs à l'évaluation et la gestion axée sur les résultats*, OCDE. 40 p.

[160] Pingault et Préault proposent la même analyse : « un indicateur […] est un indice qui permet de révéler la présence, l'étendue ou l'évolution d'un phénomène, d'une situation, d'un enjeu. Construits à partir de données brutes, les indicateurs permettent de faire ressortir, sous une forme synthétique, un ou plusieurs traits marquants d'une réalité complexe que l'on chercher à appréhender ou à faire évoluer ». **Pingault, N. et B. Préault** (2007). *Indicateurs de développement durable : un outil de diagnostic et d'aide à la décision. Notes et études économiques n°28*. Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, pp. 7-43, p. 17.

[161] **Zaccaï, E. et T. Bauler** (à paraître). *Indicateurs pour un développement durable*. *Dictionnaire du Développement Durable belge*, IDD**:** p. 8.

[162] « Indicators arise from values (we measure what we care about), and they create values (we care about what we measure) ». **Meadows, D.** (1998). *Indicators and information systems for sustainable development*. Balaton Group, 95 p., p.12.

Les indicateurs sont donc de puissants outils de formalisation, aujourd'hui largement dominants parmi les outils de management et qui permettent de représenter, de manière nécessairement orientée, des phénomènes complexes. Tout indicateur ne sera jamais qu'une représentation de la réalité, forcément porteuse de subjectivité, ce qui en fait de potentiels outils de manipulation intellectuelle : « Indicators can be tools of change, learning, propaganda. Their presence, absence, or prominence affect behavior »[163].

DEUX TYPES D'USAGES

Les indicateurs de développement durable sont des outils capables de répondre à différents usages, qu'il est nécessaire d'identifier au préalable. L'échelle d'application (quelle est l'échelle du phénomène étudié ?), le public visé et ses besoins (à qui s'adressent les indicateurs ? pourquoi en ont-ils besoin ?) sont deux points particulièrement importants[164]. Le tableau suivant nous donne un aperçu de la diversité des usages possibles :

Echelle	Usages possibles
Planète	Mesurer la soutenabilité globale
	Mesurer les impacts environnementaux globaux
	Comparer les pays selon leurs impacts environnementaux
	Mesurer le bien-être social global
	Comparer les pays selon leur bien-être social
	Communiquer auprès du grand public
Pays	Mesurer la soutenabilité nationale
	Mesurer les impacts environnementaux dûs au pays
	Mesurer le bien-être social national
	Aider aux décisions publiques liées à l'environnement
	Aider aux décisions publiques liées au social
	Communiquer auprès du public national
Région / Collectivité territoriale	Mesurer la soutenabilité régionale
	Mesurer les impacts environnementaux dûs à la région
	Mesurer le bien-être social régional
	Aider aux décisions publiques liées à l'environnement
	Aider aux décisions publiques liées au social
	Communiquer auprès du public régional
Entreprise	Mesurer les impacts environnementaux de l'entreprise
	Aider aux décisions managériales liées à l'environnement
	Sensibiliser les salariés
	Communiquer aux parties prenantes (clients, fournisseurs,..)
Produit	Mesurer les impacts environnementaux d'un produit
	Aider aux décisions liées à l'impact environnemental du produit
	Communiquer auprès des usagers du produit
Individu	Sensibiliser aux enjeux environnementaux
	Aider à agir au niveau environnemental
	Sensibiliser aux enjeux sociaux

Tableau n°3 Différents usages possibles pour les indicateurs de développement durable[165].

[163] **Meadows, D.** (1998). *Indicators and information systems for sustainable development*. Balaton Group, 95 p.
[164] « An indicator is useful only if it carries its information to a mind prepared to receive it, educated to its terms and units of measurement, and actively engaged with the system illuminated by that indicator ». Ibid.
[165] **Thouvenot, T.** (2007). *Newsletter empreinte écologique. Dossier spécial : les indicateurs de développement durable*. WWF, 13 p.

En analysant l'ensemble des travaux de construction d'indicateurs de développement durable, deux usages se dégagent : le traitement de l'information pour l'aide à la décision d'une part, et pour la communication et la sensibilisation d'autre part. Dans le premier cas, les indicateurs s'adressent aux décideurs et aux acteurs du développement durable. Leur mission est de leur apporter une information qui leur sera utile, et ce dans plusieurs cas :

- Pour définir des stratégies, des orientations ou des objectifs à plus ou moins long terme ;
- Pour comparer des données dans le temps (pour suivre l'évolution des caractéristiques d'un système ou l'avancement d'une action) ou dans l'espace (pour comparer les performances de différents systèmes) ;
- Pour évaluer les résultats d'une action et suivre l'évolution de son contexte.

Qu'il s'agisse d'aide à la décision ou de communication, les indicateurs se retrouvent donc au centre de deux processus d'importance cruciale et grandissante. Le pôle de compétitivité Industrie et Agro-Ressources, en tant que décideur et acteur d'un territoire, trouvera bien évidemment un intérêt à utiliser de tels outils, et à tirer profit des deux types d'usages.

CARACTERISTIQUES

Les indicateurs, et en particulier les indicateurs de développement durable, se répartissent en deux grandes familles : les indicateurs ou variables « simples » et les indicateurs composites, dits encore « indices synthétiques », qui s'obtiennent en agrégeant des indicateurs simples[166]. Les indicateurs composites connaissent un grand succès, mais restent l'objet de nombreuses critiques. Les indicateurs simples sont quant à eux utilisés par « batteries », regroupées dans des listes appelées « bilans » ou « tableaux de bord », qui intègrent parfois eux-mêmes un ou deux niveaux d'agrégation permettant de calculer des indices synthétiques. On leur reproche leur opacité et leur complexité. Le débat indicateur simple versus indice synthétique est instructif ; il mérite que l'on s'y arrête et sera approfondi plus loin dans ce chapitre.

Il faut également rappeler que les indicateurs de développement durable ne sont pas toujours quantitatifs. C'est une différence importante par rapport aux indicateurs purement économiques : n'en déplaise à certains économistes, tous les phénomènes environnementaux et sociaux ne peuvent être décrits par des chiffres. Au-delà, s'ouvrir aux informations non

[166] Ce sont alors des fonctions de variables.

chiffrées pour comprendre un phénomène enrichira considérablement la vision que l'on en aura[167].

Construire un « bon » indicateur de développement durable nécessite enfin de prendre en compte un certain nombre de critères : pertinence, spécificité, fiabilité, précision…Ces critères seront détaillés plus loin dans ce chapitre.

2.1.1.b Origines des indicateurs de développement durable

L'usage des indicateurs de développement durable a commencé à se répandre largement au cours des années 1990. L'impulsion de l'« Agenda 21 »[168] et du Sommet de Rio en 1992 fut déterminante pour leur développement. Les indicateurs de développement durable s'inscrivent cependant dans une perspective historique plus longue : celle des indicateurs sociaux.

L'IMPULSION DE L'AGENDA 21

« Action 21 » en français, l'Agenda 21 fut ratifié et adopté par les chefs d'État et de gouvernements de 179 pays présents au Sommet de la Terre de Rio de Janeiro, en juin 1992. Conçu comme un guide complet pour la mise en œuvre du développement durable au 21ème siècle, sa vocation ambitieuse est à la hauteur de la prise de conscience mondiale qui marqua cette conférence internationale, et plus généralement le tournant des années 1990.

Le désormais célèbre rapport Brundtland, « Notre avenir à tous »[169], publié en 1987 par la Commission mondiale sur l'environnement et le développement, présidée par la ministre Norvégienne Gro Harlem Brundtland, consacra le concept et la définition « officielle » du développement durable[170]. Restait à se doter d'outils pour le mettre en œuvre. Cinq ans après, à Rio, la communauté internationale adoptait :

[167] « Indicators can take many forms. They don't have to be numbers. They can be signs, symbols, pictures, colors. […] "Subjective indicators" are worthy of respect, however hard they may be to define. The fact that people consider something ugly or beautiful, harmonious or dissonant, noble or ignoble, is not to be swept away as "mere opinion" » **Meadows, D.** (1998). *Indicators and information systems for sustainable development*. Balaton Group, 95 p., p.38.

[168] **ONU**, *Agenda 21*. ONU, http://www.un.org/esa/sustdev/documents/agenda21/french/action0.htm, accès: octobre 2006.

[169] **Brundtland, G. H.** (1987). *Our Common Future*. United Nations, 318 p.

[170] Le développement durable est alors un mode de développement « qui permet de satisfaire les besoins du présent sans compromettre la possibilité pour les générations futures de satisfaire les leurs »

- Les vingt-sept principes de la Déclaration de Rio sur l'environnement et le développement, censés aider à orienter l'action internationale sur la base de la responsabilité environnementale et économique (cf. Annexe 5) ;
- La Convention sur la diversité et les risques biologiques, complétée plus tard par le protocole de Carthagène ;
- La Convention cadre sur les changements climatiques, complétée en 1997 par le protocole de Kyoto ;
- La Déclaration sur les principes de gestion des forêts ;
- Les 2500 recommandations de l'Agenda 21.

En 40 chapitres répartis dans 4 sections, l'Agenda 21[171] reprend les vingt-sept principes d'actions proposés par la Déclaration de Rio et définit les objectifs et les moyens d'exécution correspondants, à mettre en œuvre jusqu'au 21ème siècle. Ce vaste programme a d'emblée une vocation d'universalité : il prévoit l'implication de tous les gouvernements, institutions du développement, organismes des Nations Unies et secteurs indépendants, dans tous les domaines où l'activité humaine affecte l'environnement ; en outre, il est applicable au niveau national, régional et local. Le quarantième et dernier chapitre de l'Agenda 21, intitulé « L'information pour la prise de décision », concerne en particulier les indicateurs de développement durable. Il cerne le problème posé par l'information dans le cadre du développement durable :

> « […] chacun est un utilisateur et un fournisseur d'informations, au sens large. Il faut entendre par là des données, des renseignements, des expériences présentées de façon appropriée et des connaissances. **Le besoin d'informations se fait sentir à tous les niveaux**, du niveau national et international chez les principaux décideurs au niveau local et à celui de l'individu ».

Pour faire face à ce besoin grandissant d'informations et surtout « veiller à ce que les décisions soient de plus en plus fondées sur des informations correctes », deux objectifs sont proposés : « l'élimination du fossé qui existe en matière d'information, et l'amélioration de l'accès à l'information ». Pour les atteindre, une série de principes d'actions, d'objectifs, d'activités et de moyens d'exécution sont proposés. Le paragraphe 40.4 préconise alors l'élaboration d'indicateurs de développement durable, pour pallier aux lacunes présentées par les outils de mesure traditionnels et soutenir la prise de décision :

> « Les indicateurs courants tels que le produit national brut (PNB) […] ne permettent pas d'évaluer la durabilité des systèmes. Les méthodes d'évaluation des interactions entre les divers paramètres de l'environnement, de la démographie, de la société et du développement ne sont pas suffisamment développées et appliquées. **Il faut donc élaborer des indicateurs du développement durable afin qu'ils constituent une base utile pour la prise de décisions à tous les niveaux** et contribuent à la durabilité autorégulatrice des systèmes intégrés de l'environnement et du développement. »

Mais comment produire de l'information réellement utile et utilisable pour la décision ? Pour faire face à cette épineuse question, le paragraphe 40.22 recommande la création et le renforcement d'organisations et de mécanismes dédiés :

> « Les pays et les organisations internationales doivent revoir et renforcer, aux niveaux local, provincial, national et international, les systèmes et services d'information dans les secteurs liés au développement durable. […] Il y a lieu de **créer des mécanismes qui permettent de convertir les évaluations scientifiques et socio-économiques en une information utilisable dans la planification et dans l'information** et renforcer les mécanismes qui existent déjà.»

Ces recommandations restent cependant encore peu précises et laissent de nombreuses questions à en suspens[172] : l'Agenda 21 montre la voie vers les indicateurs de développement durable, mais le chemin n'est pas tout tracé. Dès lors, ces recommandations ouvertes donnèrent lieu à de multiples approches et tentatives, comme en témoigne la diversité des initiatives de construction d'indicateurs de développement durable présentées plus loin dans ce chapitre.

L'HERITAGE DU MOUVEMENT DES INDICATEURS SOCIAUX

L'influence de l'Agenda 21 à partir des années 1990 a été déterminante pour le développement des indicateurs de développement durable. Ceux-ci s'inscrivent cependant dans une perspective historique plus longue : celle du développement de l'usage des indicateurs, puis des indicateurs sociaux.

[171] Cf. **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** pour consulter le sommaire détaillé de l'Agenda 21.

[172] « Plusieurs questions restent ouvertes, auxquelles l'Action 21 nous laisse le soin de répondre. Quels sont ces groupes d'utilisateurs ? Quelles sont ces formes jugées plus utilisables pour la prise de décision dans lesquelles l'information doit être convertie ? Comment la convertir en vue d'une utilisation dans la prise de décisions ? Quels sont les secteurs liés au développement durable ? »**Boulanger, P.-M.** (2005). *Les indicateurs de développement durable : un défi scientifique, un enjeu démocratique*. Chaire développement durable EDF - Ecole Polytechnique, 27 p., p.2.

D'abord conçus et utilisés pour la recherche en sociologie, les indicateurs cherchent à traduire des concepts théoriques en variables observables pour valider des hypothèses scientifiques. En 1958, Lazarsfeld met en évidence les étapes de la traduction des concepts en indices, toujours d'actualité pour la construction des indicateurs de développement durable :

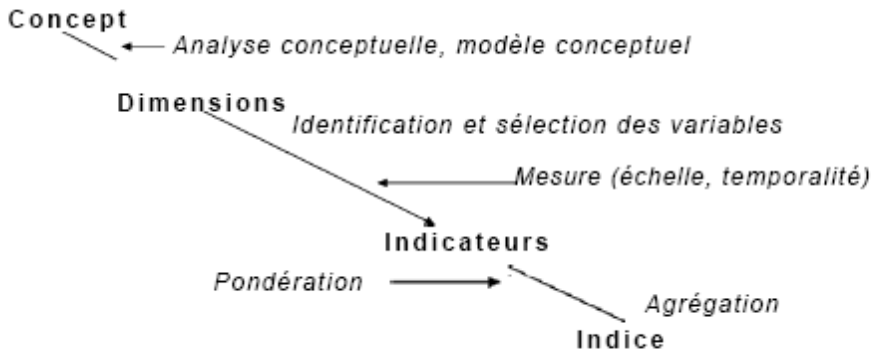


Figure n°15 « Du concept aux indices » : les étapes de la construction d'un indice, proposées par P. Lazarsfeld en 1958 (Boulanger 2005).

Le terme « indicateurs sociaux » apparaît peu après, alors que les indicateurs s'ouvrent à un champ plus large : celui des politiques publiques. Le « mouvement des indicateurs sociaux » naît sous l'influence du rapport « Social Indicators » paru en 1966[173] ; il se diffuse largement aux Etats-Unis et en Europe, témoignant d'une volonté forte de contrebalancer l'influence de la quantification économique sur les politiques publiques. Ce mouvement prend en quelque sorte sa source dans ce qu'il est aujourd'hui convenu d'appeler « la critique du PIB[174] ». Plus que jamais d'actualité[175], cette critique dénonce l'omniprésence de l'indicateur mesurant les variations du PIB dans les médias, les discours et les préoccupations politiques, et surtout son utilisation abusive mais récurrente en tant qu'indicateur de bien-être, de développement ou de progrès social. Les insuffisances de cet indicateur face à une telle ambition sont pourtant comprises depuis longtemps : elles découlent simplement du fait que cet indicateur n'a été conçu que pour mesurer la croissance économique, en aucun cas la réussite, le bien-être ou le

[173] **Bauer, R. A., A. Biderman, et al.** (1966). *Social Indicators*, MIT Press. 380 p.

[174] Le PIB, ou Produit Intérieur Brut, « correspond à la somme des valeurs des biens et des services issu de la production d'unités résidant à l'intérieur d'un territoire, et qui sont disponibles pour des emplois finals (la consommation, la formation de capital, l'exportation, la constitution des stocks). Il ne comprend pas les biens et services intermédiaires exigés par ces productions : c'est en ce sens qu'il correspond à une somme de « valeurs ajoutée ». » **Coméliau, C.** (2006). *La croissance ou le progrès? Croissance, décroissance, développement durable*. Paris, Seuil. 312 p.

[175] En France, début 2008, dans un contexte où les revendications relatives au pouvoir d'achat s'intensifient, le président de la République demanda aux Prix Nobels d'économie Joseph Stiglitz et Amartya Sen de créer une commission pour travailler sur de nouvelles mesures de la richesse, après avoir déclaré que l'indice du PIB était inapte à représenter les évolutions économiques et sociales, et qu'il était urgent d'élaborer d'autres indicateurs de croissance.

progrès[176]. Cet usage détourné génère des effets pervers observables : certains évènements aux conséquences sociales et environnementales néfastes peuvent sembler bénéfiques pour une économie nationale, dès lors qu'elle est analysée au travers du prisme du PIB. On parle de « l'effet Kobe »[177], en référence à l'impact très positif de ce tremblement de terre sur les variations du PIB japonais, grâce à l'activité économique générée par la reconstruction et en dépit d'immenses pertes humaines et matérielles.

Dans les années 70, ce constat de l'insuffisance des outils de mesure traditionnels conduit à la recherche de nouveaux indicateurs, capables de remplacer ou de compléter, pour le contrebalancer, le PIB en tant qu'outil de pilotage tout-puissant. Les indicateurs sociaux s'attachent alors à la mesure et au pilotage du développement social[178], et deviennent normatifs : ils doivent aider les sociétés à suivre les valeurs et atteindre les idéaux qu'elles se fixent[179]. Mais suite aux crises pétrolières de 1973 et 1979, le mouvement des indicateurs sociaux et le projet de « pilotage rationnel du progrès social » déclinèrent progressivement, entraînant avec eux la notion d'indicateur social.

Les indicateurs sociaux reparurent cependant récemment, cette fois-ci dans le cadre de la mesure du bien-être et du développement humain. Perret replace dans ce contexte les apports philosophiques et théoriques successifs d'Arrows (théorème d'impossibilité, 1951), de Sen (en particulier sur la nouvelle économie du bien-être), de Rawls (théorie de la justice, 1971) et de Walzer (Sphères de justice, 1997). Il met en évidence la nécessité désormais de « faire des indicateurs sociaux et du reporting social des vecteurs d'un enrichissement du débat public ». On retrouve, à la base de ce renouveau des indicateurs sociaux, la contestation de l'utilisation

[176] L'économiste français Christian Coméliau, dans son ouvrage « La croissance ou le progrès ? » s'est longuement penché sur cet usage abusif de l'indicateur du PIB, symptomatique d'une croissance économique érigée en but ultime, fascinant les sociétés et leurs dirigeants. **Coméliau, C.** (2006). *La croissance ou le progrès? Croissance, décroissance, développement durable*. Paris, Seuil. 312 p. Jean Gadrey revient également sur ce débat au début d'un article présenté en 2002 (**Gadrey, J.** (2002). *De la croissance au développement : à la recherche d'indicateurs alternatifs*. Séminaire DARES, Paris.).

[177] **Boutaud, A.** (2003). *Fracture sociale, fracture écologique : la Terre est malade… et si on changeait de thermomètre ?* WWF, 19 p.

[178] « Dans l'esprit de leurs promoteurs, les indicateurs sociaux devaient constituer un outil de pilotage du développement social dont le rôle aurait été comparable à celui de la comptabilité nationale pour la croissance économique » **Perret, B.** (2002). *Indicateurs sociaux. Etat des lieux et perspectives*. Conseil de l'Emploi, des Revenus et de la Cohésion sociale, 37 p., p. 3.

[179] « La référence aux normes et aux valeurs est inscrite d'emblée dans la définition que donne Bauer des indicateurs sociaux : ″statistics, statistical series, and all other forms of evidence that enable us to assess where we stand and are going with respect to our values and goals.″ (Bauer et al., 1966, p.1) » **Boulanger, P.-M.** (2005). *Les indicateurs de développement durable : un défi scientifique, un enjeu démocratique*. Chaire développement durable EDF - Ecole Polytechnique, 27 p., p.3.

des seuls critères économiques comme instruments de pilotage social, et de mesure du bon état d'une société.

Les indicateurs de développement durable, développés suite à la conférence internationale de Rio en 1992, sont fortement liés aux indicateurs sociaux tels qu'ils sont développés actuellement. Pour Perret, les indicateurs de développement durable et les indicateurs sociaux sont aujourd'hui deux champs distincts, ce qui n'interdit toutefois pas « les recouvrements et les articulations »[180]. On peut aller plus loin et affirmer que les indicateurs sociaux sont un véritable sous-ensemble des indicateurs de développement durable, même si l'apparition de ces derniers leur est chronologiquement postérieure. « Développement » et « durabilité[181] » ou plus exactement « soutenabilité » sont les deux préoccupations auxquelles se sont attachés les nouveaux indicateurs sociaux et les indicateurs environnementaux : les indicateurs de développement durable sont aujourd'hui nécessaires pour intégrer et prolonger ces travaux[182].

2.1.2 Un aperçu de la diversité des approches en matière de construction d'indicateurs de développement durable

Les indicateurs de développement durable sont aujourd'hui des outils incontournables du management, de l'analyse et de l'évaluation de l'état et des performances des organisations au regard des enjeux du développement durable. Le développement durable se décline à n'importe quelle dimension et échelle ; or les indicateurs s'adaptent à des entreprises, des organismes ou des secteurs industriels entiers, mais aussi des institutions et des territoires plus ou moins vastes : villes, régions, bassins versants, Etats, etc. Leur champ d'application est en réalité illimité. Ils ont déjà été largement utilisés, à de très nombreuses reprises et à tous niveaux d'échelles, et font aujourd'hui l'objet d'une littérature internationale très riche. Construire des indicateurs de développement durable suppose de définir quelques pré requis et de tenir compte d'un certain nombre de principes : quelle est la définition du

[180] **Perret, B.** (2002). *Indicateurs sociaux. Etat des lieux et perspectives*. Conseil de l'Emploi, des Revenus et de la Cohésion sociale, 37 p., p.29.

[181] Pour Boulanger, la durabilité est « l'efficience généralisée au nom de l'équité intergénérationnelle », et l'efficience elle-même est le niveau de développement atteint, rapporté aux ressources qui auront été consommées pour ce faire. Paul-Marie Boulanger, conférence « Les mardis de 4D » : « Richesses et développement durable : mesurer quoi pour aller où ? », Paris, le 24 avril 2007.

[182] « Development and sustainability are old problems; now they come together on a global scale and in an urgent time frame. Sustainability indicators must be more than environmental indicators; they must be about time and/or thresholds. Development indicators should be more than growth indicators; they should be about efficiency, sufficiency, equity, and quality of life. » **Meadows, D.** (1998). *Indicators and information systems for sustainable development*. Balaton Group, 95 p., p. 12.

développement durable qui sous-tend la construction ? Selon quels critères doit-on sélectionner les indicateurs ? Faut-il construire des indices agrégés ou privilégier les batteries d'indicateurs ?

2.1.2.a Les indicateurs de développement durable reposent sur une vision du développement durable

DEFINIR LE DEVELOPPEMENT DURABLE : UNE PREMIERE ETAPE INCONTOURNABLE

Construire des indicateurs de développement durable nécessite avant toute chose de bien cerner leur portée, leur public et leur usage. Immédiatement après vient une étape plus cruciale encore, parfois négligée : définir le développement durable. Si l'expression fait aujourd'hui partie du vocabulaire courant, il n'en reste pas moins que bien souvent, chacun ou presque a sa propre façon de la définir. Les travaux présentés ici reposent sur des définitions qui, si elles font souvent consensus, génèrent cependant toujours de longues discussions dès lors qu'il s'agit d'en expliciter toutes les composantes et leur importance respective. Cette diversité résulte de nos valeurs, de notre façon de voir et comprendre le monde. Elle est à la fois logique et souhaitable, source d'enrichissement de la compréhension collective des enjeux, des systèmes qui nous entourent et de leurs mécanismes.

Selon la vision que l'on a du développement durable, les indicateurs choisis pour analyser un système pourront être très différents : ils seront directement fonction de notre façon de concevoir le développement durable. Définir et expliciter cette vision doit donc rester la première étape de tout processus de construction d'indicateurs de développement durable : en faire l'économie signifie prendre le risque de construire des outils inadaptés, non pertinents ou inefficaces. On retrouve ici les principes proposés par Lazarsfeld en 1958 : construire des indicateurs puis des indices nécessite d'abord de définir le concept que l'on souhaite opérationnaliser, ainsi que ses dimensions (cf. Figure n°15). Ce faisant, cette construction acquiert elle-même une dimension politique : les indicateurs choisis reflètent les normes, les valeurs, les objectifs que l'on attribue au système analysé.

Le DD est un concept évolutif, sans doute encore en construction, et ce depuis la définition fondatrice du rapport Brundtland[183]. Ces évolutions ont évidemment influencé les travaux sur les indicateurs : le choix d'un organisme ou d'un pays de suivre telle approche pour élaborer un système d'indicateurs est à replacer dans son contexte historique. A l'inverse, il est également possible que l'avancement des travaux sur les indicateurs de DD ait influencé l'évolution du concept du DD, au gré des résultats obtenus grâce à des indicateurs.

Van de Kerk et Manuel par exemple, dans leurs récents travaux de construction d'un index de société durable[184], mais aussi Barrera-Roldán et Saldívar-Valdés, qui proposent un indice de développement durable pour le Mexique[185], prennent le temps de s'arrêter sur cette première étape et de préciser leur conception des dimensions du développement durable.

LES GRANDS TYPES D'APPROCHE

Que cette première étape de la définition du développement durable et de ses dimensions soit explicitée ou non, tous les travaux de construction d'indicateurs de développement durable reposent sur une approche identifiable. Il est possible de distinguer plusieurs tendances : Boulanger identifie quatre grands types d'approches, qui correspondent à autant de paradigmes pour le développement durable : « les secteurs (ou systèmes) socio-naturels, les ressources, les hommes, les normes ». Il analyse également que les indicateurs sélectionnés peuvent mettre plutôt l'accent sur la composante du développement, ou sur celle de la durabilité[186]. Les principaux travaux nationaux ou internationaux adoptent des approches multiples, pour des raisons pratiques ou théoriques.

L'approche sectorielle

L'approche sectorielle, qui consiste à définir le développement durable comme un ensemble (ou une juxtaposition) de secteurs, est la plus consensuelle et la plus utilisée.

[183] Notamment parce que ce rapport, qui constitue certes un travail collectif, est le fruit de compromis diplomatiques. En ce sens, il n'est pas rare de trouver certains passages du rapport en parfaite contradiction avec d'autres passages.

[184] **Van de Kerk, G. et A. R. Manuel** (2008). *A comprehensive index for a sustainable society: The SSI -- the Sustainable Society Index*. Ecological Economics **66**(2-3): p. 228-242.

[185] **Barrera-Roldan, A. et A. Saldivar-Valdes** (2002). *Proposal and application of a Sustainable Development Index*. Ecological Indicators **2**(3): p. 251-256.,

[186] **Boulanger, P.-M.** (2005). *Les indicateurs de développement durable : un défi scientifique, un enjeu démocratique*. Chaire développement durable EDF - Ecole Polytechnique, 27 p.

Dans sa version la plus classique, les secteurs ou dimensions du développement durable sont les fameux « trois piliers » : le pilier économique, le pilier environnemental et le pilier social. La durabilité recherchée est alors conçue comme un équilibre entre les trois[187]. Cette approche recouvre cependant deux conceptions de la durabilité[188] :

- Une conception forte selon laquelle « la durabilité d'un mode de développement devrait s'apprécier conjointement en termes de durabilité économique, de durabilité sociale et de durabilité environnementale » ;
- Une conception faible, dans laquelle « un développement est durable s'il est prospère, si cette prospérité est répartie équitablement dans la population et si elle est « respectueuse » de l'environnement » et qui, par rapport à la conception forte, « fait l'économie des conditions de durabilité au sein de chacune des dimensions et se contente de postuler qu'un développement est nécessairement durable s'il prend en considération les trois dimensions »[189].

Cette approche, le plus souvent prise dans son acceptation « faible », débouche sur des listes d'indicateurs répartis en trois tableaux de bord, un pour chaque « pilier » du développement durable. Elle souffre de nombreuses faiblesses : un fort risque d'insignifiance, revers de la médaille du large consensus qu'elle provoque, une distinction parfois floue entre les trois secteurs, et des indicateurs peu transversaux : l'analyse des phénomènes aux frontières ou à l'intersection des trois piliers est difficile. Or en matière de développement durable, ce sont bien souvent les phénomènes multidimensionnels qui ont le plus besoin d'être « décortiqués ». Parmi les travaux sur les indicateurs qui adoptent la structure par piliers, nombreux sont ceux qui la combinent avec une approche par enjeux (dite aussi thématique) : les piliers sont eux-mêmes détaillés en sous dimensions, correspondant aux enjeux propres au système étudié en matière de développement durable. C'est le cas notamment des travaux de l'ONU (cf. encadré pages suivantes).

[187] Les trois piliers sont parfois complétés par un quatrième : le pilier « institutionnel » ou « gouvernance », qui se réfère aux aspects politiques du champ social. Selon Boulanger, la dimension du développement est absente de cette approche.

[188] **Boulanger, P.-M., P.-Y. Thomas, et al.** (2003). *Mesurer le développement durable en Belgique : quels rôles pour les processus participatifs ?* IDD, CDO, 167 p.

[189] La distinction entre soutenabilité forte et soutenabilité faible s'exprime plus classiquement en terme de substituabilité entre capital naturel et capital produit ; une substituabilité quasi totale étant signe d'une soutenabilité faible, tandis qu'une substituabilité très limitée implique une conception très forte de la soutenabilité. Nous y reviendrons plus loin. Voir à ce sujet la typologie détaillée de la soutenabilité proposée par A. Dobson, que J. Theys présente sous la forme d'une grille. **Theys, J.** (1997). *A la recherche du développement durable : un détour par les indicateurs. Le développement durable, de l'utopie au concept. De nouveaux chantiers pour la recherche*. M. Jollivet**:** p. 269-279. (p.274).

Les indicateurs de développement durable de l'ONU

Suite à la conférence internationale de Rio en 1992 et à la parution de l'Agenda 21, de nombreuses initiatives d'élaboration d'indicateurs de développement durable virent le jour, à des échelles nationales ou au sein d'organisation internationales. Le UNDPCSD[190] fut chargé au sein de l'ONU de coordonner ces différentes initiatives en élaborant un système d'indicateurs répondant aux attentes de la Commission pour le Développement Durable (CDD) des Nations Unies et des pays membres. Le programme de travail, adopté en 1995 par la CDD, comprenait 5 étapes, de la mise au point d'une base de données librement accessible à la sélection d'une liste d'indicateurs, en passant par le développement de méthodologies et par le test des indicateurs dans quelques pays[191].

Une première liste de 134 indicateurs[192] fut d'abord retenue. Sa mise au point avait impliqué l'apport de différentes instances internationales : notamment le PNUE, le PNUD, l'UNICEF, la Banque Mondiale, l'OCDE et l'OMS. Tous ces indicateurs avaient été choisis en fonction d'un certain nombre de critères, parmi lesquels leur mesurabilité à l'échelle nationale, leur pertinence, leur clarté et leur représentativité. Ces 134 indicateurs étaient répartis dans 4 thèmes, les 4 piliers ou dimensions du développement durable (le pilier environnemental, le pilier économique, le pilier social et le pilier institutionnel), puis explicitement reliés aux chapitres de l'Agenda 21.

Après les tests réalisés par plusieurs pays (dont la France), cette sélection fut réduite fin 2000 à une liste plus pertinente de 58 indicateurs. Cette seconde liste constitue depuis lors une base de travail pour toutes les autres initiatives nationales et internationales. Sa structure est très consensuelle : les indicateurs sont toujours répartis selon les 4 piliers du développement durable. Au sein des 4 piliers, les indicateurs sont classés selon 15 thèmes et 38 sous thèmes, censés recouvrir des problèmes communs à toutes les régions et tous les pays du globe (ONU 2001) (cf. tableau page suivante. N.B. : les nombres entre parenthèses indiquent les chapitres de l'Agenda 21 correspondants).

Depuis 2001, l'ONU poursuit ses travaux. Le rapport réalisé par l'IISD[193] indique qu'une nouvelle phase du programme est en cours depuis 2001, consacrée à l'étude des usages actuels et potentiels des indicateurs de développement durable ainsi qu'à l'évaluation et aux éventuelles évolutions futures du système[194].

[190] UNDPCSD : United Nations Department for Policy Coordination and Sustainable Development, rebaptisé UNDESA : United Nations Department for Economic and Social Affairs

[191] **ONU** (2001). *Indicators of sustainable development : Guidelines and methodologies*. ONU, CSD, 315 p.
UNDESA, CSD, et al. (2006). *Global Trends and Status of Indicators of Sustainable Development : Background Paper submitted to the Commission on Sustainable Development.* UNDESA, CSD, DSD, 8 p.

[192] **IFEN** (1998). *Test des indicateurs de développement durable des Nations unies : Rapport de la France. Etudes et Travaux n° 17*. Institut Français de l'Environnement, 57 p.

[193] IISD: International Institute for Sustainable Development.

[194] **Pinter, L., P. Hardi, et al.** (2005). *Indicators of Sustainable Development: Proposals for a Way Forward - Discussion Paper Prepared under a Consulting Agreement on behalf of the UN Division for Sustainable Development*. IISD, 42 p.

Le rapport « Global Trends and Status of Indicators of Sustainable Development » de la DSD[195] confirme que le système est appelé à évoluer (UNDESA, CSD et al. 2006). La révision en cours porte sur la mise à jour et l'adaptation du système existant en fonction des récentes évolutions, et sur l'évaluation du besoin en nouveaux travaux internationaux.

Theme	Sub-theme
SOCIAL	
Equity	Poverty (13)
	Gender equality (24)
Health (6)	Nutritional Status
	Mortality
	Sanitation
	Drinking water
	Healthcare delivery
Education (36)	Education level
	Literacy
Housing (7)	Living conditions
Security	Crime (36, 24)
Population (5)	Population change
ENVIRONMENTAL	
Atmosphere (9)	Climate change
	Ozonelayer depletion
	Air quality
Land (10)	Agriculture (14)
	Forests (11)
	Desertification (12)
	Urbanization (7)
Oceans, seas and coasts	Coastal zone
	Fisheries
Fresh water (18)	Water quantity
	Water quality
Biodiversity (15)	Ecosystem
	Species

Theme	Sub-theme
ECONOMIC	
Economic structure (2)	Economic performance
	Trade
	Financial status (33)
Consumption and production patterns (4)	Material consumption
	Energy use
	Waste generation and management (19-22)
	Transportation
INSTITUTIONAL	
Institutional capacity (37)	Information access (40)
	Communication infrastructure (40)
	Science and technology (35)
	Disaster preparedness and response

Parfois ces sous dimensions sont définies avant d'être a posteriori reliées aux trois piliers, comme l'a fait Eurostat pour définir les indicateurs de l'Union Européenne (cf. encadré pages suivantes). Lorsque l'approche par enjeux s'affranchit des trois ou quatre piliers du développement durable, elle peut parvenir à une véritable analyse transversale, bien plus capable, si les enjeux et les indicateurs sont choisis avec pertinence, de mettre en lumière les principales failles des modes de développement actuels.

[195] DSD : Division for Sustainable Development.

Les indicateurs de développement durable de l'Union Européenne

En Europe, les travaux sur les indicateurs de développement durable sont pilotés par Eurostat (l'Office statistique des Communauté européennes) et le Comité de Programme Statistique (CPS)[196]. Les premiers travaux sur les indicateurs de DD datent de 1997, quand, suite à la première sélection d'indicateurs par l'ONU, et en guise de contribution expérimentation, Eurostat publia 46 indicateurs européens basés sur la liste des Nations Unies. Suite à l'adoption en 2000 par l'ONU d'une liste plus réduite d'indicateurs, Eurostat publia 63 indicateurs reprenant et complétant cette sélection. En septembre 2001, le CPS mit sur pied une « task force sur les indicateurs de développement durable » chargée d'élaborer une action commune.

La liste d'indicateurs résultant des travaux de la task force a été examinée et entérinée par la Commission en février 2005[197], et donna lieu à la publication d'un rapport final[198]. Cette sélection repose sur la définition du développement durable du Rapport Brundtland. La task force s'est également référée aux initiatives existantes en matière d'indicateurs : les travaux de l'ONU, de l'OCDE, les indicateurs structurels de la Stratégie de Lisbonne, les indicateurs de Laeken, les indicateurs de suivi du processus d'intégration de Cardiff (agriculture, énergie, transport) et la liste principale d'indicateurs de l'Agence européenne pour l'Environnement. Au-delà, le système a été conçu dans un souci de cohérence avec la politique européenne, ce qui aboutit à l'adoption d'une approche « par enjeux » : les indicateurs sont classé selon des thèmes et des sous-thèmes directement associés aux priorités politiques de l'UE, en l'occurrence sa stratégie de développement durable et ses engagements internationaux. Ceci permet un lien facilité avec la prise de décision, et une utilisation communicationnelle efficace. Par contre, de par leur construction basée sur les priorités et les engagements politiques européens, ces indicateurs ne sont a priori pas directement applicables dans un cadre national. Au final les thèmes retenus sont :

- Les 6 domaines prioritaires de la stratégie du développement durable de 2001 (ref. DD-033) ;
- Le partenariat mondial (ou global)[199] ;
- Deux thèmes issus du plan de mise en œuvre du Sommet de Johannesburg : la bonne gouvernance et les modes de production et de consommation[200] ;
- Le développement économique, thème permettant de faire le lien avec la Stratégie de Lisbonne (pour laquelle des « indicateurs structurels » ont déjà été développés).

[196] Le CPS réunit en son sein les directeurs des instituts nationaux de statistique des États membres. Sa mission est d'examiner les principaux programmes et initiatives à mener à bien collégialement, dans le but de répondre aux besoins d'informations statistiques de l'UE.

[197] **Almunia, M.** (2005). *Communication de M. ALMUNIA aux membres de la Commission : Indicateurs de développement durable pour suivre la mise en oeuvre de la stratégie de développement durable de l'UE.* Commission des Communautés Européennes.

[198] **Eurostat** (2005). *Rapport final de la Task-Force sur les Indicateurs de Développement Durable au Comité du Programme Statistique*. Eurostat, 33 p.

[199] **CCE** (2002). *Vers un partenariat mondial pour un développement durable. Communication de la Commission au Parlement Européen, au Conseil, au Comité Economique et Social et au Comité des Régions.* Commission des Communautés Européennes.

[200] **ONU** (2002). *Rapport du Sommet mondial pour le développement durable de Johannesbourg*. ONU, 195 p.

Chacun de ces 10 thèmes inclut plusieurs sous thèmes, correspondant à des objectifs clés que les indicateurs permettent de suivre *(* : thèmes correspondant aux domaines prioritaires de la stratégie du développement durable de 2001)* :

Theme	Sub-theme	Theme	Sub-theme
1. Développement économique	Investissement	6. Modes de production et de consommation	Eco-efficacité
	Compétitivité		Structures de consommation
	Emploi		Agriculture
2. Pauvreté et exclusion sociale*	Pauvreté monétaire		Responsabilité des entreprises
	Accès au marché de l'emploi	7. Gestion des ressources naturelles*	Biodiversité
	Autres aspects de l'exclusion sociale		Ecosystèmes marins
3. Vieillissement de la société*	Adéquation des pensions		Ressources en eau douce
	Variations démographiques		Utilisation des sols
	Viabilité des finances publiques	8. Transports*	Croissance des transports
4. Santé publique*	Protection de la santé humaine et modes de vie		Prix des transports
	Sécurité et qualité alimentaires		Impact social et environnemental des transports
	Gestion des produits chimiques	9. Bonne gouvernance	Cohérence des politiques
	Risques sanitaires liés à l'environnement		Participation du public
5. Changement climatique et	Changement climatique	10. Partenariat global*	Globalisation des échanges
	Energie		Financement du développement durable
			Gestion des ressources

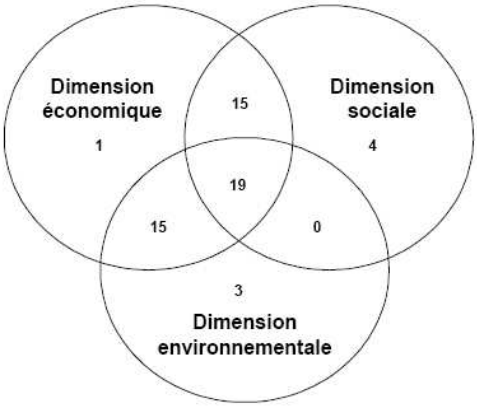
Au total, 155 indicateurs ont été retenus par la task force. Cet ensemble est structuré en une pyramide à trois étages :

Les trois niveaux d'indicateurs définis par Eurostat (Eurostat 2005).

Le **niveau 1** regroupe 12 indicateurs pour le suivi de l'évolution des **thèmes**. Le **niveau 2** rassemble les 45 indicateurs des **sous thèmes**. Enfin le **niveau 3** regroupe 98 indicateurs pour les **domaines d'intervention**, c'est-à-dire les mesures et actions mises en œuvre pour atteindre les objectifs de la stratégie. Tous ces indicateurs ont été choisis par la task force selon les critères de sélection suivants (Almunia 2005) :

- Saisir l'essence du problème et avoir une interprétation normative claire et acceptée ;
- Etre solides et statistiquement valides ;
- Etre réceptifs aux interventions politiques sans être sujets à manipulation ;
- Etre mesurables de manière suffisamment comparable entre les États membres et comparables autant que possible avec les normes internationalement appliquées par les Nations Unies et l'OCDE ;
- Etre actuels et révisables ;
- Leur mesure ne doit pas imposer aux États membres, aux entreprises ni aux citoyens une charge disproportionnée par rapport aux bénéfices que l'on peut en tirer ;
- Le portefeuille d'indicateurs doit, dans la mesure du possible, être équilibré entre les différentes dimensions (économique, environnementale et sociale) ;
- Etre mutuellement cohérents au sein d'un thème ;
- Le portefeuille d'indicateurs devrait être aussi transparent et accessible aux citoyens que possible.

En plus du classement thématique, la task force cherche à équilibrer les indicateurs en fonction des trois piliers du développement durable (ici la dimension institutionnelle n'est pas considérée) :



Intégration des piliers du développement durable pour les indicateurs de niveaux 1 et 2 (Almunia 2005).

La task force souhaite à l'avenir sélectionner de nouveaux indicateurs qui permettront de renforcer cette intégration : elle estime que certains aspects du développement durable ne sont pas suffisamment couverts par les indicateurs, en raison de lacunes de connaissances et/ou méthodologiques[201]. La qualité et la disponibilité des données permettant le calcul des indicateurs est également un problème pris en compte : la task force a analysé que 69% environ des indicateurs sont de qualité suffisante pour être publiables, mais qu'aucun des thèmes ne bénéficie d'une excellente qualité de donnés.

Les indicateurs ont donc été répartis en deux catégories : les « meilleurs indicateurs disponibles » (MID) et les « meilleurs indicateurs requis » (MIR). Les MID peuvent être établis sur la base des données existantes. Les MIR sont les indicateurs pour lesquels :

[201] C'est le cas par exemple de l'accès du public à l'information, et de la plupart des aspects économiques et sociaux des problèmes environnementaux.

- Il n'existe ni concept, ni définition, ni données ;
- Il existe un concept et une définition mais pas de données ;
- Il existe des données mais de qualité insuffisante pour en permettre la publication, ou dont les ventilations nécessaires ne sont pas disponibles ;
- Il existe des données mais de qualité inconnue.

Dans certains cas, des indicateurs de substitution ont pu être mis au point pour remplacer provisoirement des MIR. Même si leur qualité et leur portée sont en général faibles, ils sont nécessaires pour assurer le suivi de certains domaines prioritaires et ne pas laisser certains problèmes sans réponses. Sur 155 indicateurs, 107 sont des MID, 48 des MIR (dont trois indicateurs clés sur douze), et onze indicateurs de substitution ont pu être définis (dont trois pour les MIR des indicateurs clés). Ce système d'indicateurs a déjà donné lieu à la publication d'un rapport d'évaluation par Eurostat, sur la base des données 1990-2005[202].

L'angle des ressources ou des capitaux

Cette approche repose sur une conception de la durabilité en terme de ressources ou capitaux nécessaires à la production de biens et de services pour la satisfaction des besoins humains : un mode de développement est dit durable s'il transmet aux générations futures un stock agrégé de capital productif suffisant pour leur permettre de produire les biens et services nécessaires à la satisfaction de leurs besoins.

Ce capital productif se compose de quatre éléments : le capital produit ou manufacturé, le capital naturel, le capital humain et le capital social. Le capital produit désigne tout ce qui est produit et mis en œuvre pour produire les biens et services destinés à l'Homme. Le capital naturel désigne l'ensemble des ressources énergétiques et des matières premières non renouvelables ou renouvelables, ainsi que les processus naturels qui permettent l'accomplissement de fonctions vitales, notamment pour la survie de l'espèce humaine. Le capital humain englobe les connaissances et savoir-faire accumulés, dont sont porteurs les êtres humains du fait de la transmission culturelle, et qui entrent en jeu dans toute production économique. L'état nutritionnel et la santé des populations relèvent également du capital humain. Enfin le capital social se réfère à la nature des relations interpersonnelles, des réseaux sociaux et des formes de coopération entre individus et collectivités au sein d'une société[203].

[202] **Eurostat** (2006). *Mesure des progrès accomplis sur la voie d'une Europe plus durable : Les indicateurs de développement durable de l'Union européenne - Données 1990-2005*. Eurostat, 266 p.
[203] **Boulanger, P.-M., P.-Y. Thomas, et al.** (2003). *Mesurer le développement durable en Belgique : quels rôles pour les processus participatifs ?* IDD, CDO, 167 p.

Les indicateurs sélectionnés dans le cadre d'une telle approche s'attacheront à mesurer les stocks et les flux pour chacun de ces quatre capitaux, mais aussi entre eux. La durabilité sera alors mesurée en fonction du degré de substituabilité que l'on admet entre les différentes formes de capitaux, et qui débouche sur une conception dite faible ou forte de la « soutenabilité ». Une soutenabilité faible suppose une grande substituabilité entre les différentes formes de capitaux : selon certains le capital produit peut remplacer l'essentiel du capital naturel qui aura été consommé ou détruit, par exemple. C'est une vision basée sur une confiance immense et parfaitement excessive dans le progrès technique et les capacités technologiques de l'humanité à faire face à la diminution d'un certain nombre de ressources naturelles. C'est aussi que les promoteurs de cette vision négligent complètement l'importance du fonctionnement des écosystèmes et du rôle de la biodiversité. Dans une perspective de soutenabilité forte, cette substituabilité est au contraire très limitée : certaines ressources (voire la quasi totalité du capital naturel dans une perspective de conservation) sont considérées comme devant être absolument préservées.

L'empreinte écologique et l'indice d'épargne véritable (ou « épargne nette ajustée » pour « genuine savings ») sont deux exemples d'indicateurs reposant sur cette approche : l'empreinte écologique est un indice strictement environnemental, basé sur l'idée d'une soutenabilité forte, alors que l'épargne véritable intègre le capital produit, naturel et humain dans une conception faible de la soutenabilité.

L'empreinte écologique est un indice développé vers 1990, reposant sur les travaux de William Rees et Mathis Wackernagel. Il mesure la surface biologiquement productive nécessaire pour produire les ressources consommées par une population donnée et absorber les déchets qu'elle produit. Cette surface est comparée à la surface productive effectivement disponible (la biocapacité). La méthodologie s'appuie sur des données issues de la FAO, du GIECC, de l'AIE, de la base européenne CORINE Land cover, etc… et est standardisée par le Global Footprint Network (GFN)[204]. Le calcul de l'empreinte écologique recourt donc à des facteurs d'équivalence, et l'empreinte est exprimée en hectares globaux (gha), c'est-à-dire une surface d'un hectare dont la productivité est égale à la productivité moyenne d'un hectare dans le monde[205].

[204] **Thouvenot, T.** (2007). *Newsletter empreinte écologique. Dossier spécial : les indicateurs de développement durable*. WWF, 13 p.
[205] **Bovar, O., M. Desmotes-Mainard, et al.** (2008). *Les indicateurs de développement durable*. INSEE, 23 p.

Ce résultat en hectares globaux permet d'exprimer l'empreinte écologique d'une population de façon très parlante, en nombre de planètes Terre nécessaires au maintien de son mode de vie, si l'ensemble de la population mondiale adoptait le même. L'empreinte écologique n'est cependant pas un véritable indice de développement durable, au sens où elle n'intègre absolument pas les dimensions sociales et économiques du développement. On lui reproche également parfois un certain manque de transparence dans le calcul des équivalences, ainsi qu'un déséquilibre entre la prise en compte des flux et des stocks de ressources naturelles. Par ailleurs elle efface totalement l'existence d'inégalités écologiques de départ entre habitants de régions du monde favorables et populations de régions du monde défavorisées. En outre, cette démarche, à l'envers des méthodes d'empreinte territoriale, telles que développées par Gilles Billen et l'équipe Sysiphe (UMR CNRS Paris 7), ne tient absolument pas compte de la localisation de l'impact des activités humaines. La grande force de cet indicateur, qui en fait son succès[206], est cependant d'être assez simple à comprendre, très parlant et extrêmement pédagogique : le WWF s'en sert beaucoup et y appuie une grande partie de sa communication à destination du grand public notamment.

L'indice d'Epargne véritable, calculé pour 140 pays par la Banque Mondiale, cherche à mettre en évidence le surplus de ressources dont dispose l'économie à l'issu d'un cycle annuel de production et de consommation, une fois compensée la dépréciation du capital économique, humain et naturel. Exprimée en pourcentage du PIB, l'épargne véritable est considérée égale à l'épargne brute (des ménages, entreprises et administrations), augmentée des dépenses d'éducation et diminuée des dommages aux actifs naturels (réduction des stocks d'énergie, de minerais et de forêts, impacts des émissions de CO2). Plus l'indice est positif et élevé, plus la richesse réelle (l'épargne véritable) du pays augmente : on considère alors que les générations actuelles ne consomment pas une part excessive du produit national et transmettent un patrimoine productif suffisant pour les générations futures. Cet indicateur a pour lui d'être transparent et appuyé sur les données de la comptabilité nationale. On lui reproche cependant de sous-estimer les variations du capital naturel (les atteintes à la biodiversité, la dégradation des sols et les prélèvements d'eau ne sont pas pris en compte) et du capital humain (réduit à la mesure des dépenses d'éducation), et de négliger les échanges internationaux (seule l'épargne domestique est comptabilisée). De plus il ne prend pas en compte le capital social (Bovar, Desmotes-Mainard et al. 2008; Thouvenot 2007).

[206] L'empreinte écologique est aujourd'hui le seul indicateur environnemental qui tend à être connu et reconnu du grand public.

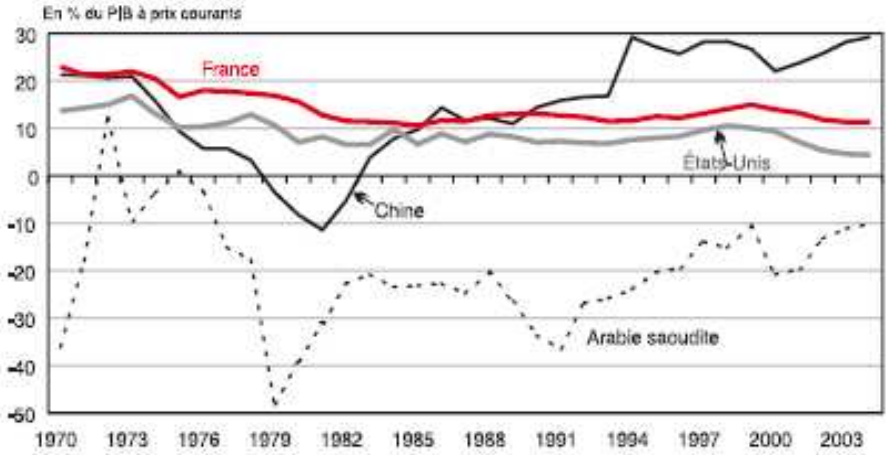


Figure n°16 Indice d'Epargne Véritable pour les différentes régions du monde. Source : Banque Mondiale in (Bovar, Desmotes-Mainard et al. 2008).

Le bien-être humain

Cette approche met surtout l'accent sur la notion de développement : ici le développement durable est conçu comme l'accroissement du bien-être pour tous, pour les générations actuelles comme les générations futures. La vision défendue ici repose notamment sur les travaux du célèbre économiste Amartya Sen[207], centrés sur l'extension de la liberté réelle pour les hommes de se réaliser. Pour Sen, le bien-être repose à la fois sur la capacité d'agir et sur la satisfaction ressentie[208] : les individus sont acteurs de leur propre bien-être et ce bien-être dépend de la « réalisation des buts et des valeurs qu'une personne a des raisons de poursuivre, qu'elles soient en rapport ou non avec son propre bien-être »[209]. Le bien-être dépend alors autant du « faire » que de « l'avoir » : Sen introduit la notion de fonctionnements (caractéristiques, modes de vie et pratiques sociales déterminant l'usage des biens et leur conférant leur utilité) et de capabilités (capacité réelle qu'ont les individus d'atteindre les buts qu'ils se fixent). L'approche en terme de bien-être est à l'origine d'un des indicateurs les plus célèbres[210] : l'Indice de Développement Humain (IDH). L'IDH est tri-dimensionnel : il cherche à analyser, pour une population donnée, les capacités de mener une vie longue et en bonne santé (la longévité), les capacités d'acquérir des connaissances, de communiquer et de participer à la vie de la communauté (le niveau d'éducation) et les capacités de mener une vie

[207] Amartya Sen reçut en 1998 le Prix de la Banque de Suède en sciences économiques en mémoire d'Alfred Nobel ("Prix Nobel d'économie") pour ses travaux sur la famine, la théorie du développement humain, l'économie du bien-être, les mécanismes fondamentaux de la pauvreté et le libéralisme politique.
[208] **Boulanger, P.-M.** (2005). *Les indicateurs de développement durable : un défi scientifique, un enjeu démocratique*. Chaire développement durable EDF - Ecole Polytechnique, 27 p.
[209] **Perret, B.** (2002). *Indicateurs sociaux. Etat des lieux et perspectives*. Conseil de l'Emploi, des Revenus et de la Cohésion sociale, 37 p.
[210] Le succès de l'IDH s'explique en grande partie par le soutien officiel qu'il reçut d'Amartya Sen.

saine et de garantir la mobilité géographique ou sociale (l'accès aux ressources nécessaires pour un niveau de vie convenable). Il repose sur des données accessibles et transparentes : la longévité est mesurée par l'espérance de vie à la naissance, le niveau d'éducation par une combinaison du taux d'alphabétisation des adultes et du taux de scolarisation, et l'accès aux ressources nécessaires par le revenu. L'IDH est la moyenne simple de ces indicateurs élémentaires, préalablement normalisés sur une échelle allant de 0 à 1. Plus l'IDH d'un pays se rapproche de 1, plus son niveau de développement est élevé.

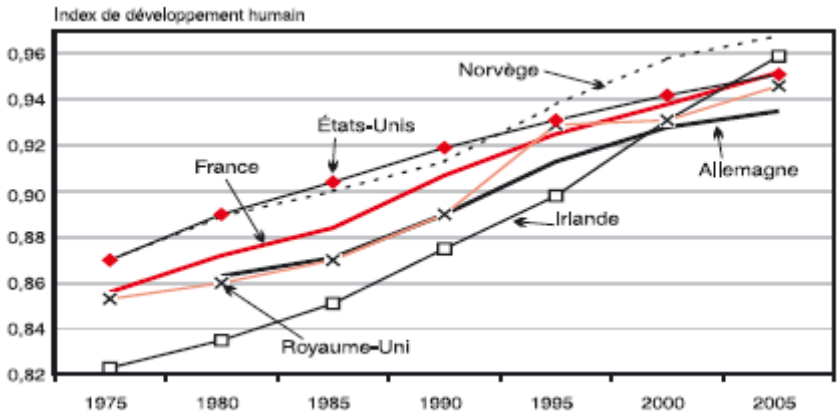


Figure n°17 Evolution de l'IDH pour quelques pays. Source : PNUD in (Bovar, Desmotes-Mainard et al. 2008).

L'approche normative

Cette approche diffère beaucoup des trois précédentes. Ici le développement durable n'est plus conçu comme un état à atteindre, mais de façon procédurale : relève du développement durable toute forme d'action sociale satisfaisant à des normes et/ou procédures préalablement définies. Cette approche est sans doute la plus satisfaisante conceptuellement parlant, mais également la plus difficile à mettre en œuvre pour construire des indicateurs de développement durable mesurables et observables. Elle possède cependant l'avantage sur les autres approches d'être adaptée à la fois à tous les niveaux d'action et à différents types d'objets. Selon Boulanger, « elle a le mérite de se focaliser sur les acteurs, les projets et les politiques de développement et de se recentrer sur les véritables fondements de l'idée de développement durable, à savoir les exigences de justice et d'équité » (Boulanger 2005). Il propose pour sa part de définir le développement durable par les normes suivantes, rattachées soit à l'idée du développement soit à celle de la durabilité :

	Normes
Développement	Efficacité Participation Liberté
Durabilité	Equité (inter et intra générationnelle) Efficience Résilience Prudence (prévention et précaution)

Tableau n°4 Conception normative du développement durable (Boulanger 2005).

Pour Boulanger, les travaux sur les indicateurs de développement durable de la Suède sont les plus proches de cette démarche normative. Ils reposent sur quatre thèmes : l'efficience, l'égalité et la participation, l'adaptabilité et les valeurs et ressources pour les générations à venir.

2.1.2.b Quels critères pour construire des indicateurs de développement durable ?

Construire des indicateurs de développement durable nécessite de réaliser un certain nombre de choix méthodologiques, mais aussi de suivre des critères pour sélectionner les indicateurs. Parmi les choix méthodologiques figurent notamment :

- Le nombre d'indicateurs : manipuler un ensemble de 20, 50, 100 voire 300 indicateurs comme dans le cas de la Suisse, ne signifie pas la même chose en terme d'usage. Le nombre d'indicateurs retenus doit être déterminé en fonction des objectifs que l'on souhaite atteindre, de l'usage qui sera fait des indicateurs, de l'échelle spatiale qu'ils traiteront, etc. ;
- L'approche en terme de conception du développement durable, qui déterminera la structure du système d'indicateurs à construire.

Concernant les indicateurs en eux-mêmes, on leur demande généralement de respecter les quatre critères suivants : être pertinents, fidèles, sensibles et spécifiques. Selon Boulanger et al., la pertinence désigne l'adéquation de l'indicateur par rapport au référent. L'évaluation de la pertinence se fait sur la base de la capacité d'un indicateur à rendre compte d'une des dimensions du référent, et de la représentation équilibrée des différentes dimensions par l'ensemble des indicateurs. La fidélité désigne l'adéquation de la mesure de l'indicateur à celle du référent : un indicateur qualitatif ou discontinu ne pourra pas être fidèle à un référent quantitatif et continu. La sensibilité désigne l'importance relative de la variation de

l'indicateur par rapport à celle du référent. Elle dépend à la fois de la pertinence et de la fidélité. Enfin la spécificité désigne l'apport spécifique de l'indicateur, par rapport aux autres indicateurs, à la connaissance du référent. Plus un indicateur sera faiblement corrélé aux autres indicateurs, plus il sera spécifique (Boulanger, Thomas et al. 2003).

On attend également d'un système d'indicateurs qu'il permette de réaliser des comparaisons dans le temps (et si possible dans l'espace), mais aussi qu'il soit facilement révisable en fonction de l'avancée des connaissances et des prises de conscience collectives. Par ailleurs Boulanger rappelle que deux grandes exigences pèsent sur les indicateurs de développement durable : on attend d'eux qu'ils soient à la fois valides, scientifiquement parlant, et démocratiquement légitimes. Si leur validité est assurée par le respect des règles et critères présentés ci-dessus, leur légitimité ne s'obtiendra que par le biais d'une construction participative ; la participation étant une notion recouvrant toute une gamme de procédures, techniques et démarches plus ou moins institutionnalisées selon les pays. Elle peut signifier un degré plus ou moins élevé d'implication des participants, être plus ou moins directe et volontaire. La participation se situe en réalité au cœur de l'acceptabilité et donc de leur appropriation par les acteurs censés les employer, ce qui devrait permettre une garantie de leur bonne utilisation. Meadows relève pour sa part un certain nombre de pièges à éviter pour les indicateurs de développement durable, afin de ne pas être nuisibles dans leur utilisation même[211] :

- Une agrégation excessive, entraînant une trop grande perte d'information et un manque de transparence ;
- Se concentrer sur la mesure de ce qui est mesurable, plutôt que sur celle de ce qui est important, comme dans le cas du PIB, facile à mesurer mais qui ne correspond en rien, selon Amartya Sen, Christian Coméliau ou d'autres, à une mesure du bien-être ;
- S'appuyer sur des modèles pouvant s'avérer faux (Meadows donne comme exemple l'idée de considérer que le taux de natalité est le reflet de la disponibilité de programmes de planning familial, plutôt que de la liberté des femmes d'y recourir) ;
- La falsification ou le détournement des indicateurs lorsque les résultats dérangent ;
- Occulter l'intérêt de l'expérience directe, reposant sur les perceptions des individus ;

[211] « When indicators are poorly chosen, they can cause serious malfunctions ». **Meadows, D.** (1998). *Indicators and information systems for sustainable development*. Balaton Group, 95 p.

- L'excès de confiance quant à la maîtrise et aux résultats de nos actions, suivies par des indicateurs ;
- Oublier que les indicateurs sont intrinsèquement incomplets pour rendre compte du « système réel ».

LES PRINCIPES DE BELLAGIO

Fin 1996, un groupe international de chercheurs et de spécialistes de l'évaluation s'est réuni au Centre d'études et de conférences de la Fondation Rockefeller à Bellagio, en Italie, pour faire le point sur le chemin parcouru, depuis Rio et l'Agenda 21, en matière d'évaluation par les indicateurs de développement durable. C'est ainsi qu'ont été établis les principes dits « de Bellagio » (cf. encadré pages suivantes) : indissociables les uns des autres, ces principes doivent être suivis à toutes les étapes du processus d'évaluation, de la sélection des indicateurs jusqu'à la communication du résultat. Leur ambition est de faciliter les activités d'évaluation de tous les acteurs, qu'elle que soit l'échelle à laquelle ils travaillent.

Les principes de Bellagio[212]

1. Des objectifs et une vision partagée du développement durable :

Une vision claire du développement durable et des objectifs définissant cette vision doit guider l'évaluation des progrès vers le développement durable.

2. Une perspective holistique :

L'évaluation des progrès vers le développement durable doit :
- comporter un examen du système dans son ensemble et de ses éléments constituants
- porter sur les sous-sytèmes sociaux, environnementaux et économiques, leur état, direction et le rythme de l'éventuelle modification de cet état, de même que de leurs composantes, et de l'interaction entre ces composantes
- examiner les conséquences positives et négatives de l'activité humaine, afin d'en déterminer les inconvénients et avantages pour les systèmes humains et environnementaux en termes monétaires et non monétaires.

[212] **Hardi, P. et T. Zdan** (1997). *Assessing Sustainable Development : Principles in Practice*. IISD, 175 p.

3. Les dimensions essentielles du DD :

L'évaluation des progrès vers le développement durable doit :
- prendre en considération l'équité et la disparité au sein de la population actuelle et entre les générations actuelles et futures, au regard de préoccupations telles que l'utilisation des ressources, la surconsommation et la pauvreté, les droits de la personne et l'accès aux services, selon les circonstances
- se pencher sur les conditions écologiques indispensables à la vie
- porter sur le développement économique et les autres activités non rémunérées qui contribuent au bien-être humain/social

4. Un champ d'analyse adéquat :

L'évaluation du progrès vers le développement durable doit :
- couvrir un horizon temporel assez étendu pour que s'y insèrent les échelles de temps propres aux humains et aux écosystèmes, de façon à répondre aux besoins des générations actuelles et futures tout en permettant la prise de décisions à court terme
- définir un champ d'étude assez vaste pour que soient prises en considération les répercussions tant locales qu'éloignées des interventions sur les personnes et les écosystèmes
- tirer avantage des conditions historiques et actuelles pour prévoir l'avenir — où nous voulons aller, où nous pourrions aller.

5. Un caractère pragmatique :

L'évaluation des progrès en faveur du développement durable doit se fonder sur :
- un ensemble explicite de catégories ou un cadre structurel comportant des liens entre, d'une part, la vision et les objectifs et, d'autre part, des indicateurs et des critères d'évaluation
- un nombre limité de points clés à analyser
- un nombre limité d'indicateurs ou de jeux d'indicateurs afin que les progrès apparaissent clairement
- la normalisation des mesures chaque fois que les circonstances le permettent afin de rendre les comparaisons possibles
- la comparaison des valeurs des indicateurs avec les objectifs, les valeurs de référence, les champs, les seuils ou l'orientation des tendances, selon les besoins.

6. Une élaboration transparente :

L'évaluation des progrès vers le développement durable doit :
- rendre les méthodes et les données utilisées accessibles à tous
- rendre explicites tous les jugements, hypothèses et incertitudes dans les données et les interprétations.

7. Une communication claire :

L'évaluation des progrès vers le développement durable doit:
- être conçue de façon à répondre aux besoins de la clientèle et des utilisateurs
- mettre à profit des indicateurs et d'autres outils stimulants propres à retenir l'attention des décideurs
- privilégier dès le début la simplicité des structures et le recours à un langage clair et simple

8. Un processus participatif :

L'évaluation des progrès en faveur du développement durable doit :
- encourager la participation générale de groupes populaires, professionnels, techniques et sociaux clés, notamment des jeunes, des femmes et des peuples autochtones, afin d'assurer la reconnaissance de valeurs différentes et en évolution
- garantir la participation de décideurs de façon à assurer une prise directe avec les politiques adoptées et les interventions en découlant.

9. Une flexibilité dans la révision :

L'évaluation des progrès vers le développement durable doit:
- permettre le développement de capacités d'évaluation permanente aux fins de l'établissement des tendances
- être itérative, souple et adaptable au changement et à l'incertitude compte tenu de la complexité des systèmes et des fréquentes modifications qui leur sont apportées
- permettre l'ajustement des buts, cadres et indicateurs en fonction des idées nouvelles
- favoriser l'apprentissage collectif et la rétroaction à la prise de décision

10. Une reconnaissance institutionnelle :

Pour garantir la permanence de l'évaluation des progrès vers le développement durable, il convient de :
- répartir clairement les responsabilités et fournir un soutien constant aux responsables décisionnels
- fournir la capacité institutionnelle indispensable à la collecte des données, à leur gestion et à la documentation
- appuyer le développement d'une capacité d'évaluation locale

FAUT-IL ENCORE CONSTRUIRE DE NOUVEAUX INDICATEURS DE DEVELOPPEMENT DURABLE ?

Faire face à la somme de travaux publiés sur les indicateurs de développement durable et à toutes les initiatives internationales, nationales ou même régionales, amène à l'idée qu'aucun acteur n'a pour l'instant jugé les recherches suffisamment abouties pour se passer d'élaborer ses propres indicateurs. Pourquoi ? La solution universelle, la liste « idéale » d'indicateurs de

développement durable n'a-t-elle donc pas encore été trouvée ? Mais existe-t-elle seulement ? La réponse est évidemment non. Plusieurs paramètres influencent la construction des indicateurs : les contraintes propres au pays, à la région ou à l'organisme concerné, mais aussi les besoins et les objectifs en terme de management et de communication. Une unique liste d'indicateurs ne peut prétendre répondre à tous ces besoins tout en correspondant à tous les critères propres à l'organisme qui veut l'utiliser : le système d'indicateurs élaboré doit, avant toute autre considération, être adapté à la situation qu'il traite. Mais le plus important, pour une organisation qui souhaite progresser sur la voie du développement durable, est peut-être le processus de construction des indicateurs en lui-même. Il nécessite d'identifier sa propre conception du développement durable, ses enjeux, puis d'être capable de les opérationnaliser. C'est un chemin sans doute beaucoup plus riche d'enseignements que la simple adaptation à son propre cas d'une liste d'indicateurs mise au point par d'autres.

2.1.2.c La question de l'agrégation

INDICATEURS SIMPLES OU SYNTHETIQUES : FAUT-IL AGREGER LES INDICATEURS ?

Les travaux sur les indicateurs de développement durable ont débouché sur deux types de construction : les listes ou batteries d'indicateurs, et les indicateurs agrégés (les indices ou indicateurs synthétiques). Bovar et al. distinguent deux types d'indices : les indicateurs composites et les indicateurs globaux. Les premiers sont obtenus par agrégation d'indicateurs élémentaires et hétérogènes, préalablement normalisés (c'est le cas de l'IDH). Les seconds s'obtiennent par sommation, à l'aide d'une unité de mesure unique (comme l'empreinte écologique et l'épargne véritable)[213]. Même si ces deux types d'indices ont leurs propres atouts et inconvénients, la différence d'approche avec les batteries d'indicateurs est bien plus flagrante, et de nombreuses discussions portent sur l'intérêt même de l'agrégation. Au fond, la principale différence entre un tableau présentant une liste d'indicateurs et un indice (composite ou global) est que le second prétend rassembler à lui seul toutes les informations contenues dans le premier. Les défenseurs de l'agrégation mettront en avant la force de communication intrinsèque aux indices et leur grande simplicité d'utilisation, alors que les listes sont parfois si lourdes à manipuler ; sans parler de leurs chances de concurrencer un jour les indices économiques et leur champion, le PIB. Ces atouts en font des outils séduisants sur

[213] **Bovar, O., M. Desmotes-Mainard, et al.** (2008). *Les indicateurs de développement durable*. INSEE, 23 p.

le plan politique et de la communication. Les partisans des listes d'indicateurs suivent pour leur part une démarche généralement plus scientifique, qui les conduit à se méfier des indices, de leur opacité, de la perte d'information qui accompagne toute synthétisation et de l'inévitable subjectivité liée à la pondération parfois associée à l'agrégation. Un tableau d'indicateurs non agrégés les met alors à l'abri de ces écueils. Mais si l'indice unique, ultime, synthétisant à lui seul un tableau entier est un cas à part, il est tout de même possible d'agréger des indicateurs en prenant soin d'atténuer ces problèmes : on peut construire des indices en étant attentif au processus d'agrégation et à sa transparence, mais aussi limiter les pertes d'informations en se gardant d'agréger de trop nombreux indicateurs en un nombre très restreint d'indices : des solutions intermédiaires sont envisageables.

Rejeter en bloc toute agrégation, même partielle, revient par contre à laisser toute la responsabilité de l'interprétation des indicateurs reposer sur l'utilisateur final. Pour un décideur qui cherche à appuyer son action sur des indicateurs, analyser un tableau de bord de plusieurs dizaines d'indicateurs impliquera bien souvent de privilégier de façon plus ou moins arbitraire, plus ou moins consciente et en tous cas opaque, certains indicateurs au détriment d'autres. Une agrégation (même partielle) réfléchie, discutée et réalisée de manière transparente peut éviter cette situation. En décrivant de manière détaillée des phénomènes complexes, en multipliant les angles de vue sur les défis que les organisations doivent relever, les indicateurs contribuent à la progression de la prise en conscience collective[214] et à la recherche d'actions appropriées à tous les échelons[215]. En cela, les indicateurs synthétiques ne peuvent suffire. Enfin selon Boulanger, les indicateurs doivent en réalité être des objets à la fois scientifiques et politiques[216]. Un double écueil les guette alors : tourner le dos au public en devenant des outils d'experts, ou exclure les citoyens en ne voulant s'adresser qu'au pouvoir[217]. Pour faire face à tous ces enjeux, les indicateurs doivent être multiples et variés : ni les indicateurs synthétiques ni les tableaux de bord contenant plusieurs dizaines d'indicateurs ne peuvent suffire à eux seuls.

[214] « People can't respond to information they don't have. […] They can't achieve goals or targets of which they are not aware. They cannot work towards sustainable development if they have no clear, timely, accurate, visible indicators of sustainable development ». **Meadows, D.** (1998). *Indicators and information systems for sustainable development*. Balaton Group, 95 p.

[215] « Rather than a single index, we need an information system […] to inform various decision makers at various levels with various purposes related to sustainability and development ». Ibid.

[216] Boulanger cite Judith Innes : « Influential indicators reflect socially shared meanings and policy purposes as well as respected technical methodology ».

[217] **Boulanger, P.-M.** (2005). *Les indicateurs de développement durable : un défi scientifique, un enjeu démocratique*. Chaire développement durable EDF - Ecole Polytechnique, 27 p.

METHODOLOGIE POUR L'AGREGATION

Les techniques d'agrégation permettant d'opérationnaliser les étapes de la construction d'indices proposées par Lazarsfeld sont aujourd'hui bien maîtrisées. Une fois définis le concept et les sous dimensions du développement durable, des indicateurs élémentaires sont proposés puis normalisés : la normalisation des unités des indicateurs est nécessaire pour pouvoir ensuite les agréger en un ou plusieurs indices synthétiques. La technique de normalisation choisie (il en existe plusieurs) dépendra de la précision et de l'échelle spatio-temporelle requise pour les indicateurs. L'agrégation en elle-même se fait par le biais d'une moyenne arithmétique, simple ou pondérée. Les coefficients de pondération doivent alors être fixés de la manière la plus transparente et légitime possible. Enfin il est utile, une fois l'indice calculé, de le confronter au concept qu'il est censé opérationnaliser et aux indicateurs qui le composent.

2.2 D'AUTRES APPROCHES ET QUESTIONS POUR CONCEVOIR UNE ANALYSE DE LA DURABILITE DES SYSTEMES

2.2.1 Les apports de la démarche The Natural Step et de l'Analyse de Cycle de Vie pour la planification et l'analyse de la durabilité

Les indicateurs de développement durable sont des outils de mesure et de suivi pour l'aide à la décision et la diffusion d'informations en matière de développement durable. Ils peuvent être conçus pour n'importe quel système, pour suivre et mesurer son développement et sa transition vers la durabilité. Mais d'autres outils et approches peuvent être utilisés en matière de développement durable : nous allons nous arrêter en particulier sur l'analyse de cycle de vie (l'ACV) et sur la démarche développée par The Natural Step (TNS), ainsi que sur les perspectives d'intégration qu'elles offrent ensemble. Ces méthodes ont en effet toutes deux été rapidement identifiées au sein du pôle Industries et Agro-Ressources comme pouvant peut-être apporter une réponse aux problèmes d'analyse et d'évaluation de la durabilité.

2.2.1.a The Natural Step : une approche et des principes pour la planification stratégique du développement durable des systèmes

Initié par le chercheur suédois Karl-Henrik Robert et fruit d'une collaboration scientifique internationale de grande envergure, The Natural Step (TNS) peut être décrit comme une approche ou une vision du développement durable, accompagnée d'une méthodologie permettant d'initier et d'accompagner la transition des systèmes vers la durabilité, via la planification stratégique du développement durable. Ces travaux sont aujourd'hui portés par l'ONG internationale The Natural Step, qui rassemble et valorise les recherches et les retours d'expériences menés à travers le monde. L'ONG accompagne notamment le dialogue entre différents acteurs – scientifiques et décideurs, secteur privé et secteur public, dans la compréhension et la mise en œuvre du développement durable[218].

[218] **Cook, D.** (2004). *The Natural Step - Towards a Sustainable Society*, Green Books. 92 p.

UN MODELE POUR LES INTERACTIONS ENTRE LES PRINCIPES, LES APPROCHES ET LES OUTILS DU DEVELOPPEMENT DURABLE

La démarche TNS repose sur la conception d'un modèle permettant de relier et situer les uns par rapport aux autres différents principes, approches et outils pour le développement durable[219]. Ce modèle fait la distinction entre les principes permettant de décrire un système, ceux décrivant sa « réussite » d'une part et la manière d'atteindre cet état d'autre part, les activités au sein du système et enfin les outils permettant de suivre et mesurer ces activités ainsi que l'évolution du système en lui-même. Cinq niveaux sont ainsi identifiés ; leur analyse détaillée fournit un cadre clair pour la compréhension des conditions, stratégies et outils pour le développement durable d'un système. Le premier niveau rassemble les principes permettant de décrire le système en lui-même et son fonctionnement. Le second niveau s'attache aux principes déterminant une issue favorable pour ce système – en l'occurrence l'état de durabilité (*sustainability*). Les principes décrivant la manière d'atteindre cet état correspondent au troisième niveau du modèle : ce sont les principes de développement durable (*sustainable development*), régissant la transition vers la durabilité. Le niveau quatre regroupe les activités ou actions en accord avec les principes de développement durable (augmenter l'efficacité énergétique et passer de sources d'énergies fossiles à des sources d'énergies renouvelables, par exemple). Enfin le cinquième et dernier niveau correspond aux outils de suivi et de mesure, permettant d'évaluer la cohérence des actions avec les objectifs et principes énoncés, mais aussi de rendre compte des impacts sur le système que l'on souhaite protéger[220].

LA DEMARCHE TNS

La démarche que propose TNS cible les niveaux deux et trois du modèle présenté ci-dessus : les principes pour la durabilité et pour le développement durable des systèmes. Son objectif est de faciliter la planification stratégique du développement durable de toute activité, quelle que soit son échelle.

[219] **Robèrt, K.-H.** (2000). *Tools and concepts for sustainable development, how do they relate to a general framework for sustainable development, and to each other?* Journal of Cleaner Production **8**(3): p. 243-254.
[220] **Robèrt, K.-H., B. Schmidt-Bleek, et al.** (2002). *Strategic sustainable development -- selection, design and synergies of applied tools*. Journal of Cleaner Production **10**(3): p. 197-214.

La métaphore de l'entonnoir

La démarche TNS s'appuie sur beaucoup de métaphores pour faciliter la compréhension des enjeux du développement durable et des problèmes posés par la non durabilité. Celle de l'entonnoir est sans doute la plus importante : elle s'attache à expliciter le déclin des capacités de l'écosphère[221] à supporter le fonctionnement actuel de la société. La productivité des écosystèmes chute, l'exploitation des ressources naturelles demande donc de plus en plus d'intrants, tandis que simultanément les écosystèmes sont soumis à des concentrations croissantes de substances polluantes et perturbantes. Ce cercle vicieux est représenté par un entonnoir, au sein duquel notre société progresse en heurtant de plus en plus fréquemment les parois, qui elles-mêmes tendent à se rapprocher au fur et à mesure de la dégradation des écosystèmes. L'objectif est donc d'arriver à élargir de nouveau ces parois – de sortir du cercle vicieux de la non durabilité.

Les conditions de la durabilité

Pour ce faire, TNS propose en premier lieu une définition du système global (l'écosphère et la société) réduite à l'ensemble des principes et mécanismes qui, lorsqu'ils sont perturbés, conduisent à la destruction du système : le principe de conservation de la matière, les lois de la thermodynamique, l'incapacité de la biosphère à supporter des changements systématiques de ses paramètres physiques, et la dépendance de la société à des flux de matières et services fournis par l'écosphère. Cet ensemble de principes correspond au niveau un du modèle. La sortie de l'entonnoir, ou l'état de durabilité, est alors décrite par « les quatre conditions de la durabilité » : ces conditions sont celles qui doivent être remplies pour que cesse la destruction du système. Elles correspondent au niveau deux du modèle, et sont le résultat d'un large échange entre scientifiques mené par TNS. Les trois premières conditions concernent les mécanismes qui détruisent l'écosphère, et le quatrième l'usage fait des ressources au sein de la société :

« Dans une société durable, la nature n'est pas systématiquement soumise :
1. à une augmentation de la concentration des substances extraites de la croûte terrestre ;
2. à une augmentation de la concentration des substances produites par les sociétés humaines ;
3. à une augmentation de la dégradation de ses capacités physiques.
De plus dans une société durable, les ressources doivent être utilisées efficacement et

[221] L'écosphère regroupe la biosphère, l'atmosphère et la couche d'ozone.

équitablement de façon à pouvoir satisfaire les besoins humains fondamentaux dans le monde entier ».

Pour atteindre les objectifs décrits par ces quatre conditions, deux types de mesures sont à notre disposition : la dématérialisation et la substitution. La dématérialisation se décompose elle-même en deux catégories d'actions : celles visant à augmenter la productivité des ressources et celles portant sur la réduction des déchets et rejets (par le recyclage ou le réemploi notamment) (Robèrt, Schmidt-Bleek et al. 2002).

Une stratégie pour respecter les conditions de la durabilité

Cette stratégie correspond au niveau trois du modèle : les principes pour le développement durable. Ce sont les règles à suivre pour la mise en œuvre des quatre conditions de la durabilité proposées par TNS, lorsqu'elles sont appliquées à un système. C'est une stratégie en quatre points :

- Une démarche progressive (« pas à pas ») pour confronter le système et ses activités aux quatre conditions, vérifier que la direction est la bonne ;
- L'utilisation de « marchepieds » pour relier court et long terme : chaque décision doit aboutir à une situation qui ne soit pas une voie sans issue, mais un marchepied pour l'avenir, sur lequel il sera possible de s'appuyer pour de futurs progrès (même si ceux-ci ne sont pas clairs aujourd'hui) ;
- Veiller à maintenir un retour sur investissement suffisant pour relier court et long terme sur le plan économique : les décisions prises doivent porter des fruits suffisamment rapidement pour soutenir et encourager la poursuite de l'action ;
- Appliquer le principe de précaution.

Une méthodologie pour appliquer la démarche TNS à un système

Cette méthodologie est le guide à suivre pour mettre en œuvre l'ensemble de la démarche proposée par TNS, lors de l'accompagnement de la transition d'un système vers la durabilité. Elle englobe et reprend tous les points présentés ci-dessus. Elle comporte quatre étapes ; TNS s'y réfère comme étant la méthode « A, B, C, D » :

- Etape A : utiliser les principes et les métaphores proposés par TNS pour faire partager une vision commune du système et de sa durabilité, ainsi qu'un langage commun à l'ensemble des acteurs du système ;
- Etape B : analyser le point de départ : confronter l'état actuel du système, de ses activités aux quatre conditions de la durabilité ;
- Etape C : imaginer ce à quoi le système et ses activités ressembleraient au sein d'une société durable, c'est-à-dire s'ils étaient en parfait accord avec les quatre principes de la durabilité. Utiliser pour ce faire la méthode du « backcasting », à opposer au forecasting qui correspond à la prévision d'un futur via la prolongation et la projection des tendances et contraintes actuelles : le backcasting demande au contraire d'imaginer un futur souhaitable, même s'il ne semble pas réaliste par rapport à la situation actuelle, puis de prendre ce futur comme point de départ pour progressivement construire un itinéraire le reliant au présent. Cette méthode permet de se concentrer sur les vrais objectifs à atteindre plutôt que sur des problèmes qui ne sont que les symptômes de défaillances plus profondes du système ;
- Etape D : définir et gérer les priorités pour l'action à partir du travail fait à l'étape précédente. Les actions sont toutes passées au crible de la stratégie décrite ci-dessus : elles doivent aller progressivement dans la bonne direction (par rapport aux quatre conditions), être de potentiels marchepieds pour l'avenir, produire un retour sur investissement suffisant pour catalyser la démarche et bien sûr être en accord avec le principe de précaution.

UN CADRE POUR L'UTILISATION D'AUTRES CONCEPTS ET OUTILS DU DEVELOPPEMENT DURABLE

L'approche TNS n'est pas une alternative à d'autres outils dédiés au développement durable, tels les systèmes d'indicateurs de développement durable, le calcul de l'empreinte écologique, l'analyse de cycle de vie ou encore les systèmes de management environnemental ISO 14001 et EMAS. Ces derniers sont autant d'instruments utiles pour accompagner la transition d'une activité ou d'un système vers la durabilité ; ils sont compatibles avec la démarche TNS, lui sont complémentaires et sont souvent complémentaires les uns des autres, mais ne permettent

pas de répondre au besoin de planification stratégique du développement durable que cible TNS[222].

Applicable à n'importe quel système, à n'importe quelle échelle, la démarche TNS est utile pour l'analyse des problèmes des systèmes en terme de durabilité, pour la définition d'objectifs stratégiques pour le développement durable, pour l'organisation et le traitement des informations ainsi que pour la sélection et l'intégration d'outils adéquats pour la mise en œuvre et le suivi des actions. TNS fournit un cadre global apprécié des décideurs pour la compréhension des enjeux et la mise en œuvre du développement durable au travers de leurs activités. Un tel cadre est indispensable pour la planification stratégique du développement durable, et ne remplace en rien les outils de mise en œuvre du développement durable, tout comme ceux-ci ne peuvent fournir de résultats réellement efficaces en son absence.

2.2.1.b L'analyse de cycle de vie : un outil d'évaluation environnementale en évolution

L'analyse de cycle de vie (ACV) est un outil dont l'usage et la notoriété se répand de plus en plus auprès des décideurs publics et privés. Ses objectifs et la méthodologie pour le mettre en œuvre sont bien spécifiques ; il semble utile de prendre le temps de les définir et de les situer par rapport aux outils et démarches déjà présentés.

LES PRINCIPES DE L'ACV

L'ACV est un outil d'évaluation environnementale qui permet principalement la comparaison de produits (biens, services ou procédés) répondant aux mêmes besoins. L'ACV se focalise sur les impacts générés par l'ensemble du cycle de vie de ces produits : « du berceau à la tombe », soit depuis leur conception et leur fabrication jusqu'à leur utilisation et leur fin de vie. Pour une entreprise ou une institution, la réalisation d'une ACV peut répondre à des objectifs internes (améliorer la connaissance des atouts et des faiblesses d'un produit, optimiser certains aspects de son cycle de vie, éclairer sa conception ou sa re-conception, etc.) comme externes (promouvoir un produit ou une politique environnementale, apporter des

[222] Cette compatibilité et complémentarité est étudiée par Robèrt et al. (**Robèrt, K.-H., B. Schmidt-Bleek, et al.** (2002). *Strategic sustainable development -- selection, design and synergies of applied tools*. Journal of Cleaner Production **10**(3): p. 197-214.) Azar et al. ont par exemple proposé des indicateurs socio-écologiques pour la durabilité reposant sur les quatre conditions de la durabilité de TNS (**Azar, C., J. Holmberg, et al.** (1996). *Socio-ecological indicators for sustainability*. Ecological Economics **18**: p. 89-112.).

informations dans le cadre d'un dialogue avec des clients ou des fournisseurs, soutenir des actions de lobbying, etc.). La méthodologie à suivre pour réaliser une ACV est aujourd'hui très bien formalisée : elle est décrite par les normes ISO 14 040 et ISO 14 044, portant respectivement sur les principes et le cadre de l'ACV, et sur les exigences et les lignes directrices. L'ACV repose sur un principe simple : réaliser une analyse environnementale multicritères de l'ensemble du cycle de vie d'un produit. Cinq étapes sont nécessaires (la quatrième est facultative, et non incluse dans les normes ISO) :

1. Définir l'objectif de l'étude – quelle décision le résultat doit-il informer – et le champ de l'étude – le système étudié, soit l'ensemble du cycle de vie du produit ;
2. Réaliser un bilan matière et énergie de ce système : inventorier, pour chaque étape de son cycle de vie, tous les flux de matière et d'énergie entrant et sortant du système, ramenés à une unité fonctionnelle[223] préalablement précisée ;
3. Calculer certains impacts potentiels du système sur l'environnement, via des indicateurs spécifiques permettant d'évaluer la contribution de chaque flux. Les impacts évalués sont en général l'effet de serre, l'acidification atmosphérique, l'épuisement des ressources naturelles non renouvelables, les atteintes à l'ozone stratosphérique, l'eutrophisation des eaux et la création d'ozone photochimique ;
4. Eventuellement agréger certains indicateurs d'impacts ;
5. Analyser et « interpréter » les résultats.

LES DIFFICULTES, LIMITES ET RISQUES LIES A L'UTILISATION DE L'ACV

Plusieurs difficultés sont inhérentes à la réalisation d'une ACV. Voici les principales :

- Déterminer les frontières du système n'est pas toujours simple : des simplifications au niveau des déchets, sous-produits et co-produits sont généralement nécessaires ;
- Les impacts inventoriés doivent souvent être répartis entre différents co-produits issus du cycle de vie : il faut alors passer par des règles d'affectation pour répartir ces impacts selon un critère physique ou économique par exemple ;
- Les données nécessaires au calcul des indicateurs doivent être de très bonne qualité : elles doivent être quantitatives et représentatives, géographiquement, temporellement et techniquement parlant ;
- Enfin l'étape finale d'interprétation des résultats doit absolument tenir compte des hypothèses formulées au départ de l'analyse : objectifs, éventuelles simplifications,

[223] Cette unité fonctionnelle correspond à une unité de service, afin de pouvoir comparer des produits concurrents.

frontières du système, etc., mais aussi des incertitudes liées aux données et au calcul des indicateurs. Mal faite ou trop rapide, l'interprétation peut conduire à une sous utilisation des résultats de l'analyse, mais surtout à des contresens.

Par ailleurs l'ACV est un outil d'évaluation dont l'usage est caractérisé par certains risques et certaines limites. La plupart sont bien entendu inhérentes à la nature même de cet outil ; il semble cependant utile de les rappeler, face aux nombreuses confusions que l'on rencontre dans la diffusion de l'usage de l'ACV :

- Bien adaptée à l'évaluation des impacts globaux, l'ACV ne sait pas traiter les atteintes locales à l'environnement et à la santé humaine, comme la toxicité et l'écotoxicité : ces impacts dépendent de conditions locales que l'outil ne sait pas intégrer[224]. L'ACV ne peut donc pas traiter tous les aspects environnementaux du cycle de vie d'un système ;
- En l'absence de données précises et quantifiées, certains impacts ne peuvent tout simplement pas être intégrés dans l'analyse. Ces impacts sont alors exclus du champ de l'ACV (ou simplement mentionnés au niveau de l'interprétation mais de toute façon non chiffrés donc affaiblis face aux autres impacts qui le sont) ; pour autant la gravité d'un impact n'est en aucune manière corrélée avec sa capacité à être décrit de manière chiffrée ;
- L'ACV est assez mal adaptée à l'analyse des systèmes qui ne soient pas directement centrés sur des produits ;

Dans le cadre d'un usage pour l'aide à la décision, l'ACV provoque parfois d'importants problèmes d'arbitrages devant lesquels le décideur se retrouve démuni ;

- Il existe un risque que l'usage de l'ACV soit réduit à des fins de communication (y compris de lobbying), ce qui peut inciter à en orienter les résultats au niveau de leur présentation et de leur interprétation ;
- L'ACV est régulièrement assimilée à un outil d'évaluation de la durabilité, ce qu'elle n'est en aucun cas dans la mesure où d'une part elle ne traite que de certains aspects environnementaux, et d'autre part ses résultats ne permettent en aucun cas de dire si les impacts potentiels évalués sont soutenables pour le système global : en d'autres termes ils ne disent rien de la capacité de ce système global à supporter les impacts associés au produit étudié.

ADAPTER L'ACV A LA PLANIFICATION STRATEGIQUE DU DEVELOPPEMENT DURABLE

Il est important d'insister sur le fait que l'ACV, dans sa version classique, n'est pas un outil focalisé sur la durabilité ou le développement durable d'un système. Les deux principes méthodologiques sur lesquels il repose, l'analyse multicritères et la prise en compte de l'ensemble du cycle de vie d'un système, en font cependant un outil d'analyse puissant que de nombreux travaux scientifiques cherchent à faire évoluer pour une meilleure adaptation à l'analyse du développement durable. Parmi eux, on trouve en particulier des travaux portant sur l'utilisation de l'approche du développement durable proposée par TNS pour la gestion du cycle de vie des produits (Life Cycle Management ou LCM).

Cette nouvelle démarche, la gestion stratégique du cycle de vie (Strategic Life Cycle Management ou SLCM), est présentée de manière approfondie par Henrik Ny et al. dans un article publié en 2006 dans le Journal of Industrial Ecology[225]. L'objectif est d'élargir la portée de l'outil pour interroger la contribution (positive ou négative) du système ou du produit étudié à la durabilité de la société dans son ensemble. Concrètement, le cycle de vie du produit est analysé grâce à la technique du backcasting à partir des quatre conditions de la durabilité proposées par TNS, ces conditions correspondant aux frontières du système. Le résultat est alors une vision globale sur l'ensemble de la durabilité du produit ; les conflits entre le système et les conditions de la durabilité sont identifiés, notamment ceux qui nécessitent d'entreprendre une analyse plus approfondie. L'interprétation de ces résultats doit ensuite porter sur les arbitrages et la hiérarchisation des priorités pour l'action, en se focalisant sur la recherche d'étapes (intermédiaires) intelligentes vers la durabilité plutôt que sur l'option la moins dommageable dans l'immédiat.

[224] C'est ce qui différencie cette approche des analyses de métabolisme industriel ou territorial et de l'empreinte territoriale, déjà citée.

[225] **Ny, H., J. P. MacDonald, et al.** (2006). *Sustainability Constraints as System Boundaries : An approach to making life-cycle management strategic*. Journal of Industrial Ecology **10**(1-2): p. 61-77.

2.2.2 Quelques réflexions à retenir pour l'analyse et l'évaluation de la durabilité

2.2.2.a Faire face à une multiplication des concepts, des approches et des outils

La notoriété des indicateurs de développement durable et de l'Analyse de Cycle de Vie est importante et leur usage de plus en plus répandu à tous niveaux ; mais de nombreux autres outils dédiés au développement durable ont été développés[226]. Sujet de préoccupation majeur depuis les années 90, le développement durable a en réalité suscité la création d'un tel nombre d'outils, d'approches et de concepts différents pour faciliter sa compréhension et surtout sa mise en œuvre que les décideurs (qu'ils soient publics ou privés) se sentent souvent perdus face à cette profusion (Ny, MacDonald et al. 2006). Il en résulte une grande confusion entre les propriétés, les caractéristiques, les objectifs et la portée de tous ces outils, et une incapacité à distinguer les spécificités de chacun. Au final leurs usages sont brouillés, et on constate une tendance de certains acteurs et du public à penser que tous se valent.

Ce n'est évidemment pas le cas, et nous nous sommes attachés à le démontrer pour quelques exemples au cours des pages qui précèdent. Ces outils ont été conçus pour répondre à des objectifs différents et pour être mis en œuvre dans des conditions différentes ; s'ils se révèlent parfois complémentaires, ils ne sont généralement pas censés être interchangeables. Dans une situation donnée d'évaluation ou d'analyse de la durabilité, deux points doivent impérativement guider le choix des outils : les besoins des acteurs et les caractéristiques mêmes de la situation d'évaluation.

DES OUTILS AU SERVICE DE VISEES STRATEGIQUES

Les acteurs d'un système ont tous besoin d'informations : c'est déjà ce que mettait en avant l'Agenda 21 dans son chapitre 40 (cf. 2.1.1.b). Suivant leur niveau hiérarchique et décisionnel et la façon dont ils sont impliqués dans les activités mises en œuvre au sein du système, les acteurs recherchent des informations plus ou moins détaillées, plus ou moins ciblées et bien sûr en quantités plus ou moins importantes. Tous partagent cependant un besoin de

[226] Par exemple le calcul de l'empreinte écologique (qui se distingue tout de même fortement de la plupart des travaux sur les indicateurs de développement durable), les démarches « Facteur 10 » et « Zéro émissions », etc.

connaissance et de compréhension du cadre dans lequel ils évoluent et des enjeux qui s'imposent au système pour lequel ils œuvrent ou dont ils dépendent. C'est donc avant tout de cette vision stratégique que le choix des outils doit dépendre : les outils demeurent des instruments auxquels il faut fournir un cap. C'est exactement cela que défend TNS (cf. 2.2.1.a), de façon plus poussée que ce que proposent les approches sur lesquelles reposent les travaux de construction d'indicateurs de développement durable (cf. 2.1.2.a).

La compréhension stratégique des enjeux qui régissent le développement (voire la survie) d'un système, est donc la première étape indispensable qui permettra de sélectionner les outils d'analyse, d'évaluation ou de mise en œuvre les plus appropriés pour répondre aux besoin des acteurs du système. Il s'agit de choisir les outils qui serviront au mieux, de la façon la plus efficace possible, ces visées stratégiques.

LES CONTRAINTES DE LA BASE INFORMATIONNELLE

Au niveau des caractéristiques de la situation d'évaluation, un autre point beaucoup plus pragmatique cette fois doit régir le choix des outils : les données sur lesquelles il est réellement possible de s'appuyer – autrement dit les caractéristiques de la « base informationnelle » disponible. Les outils de suivi et d'analyse sont en effet eux-mêmes dépendants d'informations ; toute procédure d'évaluation, aussi sophistiquée soit-elle, sera inapplicable en l'absence des données d'entrées avec lesquelles elle est censée fonctionner. Difficile par exemple de réaliser une ACV selon la méthodologie proposée par les normes ISO 14040 et 14044 en l'absence de données quantifiées caractérisant les flux de matières et d'énergie qui entrent et sortent du système étudié. Les outils de suivi et d'analyse du développement durable, quels qu'ils soient, ne seront pleinement efficaces que s'ils sont utilisés dans les conditions pour lesquelles ils ont été conçus ; la nature et la qualité des données d'entrée font évidemment partie de ces conditions. Non prises en compte, les risques sont grands d'obtenir au final un outil ou une méthodologie inefficace.

Il est cependant envisageable de construire une base informationnelle : lorsque certains outils s'avèrent nécessaires, mais que leur mise en œuvre est impossible dans un premier temps (à cause de données de qualité irrégulière, peu quantifiées, discontinues, peu fiables, etc.), des recherches complémentaires peuvent être menées pour que les données défaillantes soient collectées ou consolidées, afin de pouvoir, à plus ou moins long terme, utiliser les outils identifiés. Sur le long terme, l'absence de la base informationnelle nécessaire ne doit donc pas

être un facteur bloquant pour le choix d'un outil : des efforts doivent être faits pour la faire émerger. C'est la démarche suivie par Eurostat dans ses travaux de construction d'indicateurs de développement durable : devant le constat de l'absence et de la défaillance de certaines données et lorsque ces données sont jugées indispensables, des travaux complémentaires sont entrepris pour construire et mettre au point des systèmes de collecte de données, tandis que des indicateurs provisoires sont proposés (cf. encadré sur les indicateurs de l'Union Européenne en 2.1.2.a).

2.2.2.b Quelle place pour l'analyse et l'évaluation ?

EVALUER PAR RAPPORT A QUOI ?

Les démarches d'analyse et d'évaluation, qu'il s'agisse de développement durable ou non, relèvent en général de l'une des deux catégories suivantes : les évaluations « absolues » ou « relatives ». Dans le cas des évaluations « absolues », le système est analysé par rapport aux objectifs que l'on souhaite atteindre. En l'occurrence, il s'agit d'évaluer l'évolution du système par rapport à l'état de durabilité, celui-ci ayant été préalablement défini de manière opérationnelle. Cette démarche permet de « positionner » le système et ses impacts par rapport à la capacité du système global à les supporter ; elle se focalise donc sur l'écart existant entre l'état présent d'un système et l'état qu'il doit atteindre dans le futur, l'objectif étant de réduire cet écart à néant. C'est bien l'approche que propose The Natural Step avec sa méthode de « backcasting » à partir des quatre conditions de la durabilité[227] (cf. 2.2.1.a).

Pour les évaluations « relatives », le système et son évolution sont cette fois analysés par rapport à une situation initiale. L'objectif est alors de faire mieux qu'avant, en l'occurrence que le système supprime ou allège ses impacts non durables : cette approche se concentre sur l'écart entre l'état présent du projet et son état initial ou antérieur, préalablement figé. Le problème posé par cette approche est qu'elle ne permet pas de savoir jusqu'où ni à quel rythme il est nécessaire de progresser – de creuser l'écart. Elle est fréquemment utilisée dans la mesure où il est généralement plutôt facile de caractériser une situation initiale, du moins plus facile que de définir les conditions de durabilité d'un système pour les utiliser comme

[227] Les conditions de la durabilité définies par TNS n'incluent cependant pas de notion de degré d'urgence : rien ne permet de savoir à quel rythme les actions pour atteindre l'état de durabilité doivent être mises en œuvre. On peut de demander si se mettre en conformité avec ces quatre conditions suffit pour épargner des atteintes trop importantes à l'écosphère et à la société.

objectifs lors d'une évaluation absolue (ce qui demandera un travail prospectif beaucoup plus approfondi). L'évaluation absolue est parfois même jugée souhaitable, mais impossible à mettre en œuvre, et l'évaluation relative est alors utilisée comme un pis allé.

C'est donc le référentiel utilisé qui distingue ces deux types d'approches : l'objectif à atteindre d'un côté, la situation initiale de l'autre. Un troisième type de démarche peut cependant être envisagé : une analyse qui se passe totalement de tout référentiel en lien avec un état passé ou futur du système étudié. Les impacts de ce dernier sont alors caractérisés en terme de « bon » ou « mauvais », « faibles » ou « importants », etc. L'intérêt de cette approche est beaucoup plus limité que les deux précédentes : très subjective, elle n'utilise que des repères de type « bien » ou « mal ». Elle peut être envisagée en cas extrême, lorsqu'il n'est jugé possible de caractériser ni situation initiale ni objectifs visés. Son utilisation est cependant symptomatique d'une démarche d'évaluation très peu ambitieuse, quelles qu'en soient les raisons.

L'ANALYSE ET L'EVALUATION FACE AU PROCESSUS DE DECISION

Comme nous l'avons vu, les outils d'analyse et d'évaluation de la durabilité sont fréquemment utilisés dans le cadre de l'aide à la décision : ils fournissent aux décideurs des informations utiles et éclairantes sur leurs champs d'actions. Il est souvent nécessaire de rappeler la nécessaire séparation entre les deux domaines que sont la décision et l'apport d'informations éclairantes pour la décision (par des indicateurs par exemple) : si l'analyse et l'évaluation relèvent du domaine de l'expert, ce n'est pas le cas de la décision.

Lorsque la raison d'être de l'évaluation est d'informer la décision, elle doit être conçue pour permettre une prise de décision éclairée, c'est-à-dire dans les meilleures conditions possibles (validité, transparence, légitimité, etc.), mais elle ne peut en aucun cas s'y substituer. En ce sens, les démarches et les outils d'analyse et d'évaluation sont parfois confrontés à des attentes qu'ils ne peuvent prétendre satisfaire, de la part des décideurs voire des experts eux-mêmes. Une confusion sur ce point risque de mener à la construction d'outils inadaptés, ou à des usages erronés : absence de prise en compte des hypothèses initiales, non respect des conditions d'utilisation, oubli d'assortir les résultats de leurs incertitudes, etc.

Conclusion du chapitre 2

L'analyse de la performance des systèmes et des organisations face aux enjeux du développement durable est un sujet de recherche très riche et toujours en pleine activité depuis ses débuts – le début des années 1990 pour les indicateurs de développement durable. Il est à l'origine d'approches et d'outils nombreux et variés, définis pour des usages et des conditions précis, mais dont les caractéristiques tendent parfois à se fondre dans l'esprit des décideurs et des utilisateurs potentiels. Tous ces travaux sont le reflet de l'évolution du concept de développement durable et des différentes approches qui peuvent en être faites, mais aussi de la recherche, par nos sociétés, de la réponse à apporter aux problèmes que transversalité et arbitrages[228], caractéristiques du champ du développement durable, posent aux décideurs.

Nous avons mis en évidence au cours de ce chapitre les atouts et les limites caractérisant différentes approches – en particulier les indicateurs de développement durable, les analyses de cycle de vie et le cadre d'analyse proposé par « The Natural Step » (TNS) – en vue d'étudier leur adéquation par rapport aux besoins du pôle de compétitivité Industrie et Agro-Ressources (IAR). L'analyse des principes et des conditions déterminant la définition et le recours à ces outils nous a ainsi permis de dégager un certain nombre de réflexions, sur lesquelles nous allons pouvoir appuyer nos travaux de conception et de développement d'un outil d'aide à la décision, dédié à la durabilité des activités de valorisations agro-industrielles du pôle IAR. La partie B de ce mémoire est dédiée à l'exposé de ces travaux.

[228] Les « trade-offs », auxquels sont par exemple confrontés les programmes cherchant à coordonner les politiques de lutte contre le changement climatique et les politiques de lutte contre la pollution atmosphérique.

PARTIE B – CONCEPTION ET DEVELOPPEMENT D'UN OUTIL D'ANALYSE DE LA DURABILITE DES PROJETS DE VALORISATION D'AGRO-RESSOURCES SOUTENUS PAR LE POLE DE COMPETITIVITE INDUSTRIE ET AGRO-RESSOURCES

Introduction de la partie B

La première partie de ce mémoire nous a permis de comprendre le contexte dans lequel le pôle de compétitivité Industrie et Agro-Ressources (IAR) a vu le jour en 2005, déterminant pour ses activités de soutien aux valorisations innovantes d'agro-ressources par l'industrie. Fédérateur d'un grand nombre d'acteurs industriels, agricoles et publics sur les territoires des régions Picardie et Champagne-Ardenne, le pôle IAR a très tôt exprimé le souhait de disposer d'outils pour l'aider à répondre aux enjeux du développement durable dans son activité. Dans cette seconde partie, nous présentons la réponse que nous avons proposée au pôle sur la base des apports théoriques et méthodologiques précédemment analysés[229] : la construction d'un outil d'aide à la décision dédié à l'intégration des enjeux du développement durable dans les activités du pôle IAR.

Le premier des deux chapitres de cette partie (chapitre 3) est dédié à la conception de l'outil dédié au pôle IAR, le second décrivant son développement proprement dit. Nous commencerons par définir et justifier notre proposition, en nous appuyant sur les besoins et les caractéristiques de l'activité du pôle IAR tels qu'ils ont pu être analysés à partir de 2005. Il nous a ensuite paru essentiel de débuter ces travaux de construction d'un outil d'évaluation de la durabilité par la clarification de notre approche théorique elle-même : quelle définition retenir du développement durable ? Comment traduire, de manière la plus opérationnelle possible, cette définition dans notre démarche d'évaluation dédiée aux projets soutenus par le pôle ? Quels critères retenir et sous quel angle évaluer les projets ? Cette étape nous permet de bâtir le cahier des charges précis de l'outil que nous proposons au pôle IAR : principes suivis pour son développement, mode d'emploi et résultats attendus.

Le second chapitre de cette partie, le plus technique de ce mémoire, est consacré à la description détaillée du développement de l'outil. Il présente l'ensemble des indicateurs sélectionnés, les données sur lesquelles ils reposent ainsi que la manière dont ils doivent être renseignés. Nous le concluons par une analyse critique de cette première version de l'outil développé pour le pôle IAR, ainsi que par une analyse des incertitudes qui caractérisent ses résultats.

[229] Cf. Chapitre 2.

Chapitre 3. Conception d'un outil d'analyse de la durabilité pour le pôle IAR

3.1 CHOIX METHODOLOGIQUES ET APPROCHE POUR LA CONCEPTION D'UN OUTIL D'ANALYSE DE LA DURABILITE DEDIE AU POLE IAR

3.1.1 Quel outil développer pour le pôle IAR ?

3.1.1.a De la création du pôle de compétitivité Industrie et Agro-Ressources à un projet de recherche dédié à l'analyse de son action au regard des principes du développement durable

Le pôle de compétitivité Industrie et Agro-Ressources, initié en 2005 par le gouvernement français, a souhaité dès sa conception inscrire son action dans le cadre du développement durable. En tant que structure rassemblant les principaux acteurs de la recherche et de l'innovation sur les territoires des deux grandes régions agricoles que sont la Picardie et la Champagne-Ardenne, il dispose par nature d'un fort potentiel pour y parvenir. En outre, un certain nombre des acteurs de sa création[230] souhaitaient porter une attention particulière à ces enjeux, et inscrire au cœur de la structure et de sa vocation l'ambition d'œuvrer en ce sens.

C'est dans ce contexte qu'a été exprimé le besoin de disposer d'outils spécifiques, afin de mesurer et valider l'apport du pôle pour l'élaboration d'itinéraires de développement locaux et globaux durables. En effet, si rassembler des acteurs disposant de leviers puissants et porter l'ambition de s'orienter vers des modes de développement durable est une condition souvent nécessaire, elle est loin d'être suffisante pour garantir la durabilité des actions mises en œuvre au final ; les exemples sont aujourd'hui légion.

[230] Au nombre de ces acteurs mobilisés dès l'origine sur le sujet du développement durable figurent Dominique Bourg (alors directeur du Centre de Recherches et d'Etudes Interdisciplinaires sur le Développement Durable (CREIDD) de l'Université de Technologie de Troyes), Roger Puff (délégué régional de l'INERIS et par la suite administrateur du pôle IAR) ainsi que Daniel Thomas (directeur du Laboratoire de Technologie Enzymatique à l'Université de Technologie de Compiègne, vice-président du Conseil Scientifique de l'Université de Technologie de Compiègne et futur vice-président du pôle IAR). Dominique Bourg et Roger Puff ont été très rapidement chargés de créer et d'animer un groupe de travail sur l'évaluation technologique et le développement durable, qui a évolué par la suite en une Commission d'Orientation Stratégique chargée de piloter les réflexions au sein du pôle IAR en matière de « disponibilité de la ressource et développement durable ».

En ce qui concerne le pôle IAR, le principe de valoriser des agro-ressources en substitution à des substances fossiles, chimiques ou de synthèse est incontestablement un bon point de départ pour développer des projets innovants en matière de développement durable. Cela ne constitue cependant pas une garantie suffisante d'un impact positif réel de tels projets. C'est sur la base de ce constat, en sus d'un besoin de mieux comprendre les enjeux du développement durable pour le pôle IAR et les moyens dont il dispose pour y faire face, que cette thèse a été lancée à l'automne 2005.

Les indicateurs de développement durable, utilisés par nombre de structures variées et actives à des échelles différentes, ainsi que la démarche proposée par l'organisation internationale The Natural Step (TNS), ont dès cette époque été identifiés comme des outils pouvant aider le pôle à œuvrer dans le sens de la durabilité. La mise au point d'indicateurs de développement durable, ainsi qu'une réflexion reposant sur les principes de TNS furent donc proposées comme premières pistes pour les recherches à mener au cours de cette thèse. Restait à formuler et proposer une problématique assortie d'objectifs concrets pour ces travaux, ce qui a été réalisé au cours de l'année 2006.

En parallèle, la structure du pôle IAR, son fonctionnement et ses principes d'action se sont progressivement définis au cours de l'automne 2005 et du printemps 2006. La compréhension de ces évolutions était indispensable pour espérer aboutir à des propositions pertinentes en matière d'analyse et d'évaluation de la durabilité. La vocation du pôle s'est très vite affirmée avec force : favoriser l'innovation en matière de valorisations non alimentaires d'agro-ressources ainsi que le développement économique et social des territoires régionaux, tout en ayant l'ambition de devenir un acteur visible et influent à l'échelle européenne à l'horizon 2015. Le pôle IAR fait également partie dès 2005 des quelques pôles de compétitivités français dits « à vocation mondiale » (9 pôles parmi les 67 puis 71 créés au total en 2005 et 2007[231]). Dans ce cadre, son principal moyen d'action est l'accompagnement et le soutien d'acteurs industriels et scientifiques dans le montage de projets compétitifs ou « précompétitifs » innovants, s'inscrivant à l'origine dans quatre secteurs stratégiques : les bioénergies (dont les biocarburants), les agro-matériaux, les biomolécules et les ingrédients alimentaires pour l'alimentation humaine ou animale. Cette démarche s'inscrit dans une logique globale de « valorisation de la plante entière ».

[231] Le CIACT (Comité Interministériel d'Aménagement et de Compétitivité des Territoires) du 5 juillet 2007, après de nouvelles candidatures et la fusion de pôles déjà labellisés, porte le nombre de total de pôles de compétitivité de 67 à 71.

Outre l'aide et les conseils apportés aux porteurs et aux partenaires de ces projets pour leur montage, le soutien du pôle se concrétise principalement par le biais d'un label, décerné selon un certain nombre de critères et censé faciliter l'obtention de financements[232] pour les projets concernés. La labellisation est un processus en deux étapes : le projet doit tout d'abord répondre à un certain nombre de critères d'éligibilité, puis recueillir un avis favorable de la part des experts et des membres de la commission scientifique qui étudie les projets en s'appuyant sur une grille d'évaluation. Ces experts et cette commission sont des experts nationaux et internationaux désignés par le pôle IAR ; ils émettent un avis consultatif. Les critères d'éligibilité[233] pour les projets sont les suivants :

- S'inscrire dans une des principales thématiques du Pôle IAR (biomolécules, bioénergie, agromatériaux, additifs, ingrédients végétaux ou bioraffinerie), ou dans l'axe « amélioration et adaptation de la ressource » (pour les projets portant sur les matières premières agro-ressources spécifiques et/ou sur la mise au point de procédés spécifiques, ou sur l'adaptation de méthodologies générales pour une application aux thématiques du pôle) ;
- Associer à minima un acteur économique et un laboratoire ;
- Avoir des participants implantés en majorité en régions Champagne Ardenne et Picardie ;
- Présenter un caractère innovant ;
- S'appuyer sur une R&D de qualité ;
- Avoir des retombées significatives sur les territoires du Pôle IAR (en terme d'emploi, de création de valeur, d'attractivité du territoire…) ;
- Présenter un engagement fort des partenaires.

Les critères de labellisation utilisés de 2005 à début 2008 sont au nombre de seize, regroupés en quatre ensembles portant respectivement sur l'intérêt général du projet, sur sa qualité générale, sur sa faisabilité et sa crédibilité et enfin sur les retombées attendues. Pour chaque critère, une note de un à cinq est attribuée au projet[234]. Ces critères sont tous assortis d'un coefficient de pondération dont la valeur peut également être comprise entre un et cinq, la somme de tous les coefficients étant égale à 50. Le coefficient de chaque critère peut différer

[232] Les projets soutenus par le pôle de compétitivité IAR peuvent être orientés vers plusieurs types de financeurs : FUI (Fonds Unique Interministériel), ANR (Agence Nationale de la Recherche), Oséo, conseils régionaux, etc.
[233] Ces critères ont été révisés en mars 2008 de manière à être élargis et complétés.
[234] 5 : excellente qualité ; 4 : bonne qualité ; 3 : moyen ; 2 : faible ; 1 : très faible.

selon que le projet évalué est un projet industriel (« compétitif ») ou un projet de recherche et développement (« précompétitif »). Les experts et la commission d'évaluation sont invités à prendre en compte les coefficients attribués à chaque critère dans l'avis qu'ils émettent sur les projets qui leurs sont soumis.

Critères d'évaluation utilisés jusqu'en 2008		Coefficient	
		R&D	Compétitif
A) Intérêt du projet			
1	Nature stratégique du projet pour les entreprises et positionnement international	2	4
2	Nature du programme R&D prévu et caractère novateur du projet	4	2
3	Adéquation du projet avec les axes prioritaires du pôle	4	4
4	Complémentarité avec les autres projets du pôle	1	1
B) Qualité du projet			
5	Qualité de formulation du projet	3	2
6	Qualité de l'analyse technique et économique / Maîtrise de l'environnement du projet	3	5
7	Qualité et complémentarité du partenariat	4	3
8	Partenariat entre les régions du pôle	1	1
C) Faisabilité / Crédibilité du projet			
9	Pertinence scientifique et technologique du projet	5	3
10	Viabilité économique et financière du projet *	3	5
11	Cohérence des délais et budgets	2	2
12	Degré de risque inhérent au projet	5	5
D) Retombées attendues du projet			
13	Perspectives de retombées scientifiques	5	3
14	Perspectives de retombées industrielles et économiques	3	5
15	Impacts environnementaux - développement durable	3	3
16	Impact sur l'attractivité du pôle	2	2
Total		**50**	**50**

* considérer en particulier le critère "coût d'acquisition et de transport de la ressource"

Tableau n°5 Critères d'évaluation des projets utilisés par les experts du pôle IAR et la commission d'évaluation, de 2005 à début 2008 (détail : cf. Annexe 6).

Ces critères d'éligibilité et d'évaluation sont très insuffisants en ce qui concerne le traitement qu'ils font du développement durable : bien que le pôle affiche clairement l'objectif de soutenir des projets « durables » et fasse reposer une bonne partie de sa communication sur un argumentaire « vert » et « développement durable », l'intégration de principes et d'enjeux de durabilité dans les projets n'est en réalité pas requise au-delà de critères subjectifs et propres à chacun des experts.

3.1.1.b Vers un outil pour analyser la durabilité des projets candidats à la labellisation du pôle IAR

UN OUTIL POUR ANALYSER LES PROJETS, INTEGRE DANS LA PROCEDURE DE LABELLISATION DU POLE

L'analyse des ambitions, des objectifs, des méthodes de travail ainsi que du contexte dans lequel évolue le pôle IAR, ont permis de définir un premier objectif concret pour nos travaux de recherche : concevoir et développer un outil dédié à l'intégration des principes du développement durable dans l'activité du pôle IAR, puis tester cette démarche sur un cas réel. Il a semblé logique que cet outil cible les projets soutenus par le pôle : ils représentent en effet la concrétisation directe de l'action du pôle et sont à la source de tous les impacts qui découleront de son activité. Le principal levier d'action dont le pôle IAR dispose sur ces projets est la procédure de labellisation en elle-même, telle que nous l'avons décrite précédemment. En 2005 et 2006, le pôle ne prévoit pas de mettre en œuvre un réel suivi des projets qu'il labellise[235] : une fois leur projet labellisé, les porteurs de projets n'ont plus à lui rendre de comptes. Ainsi c'est seulement au moment de la labellisation que le pôle peut se positionner sur l'intérêt, le bien-fondé et les perspectives présentées par les projets.

L'outil visé par ces travaux de recherche devait donc apporter une aide au pôle en matière d'intégration des principes de développement durable, en s'insérant dans la procédure de labellisation utilisée. Le pôle IAR ne manifestant pas de réelle volonté de s'appuyer sur ces travaux pour faire évoluer sa procédure, il sembla en effet plus réaliste de s'adapter à l'existant de manière à ouvrir des perspectives d'évolution pour l'avenir. Les critères déjà utilisés pouvaient être complétés : le critère n°15 (cf. Tableau n°5) en particulier, totalement inopérationnel en l'état, devait absolument être remplacé.

DES INDICATEURS POUR L'AIDE A LA DECISION ET L'EVALUATION « EX-ANTE »

La procédure de labellisation du pôle IAR constitue en soi une procédure de décision : celle de labelliser – et donc de soutenir – ou non les projets de valorisation d'agro-ressources. Cette décision se fonde sur l'analyse ou encore l'évaluation de l'intérêt des projets présentés et de leur adéquation avec les objectifs stratégiques du pôle. L'objectif de ces travaux s'orientait

[235] Il ne le fait toujours pas en 2008.

dès lors vers la mise au point d'un outil d'aide à la décision, portant sur les projets, leurs caractéristiques et leurs impacts, au moment de leur candidature à une labellisation par le pôle IAR. Il s'agit donc d'un cas d'évaluation « ex-ante » : en phase amont de la réalisation des projets. Les indicateurs de développement durable, identifiés dès le début de ce projet de recherche, ont été les instruments choisis en concertation avec le pôle IAR[236] pour construire cet outil d'évaluation « ex-ante ». Un certain nombre de contraintes ont cependant été identifiées dès ce stade pour la mise en œuvre de ces indicateurs :

- Des contraintes sur la nature et la quantité d'informations disponibles sur les caractéristiques des projets et de leurs impacts, au moment de la candidature à une labellisation. Ces informations représentent la base informationnelle sur laquelle doivent s'appuyer les indicateurs ;
- Des contraintes de temps et de moyens concernant la mise en œuvre de l'outil en lui-même pour analyser les projets sous l'angle du développement durable : en cas d'absence d'incitation forte de la part du pôle IAR, la plupart des porteurs de projets (et les acteurs du pôle) ne seront prêts à consacrer qu'un temps et des ressources assez limités à la réalisation de cette analyse ou à la recherche des informations nécessaires.

L'enjeu était dès lors de trouver un équilibre entre la mesure des contraintes que cet outil d'aide à la décision allait imposer aux porteurs de projets et la nécessité de garantir un résultat fiable et pertinent.

UN OUTIL DE SENSIBILISATION

Outre un besoin d'analyse et d'évaluation des projets, un fort besoin de sensibilisation était identifiable au sein du pôle IAR dès 2005 : la plupart des membres et des acteurs du pôle manquaient d'informations sur les enjeux du développement durable pour leurs activités, même si ce besoin n'était pas clairement ressenti ou exprimé[237]. C'était un enjeu incontournable pour l'outil en gestation : le risque était de développer un outil d'experts alors qu'il ne s'adresse pas à des experts. Cet outil devait donc à la fois être largement accessible

[236] En particulier Daniel Thomas et les membres du groupe de travail en charge de la réflexion sur l'évaluation des choix technologiques et le développement durable.

[237] C'est dans ce contexte et pour répondre à ce besoin qu'un séminaire de sensibilisation a été organisé en juin 2006 par le groupe en charge de la réflexion sur l'évaluation des choix technologiques et les enjeux du développement durable, et en particulier Dominique Bourg et Roger Puff. Ce séminaire organisé sur deux jours était ouvert à tous les membres du pôle IAR et rassemblait plusieurs conférenciers de haut niveau, pour des interventions sur les différents enjeux du développement durable pour le pôle IAR (programme : cf. Annexe 8).

(dans sa compréhension et dans sa mise en œuvre) mais également permettre de faire progresser les acteurs du pôle IAR dans leur compréhension des enjeux du développement durable.

3.1.1.c Ce qui n'a pas été développé, ce qui aurait pu l'être et pourquoi

D'autres objectifs que ceux présentés ci-dessus auraient pu être ciblés dans le cadre de ces travaux. Un certain nombre d'autres options ont été envisagées un temps puis écartées. En voici les principales :

DES VOLETS SUPPLEMENTAIRES POUR L'OUTIL DEVELOPPE

A l'origine, il était envisagé de concevoir un outil d'aide à la décision, reposant sur des indicateurs de développement durable, permettant non seulement d'évaluer les projets candidats à la labellisation du pôle IAR, mais également de réaliser un suivi dans le temps de ces projets et d'évaluer l'action du pôle au niveau global. Il s'agissait donc d'évaluer les projets en « ex-ante » et en « ex-post » (avant et après leur réalisation), ainsi que d'observer la cohérence et les interactions de l'ensemble des projets soutenus par le pôle.

Ces deux volets ont finalement été écartés : leur mise en œuvre au cours des trois années prévues pour ces travaux n'a pas semblé réaliste. Ils supposaient en effet la conception de trois volets très différents les uns des autres, avec notamment la sélection d'indicateurs spécifiques pour chacun. De plus, outre le manque de temps pour réaliser un tel travail dans le temps imparti pour la thèse, un certain nombre de conditions n'étaient pas réunies :

- Le pôle dans son action n'effectuait pas de suivi des projets labellisés : la mise en œuvre d'une évaluation « ex-post » ne pouvait dès lors s'appuyer sur aucune procédure existante ;
- L'analyse de l'ensemble des projets soutenus par le pôle supposait également une capacité de la part du pôle à rassembler et mettre en commun ces informations en vue de les confronter. Là encore les procédures étaient inexistantes, et cette démarche se heurtait en outre à un problème de confidentialité difficile à résoudre pour le pôle IAR (à plus forte raison à ses débuts en 2006) ;

- De manière générale une telle démarche globale supposait pour la conception de cet outil une collaboration et un suivi étroit de la part du pôle IAR ; une telle implication ne semblait pas pouvoir être attendue en 2006.

INTEGRER LA DEMARCHE TNS

Nous l'avons écrit plus haut, l'approche proposée par The Natural Step a été identifiée comme une piste à approfondir dès le début de ces travaux de recherche. Son apport en termes de planification stratégique du développement durable semble effectivement très bien adapté au contexte, aux objectifs et à l'action du pôle IAR. Mettre en œuvre la démarche TNS suppose cependant dès l'origine une adhésion et une implication forte de la structure à son plus haut niveau : cela n'a pas été le cas pour le pôle IAR.

TNS a été sollicité dès 2006 par le CREIDD et le groupe de travail du pôle IAR sur l'évaluation des choix technologiques et le développement durable. Caroline Gervais, présidente de l'association TNS France, a présenté pour la première fois la démarche de TNS au pôle IAR au cours du séminaire sur le développement durable organisé par celui-ci en juin 2006. Cette conférence a marqué le point de départ de deux projets parallèles :

- L'accompagnement du pôle par TNS pour la formalisation de sa stratégie et de ses objectifs en terme de développement durable ;
- L'application test de la démarche TNS au cas de quelques projets soutenus par le pôle IAR.

Le premier de ces deux projets n'a jamais abouti, du fait du peu d'implication de la part du pôle IAR, en particulier de son équipe dirigeante. Le caractère capital de la formalisation d'une véritable stratégie à long terme pour le pôle IAR, tenant compte des principes et des enjeux du développement durable, ne fut pas considéré, voire réellement compris. Ce travail permettrait pourtant au pôle de déterminer son cap et sa feuille de route pour son développement sur le long terme, en accord avec les enjeux de la durabilité auxquels il est soumis, comme n'importe quelle autre organisation. Le second projet fut mené à bien au cours de l'automne 2007, soit un an et demi après le séminaire initial. Ce retard découle lui aussi du même manque d'implication du pôle. La démarche TNS a finalement été appliquée au cas d'une entreprise et du projet qu'elle avait fait labelliser par le pôle IAR. Le travail a été réalisé par Caroline Gervais de TNS France et le responsable de cette entreprise, et suivi par

Nicolas Buclet et Anne-Lise Fèvre au titre du CREIDD : notre rôle était de suivre ces travaux avec un regard extérieur et de restituer l'intérêt de la démarche TNS pour le pôle IAR. En 2008 cependant, ce travail et sa restitution n'ont pas été réellement suivis d'effets.

Les propositions de TNS ont paru globalement rencontrer une certaine défiance au sein du pôle IAR. L'attention s'est focalisée davantage sur l'intervention considérée comme intéressée d'une « structure de conseil » extérieure au pôle, que sur les réels enjeux de développement du pôle et sur ce que de tels travaux pouvaient lui apporter.

Une amorce d'intégration des principes proposés par TNS a été réalisée au niveau de la conception de l'outil d'analyse de la durabilité dédié au pôle IAR. Là encore, le manque d'implication et donc de synergies possibles avec l'action du pôle a été un obstacle à la poursuite de cette intégration : elle aurait fait courir à cet outil des risques supplémentaires de ne pas être utilisé[238].

3.1.2 Un outil d'analyse mettant en œuvre des indicateurs de développement durable et reposant sur une approche sectorielle des projets et de leur cycle de vie

3.1.2.a Quelle vision du développement durable ? Identification des enjeux du développement durable dans une approche intégrant le cycle de vie d'un projet

Pour apporter une aide au pôle IAR à la compréhension des atouts et des problèmes posés par les projets en terme de développement durable, il fallait concevoir un outil qui repose sur une conception claire du développement durable et de ses principes, et qui mette en évidence les liens entre les projets et leurs impacts d'un côté, et les principes de durabilité de l'autre. Les résultats obtenus grâce à cet outil d'évaluation doivent fournir un guide pour des décisions et surtout pour des actions efficaces, en terme de mise en cohérence des actions du pôle (et des porteurs de projets) avec les principes du développement durable. L'enjeu est donc que les indicateurs permettent que les effets des actions mises en œuvre soient visibles et mesurables.

[238] Nous reviendrons plus loin sur ce défaut d'implication du pôle IAR, ce qui nous donnera l'occasion d'émettre quelques propositions (cf. 5.2).

LE DEVELOPPEMENT DURABLE : UNE FINALITE, DEUX DEFIS ET SEPT ENJEUX

La première étape pour la conception de cet outil a donc consisté à définir le développement durable. Parmi la multitude d'approches, de définitions, que pouvions-nous proposer qui serait le plus adéquat, opérationnel, mais aussi simple et parlant pour le pôle IAR ? La définition sur laquelle nous nous sommes finalement appuyés est la suivante :

« Le développement durable est un mode de développement ciblant le bien-être du plus grand nombre, en apportant une réponse aux deux défis majeurs auxquels nos sociétés doivent faire face : la maîtrise du changement global et la réduction des inégalités ».

Les différentes composantes de cette définition doivent être précisées, en commençant par la finalité du développement durable : le bien-être. Il est ici compris dans la perspective des travaux et de l'approche d'Amartya Sen sur les besoins humains et l'économie du bien-être (cf. 2.1.2.a) : le bien-être d'un individu repose à la fois sur la capacité d'agir et sur la satisfaction ressentie : chacun est acteur de son propre bien-être qui dépend autant du « faire » que de « l'avoir ». Le bien-être peut également être défini en termes de satisfaction des besoins humains fondamentaux : les travaux de Manfred Max-Neef font ici référence[239]. Max-Neef définit treize besoins fondamentaux classés en deux catégories, les besoins existentiels et les besoins axiologiques, qui interagissent au sein d'une matrice. En dehors du besoin de subsistance, qui prime sur les autres, ils ne sont pas hiérarchisés entre eux. Ils doivent être différenciés des moyens qui peuvent être mis en œuvre pour les satisfaire, et qui apparaissent également dans la matrice de Max-Neef (cf. tableau page suivante). Concernant la satisfaction des besoins, Max-Neef ajoute en outre : « there is no one-to-one correspondence between needs and satisfiers. A satisfier may contribute simultaneously to the satisfaction of different needs or, conversely, a need may require various satisfiers in order to be met. Not even these relations are fixed. They may vary according to time, place and circumstance »[240].

[239] **Max-Neef, M.** (1991). *Human scale development : Conception, application and further reflections*. New York, The Apex Press. 114 p.
[240] Ibid. p.17.

Table 1: MATRIX OF NEEDS AND SATISFIERS*

Needs according to existential categories / Needs according to axiological categories	*BEING*	*HAVING*	*DOING*	*INTERACTING*
SUBSISTENCE	1/ Phíasical health, mental health, equilibrium, sense of humor, adaptability	2/ Food, shelter, work	3/ Feed, procreate, rest, work	4/ Living environment, social setting
PROTECTION	5/ Care, adaptability, autonomía, equitibrium, solidarity	6/ insurance systems, savings, social securitía, health siastems, rights, family, work	7/ Cooperate, prevent, ptan, take care of, cure, help	8/ Living space, social environment, dwelling
AFFECTION	9/ Self-esteem, solidarity, respect, tolerance, generositía, receptiveness, passion, determination, sensuality, sense of humor	10/ Friendships, family, partnerships, relationships with nature	11/ Make love, caress, express emotions, share, Cake care of, cuttivate, appreciate	12/ Privacy, intimacy, home, space of togethemess
UNDER-STANDING	13/ Critical conscience, receptiveness,curiosity, astonishment, discipline, intuition, rationality	14/ Literature, teachers, method, educational policies, communication policies	15/ investigate, study, experiment, educate, analiaze, meditate	16/ Settings of formative interaction, schools, universities, academies, groups, communities, family
PARTICIPATIÑ	17/ Adaptabilitía, receptiveness, solidaritía, witlingness, determination, dedication, respect, passion, sense of humor	18/ Rights, responsibilities, duties, privileges, work	19/ Become affiliated, cooperate, propose, share, dissent, obeía, interact, agree on, express opinions	20/ Settings of participative interaction, parties, associations, churches, communities, neighborhoods, family
IDLENESS	21/ Curiositía, receptiveness, imagination, reckessness, sense of humor, tranquility, sensuality	22/ Games, spectacles, clubs, parties, peace of mind	23/ Daydream, brood, dream, recall old times, give waia to fantasies, remember, relax, have fun, play	24/ Privacy, intimacy, spaces of closeness, free time, surroundings, landscapes.
CREATION	25/ Passion, determination, intuition, imagination, boldnoss, rationality, autonomy,	26/ Abilities, skilis, method, work	27/ Work, invent, build, design, compose, interpret	28/ Productive and feedback settings, workshops, cullural groups, audiences, spaces for expression, temporal freedom

Table 1 - continued

Needs according to existential categorte / Needs according to axiological categories	BEING	HAVING	DOING	INTERACTING
IDENTITY	29/ Sense of belonging, consistency, differentiation, self-esteem, assertiveness	30/ Symbols, language, religion, habits, customs, reference groups, sexuality, values, norms, historical memory, work	31/ Commit oneself, integrate oneself, confront, decide on, get to know oneself, recognize onesetf, actualize oneself, grow	32/ Sociat rhythms, everyday settings, settings which one belongs to, maturation stages
FREEDOM	33/ Autonomía, self-esteem, determination, passion, assertiveness, openmindedness, boldness, rebelliousness, tolerance	34/ Equal rights	35/ Dissent, choose, be different from, run risks, develop awareness, commit oneself, disobey	36/ Temporal/spatial plasticity

Tableau n°6 Matrice des besoins humains (quatre besoins existentiels, neuf besoins relatifs aux valeurs) et des manières de les satisfaire. (Max-Neef 1991) (p. 32.)

Le premier des deux défis à relever dans le cadre du développement durable, à savoir le changement global, englobe toutes les perturbations des grands cycles biogéochimiques qui sont autant de phénomènes relativement récents, liés à l'industrialisation et au développement mondialisé des sociétés humaines. Nous l'avons détaillé en cinq composantes. Leur choix est par nature discutable et n'ambitionne en rien un caractère ultime : s'ils sont le fruit de plusieurs mois de discussions et de réflexions visant à obtenir une certaine exhaustivité, ils ne sont que le reflet d'un certain angle d'analyse parmi d'autres. Ces cinq composantes du changement global sont les suivantes (cf. 1.1 pour plus des explications plus complètes) :

- <u>L'épuisement des ressources en énergies fossiles :</u> la crise énergétique est sans doute l'enjeu environnemental qui préoccupe le plus les dirigeants du monde entier, tant ses conséquences géopolitiques sont importantes. Nos sociétés sont totalement dépendantes des énergies fossiles (en particulier le pétrole, le charbon et le gaz naturel), et les consomment à un rythme tel que les ressources planétaires arrivent aujourd'hui à épuisement et que nous ne disposons pas d'alternatives simples et immédiates ;
- <u>Le changement climatique :</u> les émissions de gaz à effet de serre, en particulier d'origine anthropique depuis le début de l'ère industrielle, sont en train de déséquilibrer la machinerie climatique planétaire dont dépend l'ensemble de la vie sur Terre. Le changement climatique englobe un certain nombre de phénomènes pour la plupart mal décrits car inédits jusqu'à aujourd'hui, et dont les scientifiques du monde entier

s'attachent à anticiper les mécanismes et les conséquences. Celles-ci sont très redoutées, dans la mesure où elles affecteront une très grande partie de la population et des écosystèmes mondiaux (notamment les plus vulnérables), et où elles seront vraisemblablement irréversibles ;

- L'érosion de la biodiversité : la biodiversité désigne la diversité du monde vivant terrestre. Cette diversité[241] est une richesse inestimable et irremplaçable notamment en termes de services rendus à l'humanité. Qu'on lui accorde une valeur économique, éthique, écologique ou autre, la biodiversité est aujourd'hui un sujet de préoccupation majeur : sous la pression des activités humaines (destructions, pollutions et nuisances, etc.), le taux actuel de disparition des espèces est tel qu'il s'apparente aux grandes crises d'extinction déjà rencontrées par la biodiversité terrestre au cours de l'histoire de la planète ;
- La dégradation des écosystèmes : sous la pression de l'urbanisation et de la conversion des sols, de l'extraction et de la consommation de ressources naturelles, mais aussi des émissions polluantes, les écosystèmes terrestres sont très fortement sollicités par les activités humaines. Leur gestion et leur exploitation sont malheureusement bien souvent défaillantes, d'où une dégradation croissante évidemment très en lien avec les problèmes d'érosion de la biodiversité ;
- La dégradation des ressources en eau : l'eau est un bien naturel irremplaçable et nécessaire à la vie, malheureusement mal distribué et qui se raréfie à l'échelle planétaire sous la pression d'une démographie galopante ainsi que d'infrastructures et de modes de gestion défaillants. L'eau est et sera ainsi à la source de nombreux conflits géopolitiques passés et à venir. La préservation des ressources en eau douce et l'accès à l'eau potable doivent aujourd'hui être une priorité mondiale.

Le second défi à relever, la croissance des inégalités à l'échelle mondiale – notamment en termes de répartition des richesses – est un phénomène qui accompagne le développement économique globalisé actuel, tendant à démontrer l'incapacité de nos modes de développement à y faire face efficacement (cf. 1.1.2). Nous proposons de détailler ce second défi en deux composantes (un lien direct existe en outre avec la cinquième composante du changement global : la dégradation des ressources en eau) :

- La production et la répartition des richesses : nous sommes là au cœur des questions d'équité : les modes de développement actuellement suivis par nos sociétés sont

hautement producteurs d'inégalités, au niveau global comme au niveau local. Il s'agit de trouver les moyens de distribuer équitablement, à toutes échelles spatio-temporelles, les richesses produites ; c'est-à-dire tant localement que globalement et tant sur le plan intergénérationnel qu'intragénérationnel ;

- La santé et la dignité humaine : le droit des humains à mener une vie digne et en bonne santé est aujourd'hui encore très loin d'être respecté pour tous à l'échelle mondiale. Il s'agit là aussi d'un objectif majeur pour des modes de développement à inventer.

L'ensemble de ces composantes forme donc au final sept enjeux, que nous retenons comme étant les sept enjeux que les activités humaines doivent intégrer pour s'inscrire dans un développement durable. Il s'agit de la première étape de l'approche théorique sur laquelle repose l'outil d'analyse et d'évaluation développé pour le pôle IAR ; approche qui se veut pratique, concrète et opérationnelle. Cette définition du développement durable permet de mettre en évidence non seulement la finalité de toutes activités humaines mais également les enjeux sur lesquels il faut agir pour atteindre l'état de durabilité. Les sept enjeux sont en outre bien souvent interdépendants : il est par exemple impossible de dissocier totalement biodiversité et écosystèmes.

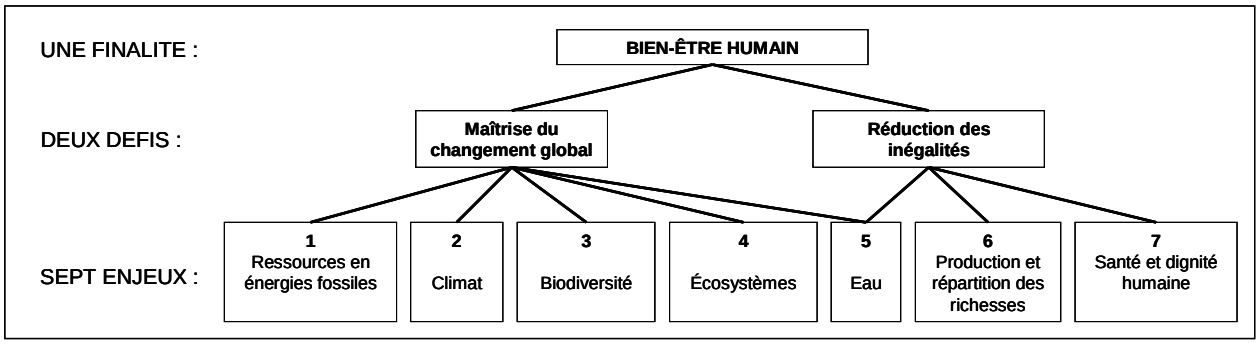


Figure n°18 Une définition opérationnelle du développement durable : une finalité, deux défis et sept enjeux.

L'économie en tant que telle n'est pas une composante de cette approche du développement durable : c'est un point qui peut surprendre dans la mesure où la définition la plus classique du développement durable, celle dite « des trois piliers », la place au premier plan[242]. Cette vision des choses, symptomatique d'un certain glissement de l'économie politique à

[241] On parle notamment de la diversité génétique, de la diversité des espèces et de la diversité des écosystèmes.
[242] Ce faisant, l'économie se retrouve sur le même plan que les enjeux sociaux, environnementaux et éthiques.

l'économie et à la « société de marché »[243], peut cependant se révéler perverse dans la mesure où elle s'accompagne souvent d'une mise hors du champ de la science économique de toute réflexion sur les valeurs et l'éthique d'une société[244]. L'économie est et doit cependant rester un outil au service du développement des sociétés. Elle n'est en soi ni un enjeu ni une finalité ; à ce titre elle n'a sa place dans l'approche et la définition du développement durable que nous venons de décrire, qu'en tant que moyen de répondre aux sept enjeux identifiés pour parvenir au bien-être du plus grand nombre.

Cette façon de définir le développement durable peut cependant encore être considérée comme incomplète si l'on attend d'elle des éléments précis sur la manière de répondre à ces sept enjeux, de relever les deux défis et d'atteindre la finalité du développement. Cette « bonne façon de faire » touche cependant à la fois au domaine des experts (qui cherchent à définir avec précision l'état des écosystèmes ou du climat par exemple, les seuils d'irréversibilité à ne pas dépasser, etc.) mais également au domaine des décideurs qui, partant de données mesurées et rapportées par les experts, définissent des priorités et des objectifs et allouent ou non des moyens pour les atteindre. Plutôt que d'une définition, tout cela semble plutôt relever de la façon dont les sociétés vont choisir et être capables de mettre en œuvre des solutions pour s'inscrire dans un développement durable.

Il est cependant possible de consolider quelque peu notre définition en revenant sur les propositions de TNS (cf. 2.2.1.a), et en s'appuyant en particulier sur les quatre conditions de la durabilité :

> « Dans une société durable, la nature n'est pas systématiquement soumise :
> 1. à une augmentation de la concentration des substances extraites de la croûte terrestre ;
> 2. à une augmentation de la concentration des substances produites par les sociétés humaines ;
> 3. à une augmentation de la dégradation de ses capacités physiques.
> De plus, dans une société durable :
> 4. les ressources doivent être utilisées efficacement et équitablement de façon à pouvoir satisfaire les besoins humains fondamentaux dans le monde entier. »

[243] Voir notamment le rapport « Reconsidérer la richesse » dans lequel Patrick Viveret analyse l'évolution et les transformations de la science économique. Viveret dit notamment : « Quand l'économie devient à ce point déterminante (…) que le politique lui même calque ses valeurs, ses références, ses critères d'efficacité et d'efficience sur ceux de l'économique, alors l'équilibre de l'ensemble sociétal est gravement menacé : nous passons d'un univers où ce qui a vraiment de la valeur n'a pas de prix, pour rentrer dans un autre, que nous voyons se mettre en place sous nos yeux, où ce qui n'a pas de prix n'a pas réellement de valeur » **Viveret, P.** (2002). *Reconsidérer la richesse, Mission « Nouveaux facteurs de richesse »*. Secrétariat d'Etat à l'économie solidaire, 135 p., p.15.

[244] « Rien n'indique mieux la transformation des moyens en fins, au coeur de l'économisme, que le fait de considérer le désir de gains monétaires, l'activité lucrative, comme un objectif se suffisant à lui-même. » (Ibid., p. 5)

Ces conditions représentent pour TNS les principes définissant l'état de durabilité pour tout système. Ils sont un guide précieux pour la décision et l'action. Un lien peut être établi entre ces quatre conditions et les sept enjeux proposés, en cherchant à identifier la ou les conditions de TNS dont relève chaque enjeu :

	TNS : Les 4 conditions de la durabilité			
	Condition 1 Augmentation des concentrations de substances extraites de la croûte terrestre	**Condition 2** Augmentation des concentrations de substances produites par la société	**Condition 3** Augmentation de la dégradation physique des écosystèmes	**Condition 4** Utilisation efficace et équitable des ressources pour satisfaire les besoins humains fondamentaux
Enjeu 1 : épuisement des ressources en énergies fossiles	x			
Enjeu 2 : changement climatique		x		
Enjeu 3 : érosion de la biodiversité		x	x	
Enjeu 4 : dégradation des écosystèmes	x	x	x	
Enjeu 5 : dégradation des ressources en eau		x	x	
Enjeu 6 : répartition des richesses				x
Enjeu 7 : santé et dignité humaine		x		x

Tableau n°7 Lien entre les sept enjeux du développement durable retenus et les quatre conditions de la durabilité définies par TNS

Cette réflexion représente une base intéressante pour une éventuelle future reprise des collaborations entre TNS France et le pôle IAR : elle permettrait d'établir un lien direct et de garantir une certaine cohérence entre la vision stratégique et les objectifs de développement durable qui pourraient alors être définis par le pôle, et l'outil développé au cours de ces travaux de recherche.

ANALYSE DES PROJETS SOUS L'ANGLE DE L'IMPACT DES ACTIVITES HUMAINES

L'étape suivante consistait à définir les principes d'analyse et d'évaluation des projets soutenus par le pôle IAR, en s'appuyant sur la définition du développement durable présentée ci-dessus. Les projets ont une influence sur les enjeux du développement durable par l'intermédiaire des impacts générés tout au long de leur cycle de vie : nous nous sommes donc focalisés sur l'analyse de ces impacts. Un projet de valorisation d'agro-ressources se caractérise par des impacts potentiels, positifs ou négatifs, pour les sept enjeux du développement durable. Ces impacts potentiels peuvent eux-mêmes être rassemblés en un

certain nombre de catégories d'impacts en vue de synthétiser la démarche. Ce raisonnement nous a conduit à définir neuf catégories d'impacts, spécifiques des projets de R&D portant sur la valorisation des agro-ressources :

- La conversion des sols : toutes les modifications de l'usage des sols, y compris la déforestation, hors urbanisation ;
- L'urbanisation : utilisation de terrains jusque là plantés (agriculture, agroforesterie, prairies…) ou « naturels » pour y implanter des activités urbaines, des infrastructures industrielles ou de transport, ou encore de l'habitat. Ces implantations s'accompagnent alors bien souvent d'une étanchéification et d'une stérilisation de ces sols ;
- Les énergies fossiles : consommations d'énergies fossiles ;
- Les émissions, rejets, déchets : rejet ou émission dans l'environnement de substances polluantes (pour l'air, l'eau, le sol et/ou la santé) ou de déchets ;
- Les consommations d'eau ;
- Les ressources naturelles : consommations de ressources naturelles non renouvelables (ou consommées au-delà de leurs seuils de renouvelabilité), hors énergies fossiles et eau ;
- La maîtrise des risques ;
- Les échanges commerciaux ;
- L'emploi.

Ces catégories d'impacts ont été arrêtées au bout de plusieurs mois de réflexions et discussions. Elles représentent elles aussi un certain angle de vue, mais visent en tous cas à englober de façon exhaustive tous les impacts pouvant être générés par un projet de valorisation industrielle d'agro-ressources, tout au long de son cycle de vie. A une importante nuance près toutefois : ces catégories d'impacts s'attachent principalement aux impacts environnementaux et sanitaires. La plupart des aspects socio-économiques ont été laissés de côté à ce stade : dans la mesure où ils représentent la quasi-intégralité des critères d'évaluation déjà utilisés par le pôle IAR dans la procédure de labellisation des projets (cf. Tableau n°5), ils ne représentaient pas notre priorité. Ces aspects ont cependant vocation à être intégrés a posteriori à cette approche, en vue de la compléter et d'obtenir une démarche réellement globale.

LES IMPACTS DES ACTIVITES HUMAINES AGISSENT DIRECTEMENT SUR LES ENJEUX DU DEVELOPPEMENT DURABLE

La dernière étape de notre approche repose sur la mise en évidence du lien entre les activités humaines, en l'occurrence les valorisations industrielles d'agro-ressources, et les enjeux du développement durable. Les impacts potentiels caractérisant les activités humaines agissent en effet, de façon positive ou négative, sur les enjeux du développement durable : il est possible d'établir un lien direct entre chaque catégorie d'impact et un ou plusieurs enjeux, comme le montre le schéma page suivante.

Ce schéma fait apparaître, entre les neuf catégories d'impacts et les sept enjeux du développement durable, les impacts directs des projets, symbolisés par des flèches droites. Ces impacts directs ne sont connotés à ce stade ni négativement ni positivement : tout l'enjeu pour un projet est de minimiser ses impacts négatifs au profit d'impacts positifs.

A droite des sept enjeux du développement durable figurent des arcs de cercle reliant les enjeux entre eux : ces arcs représentent les impacts induits générés par les projets. Comme il a déjà été précisé, les enjeux sont en effet pour la plupart interdépendants. En conséquence agir sur un enjeu influencera également les enjeux qui lui sont corrélés. La compréhension de ces impacts induits est d'une importance capitale ; elle représente cependant encore, dans bien des cas, un défi scientifique. S'il était incontournable de faire apparaître ces impacts dans le cadre de cette approche, leur prise en compte dans l'analyse et l'évaluation de la durabilité des projets doit cependant s'arrêter là. Les intégrer dans l'outil dédié au pôle IAR supposait en effet d'être capable de cerner précisément chacun d'entre eux pour pouvoir l'analyser par le biais d'un ou plusieurs indicateurs spécifiques ; or l'imprécision qui entoure la connaissance de ces impacts induits et de leurs mécanismes s'y oppose.

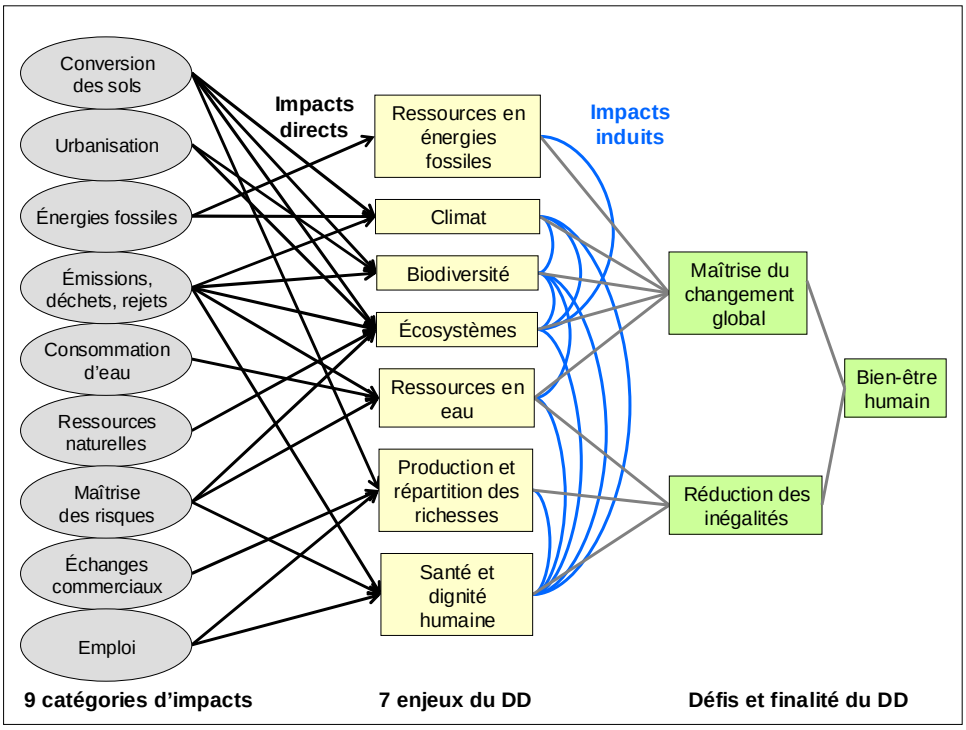


Figure n°19 Approche théorique pour la conception d'un outil d'analyse et d'évaluation de la durabilité des projets soumis au pôle IAR : influence des impacts des projets sur les enjeux du développement durable.

3.1.2.b Inventaire des impacts potentiels générés par un projet de valorisation industrielle d'agro-ressources en vue d'identifier des indicateurs de développement durable.

Une fois définie l'approche présentée ci-dessus, le travail de conception de l'outil d'analyse et d'évaluation pour le pôle IAR a consisté à inventorier, de façon systématique, les impacts qu'un projet de valorisation industrielle d'agro-ressources pouvait générer tout au long de son cycle de vie. Cet inventaire, ébauché mi-2006, s'est poursuivi et a été régulièrement revu et complété jusqu'à mi-2007. Il s'appuie sur :

- Une étude bibliographique des travaux portant sur l'analyse des impacts relatifs aux valorisations de biomasse, tous secteurs d'application confondus ;
- Le suivi de l'évolution du pôle IAR, notamment de sa communication et de sa politique interne, des travaux du groupe de travail en charge de l'évaluation technologique et du développement durable ;
- Un suivi particulier du cas de la production de carburants issus de matières premières agricoles et végétales.

IDENTIFICATION DU CYCLE DE VIE D'UN PROJET TYPE DE VALORISATION D'AGRO-RESSOURCES

Cet inventaire avait pour objectif de recenser de façon exhaustive tous les impacts sanitaires et environnementaux potentiels d'un projet de valorisation industrielle d'agro-ressources, ainsi que les impacts socio-économiques potentiels qui pourraient compléter les critères déjà identifiés par le pôle IAR (comme expliqué précédemment, cf. 3.1.2.a). Le cycle de vie d'un projet type a pour cela été identifié ; il comprend les sept étapes suivantes :

- L'étape A : la production des agro-ressources (l'agriculture) ;
- L'étape B : l'approvisionnement : l'acheminement des agro-ressources et des matières premières vers le site principal de production et de transformation (cette étape inclus également les éventuels stockages intermédiaires) ;
- L'étape C : la production et la transformation pour obtenir le produit principal ;
- L'étape D : une étape « fictive », correspondant à la prise en compte du devenir des éventuels co-produits ;
- L'étape E : la distribution : l'acheminement des produits depuis le site de production vers les éventuels sites de stockage intermédiaire et les lieux de consommation ou d'utilisation ;
- L'étape F : la consommation ou l'utilisation des produits ;
- L'étape G : la fin de vie des produits.

Ces étapes définissent le périmètre du système étudié par l'outil d'analyse : sa définition est indispensable pour garantir la prise en compte de l'ensemble des aspects du projet. Cette démarche rejoint la méthodologie de l'analyse de cycle de vie, pour laquelle il est indispensable de définir au préalable les frontières du système étudié ainsi qu'une unité fonctionnelle. Ici, l'unité fonctionnelle est généralement, pour un cas type, une unité massique ou volumique de produit. La comparaison avec la méthode de l'analyse de cycle de vie telle que définie dans les normes ISO 14040 et suivantes s'arrête toutefois là : cette méthode n'a pas été suivie pour concevoir et développer l'outil d'analyse dédié au pôle, et ce notamment

pour s'affranchir des faiblesses[245] qui la rendent inutilisable pour le cas qui nous occupe (à savoir l'analyse « ex-ante » des projets soumis au pôle pour labellisation).

Cette démarche a permis de recenser quarante-neuf impacts potentiels pour un projet-type (cf. Tableau n°8). Il était cependant d'ores et déjà clair que certains ajustements seraient par la suite nécessaires : le modèle de cycle de vie défini ici correspond en effet très bien à des projets de type « industriel », mais le pôle IAR examine également des projets plus portés sur la recherche ; l'identification des frontières du système à étudier pour de tels projets risquait d'être moins évidente, dans la mesure où leurs caractéristiques et leurs cycles de vie peuvent être plus diversifiés.

IDENTIFICATION DES CATEGORIES D'IMPACTS ET DES ENJEUX DU DEVELOPPEMENT DURABLE CONCERNES POUR TOUS LES IMPACTS POTENTIELS RECENSES

Une fois ce travail d'inventaire terminé, les impacts potentiels ont tous été confrontés à l'approche théorique du développement durable précédemment exposée, afin d'identifier pour chacun une catégorie d'impacts et un ou plusieurs enjeu(x) du développement durable. Ce travail a été réalisé pour chaque étape du cycle de vie d'un projet type, sur le modèle du Tableau n°9 et de la Figure n°20 ci-dessous, correspondant à l'étape de production des agro-ressources[246]. Ce lien établi entre les impacts d'un projet et les enjeux du développement durable est essentiel pour aider les porteurs de projets analysés à mieux cerner la portée de leurs activités, et les aider à concevoir pour leurs projets des évolutions efficaces du point de vue du développement durable.

[245] Cf. 2.2.1.b.
[246] cf. Annexe 9 pour les tableaux et schémas correspondant aux étapes B à G du cycle de vie.

Réf	Intitulé de l'impact
Etape A : Impacts associés à la production des agro-ressources	
A1	Impact de la conversion des sols sur la biodiversité
A2	Impact de la conversion des sols sur la qualité des sols
A3	Impact de la conversion des sols sur les émissions de GES
A4	Impact des cultures sur les paysages
A5	Impact environnemental des émissions liées à l'utilisation d'intrants agricoles
A6	Impact sanitaire des émissions liées à l'utilisation d'intrants agricoles
A7	Impact de **l'utilisation** d'intrants agricoles (engrais et produits phytosanitaires) sur le climat
A8	Impact, sur le climat et sur les ressources en énergie fossile, de **la production** des intrants agricoles (engrais et produits phytosanitaires)
A9	Impact, sur le climat et sur les ressources en énergies fossiles, de la mécanisation agricole
A10	Impact environnemental et sanitaire de la mécanisation agricole
A11	Impact sur les ressources en eau
A12	Impact sur les droits humains via l'emploi, les revenus et les conditions de travail, lorsque la production est implantée hors du territoire de l'UE
A13	Impact sur l'économie locale, lorsque la production est implantée hors du territoire de l'UE
Etape B : Impacts associés à l'approvisionnement (transport et stockage) en agro-ressources et autres matières premières	
B1	Impact du transport sur les ressources en énergies fossiles et sur le climat
B2	Impact du stockage des matières premières sur les ressources en énergies fossiles et sur le climat
B3	Impact environnemental du transport
B4	Impact sanitaire du transport
B5	Impact des risques environnementaux et sanitaires liés au transport et au stockage
B6	Impact du stockage sur l'occupation des sols et le paysage
Etape C : Impacts associés à la production / transformation	
C1	Impact sur les ressources en énergies fossiles et sur le climat des procédés et des stockages sur site
C2	Impact environnemental de l'implantation du site
C3	Impact sur les ressources en eau
C4	Impact des procédés sur les ressources naturelles non renouvelables (hors eau, énergies fossiles, agro-ressources)
C5	Impact environnemental des rejets, émissions et déchets issus des procédés
C6	Impact sanitaire des rejets, émissions et déchets issus des procédé
C7	Impact des risques environnementaux et sanitaires liés aux procédés
C8	Impact socio-économique des activités de production - transformation
Etape D : Impacts associés aux co-produits	
D1	Impact sur les ressources en énergies fossiles évité par la valorisation des co-produits
D2	Impact sur le climat évité par la valorisation des co-produits
D3	Impact sur les ressources en eau évité par la valorisation des co-produits
D4	Impact environnemental lié aux émissions, rejets et déchets et évité par la valorisation des co-produits
D5	Impact sanitaire lié aux émissions, rejets et déchets et évité par la valorisation des co-produits
Etape E : Impacts associés à la distribution (transport et stockage)	
E1	Impact du transport sur les ressources en énergies fossiles et sur le climat
E2	Impact du stockage sur les ressources en énergies fossiles et sur le climat
E3	Impact environnemental du transport
E4	Impact sanitaire du transport
E5	Impact des risques environnementaux et sanitaires liés au transport et au stockage
E6	Impact du stockage sur l'occupation des sols et le paysage
Etape F : Impacts associés à la consommation / utilisation	
F1	Impact net sur les ressources en énergies fossiles
F2	Impact net sur le climat
F3	Impact climatique net de l'élimination des déchets issus de l'utilisation du produit
F4	Impact net sur les ressources naturelles non renouvelables autres que l'eau et l'énergie
F5	Impact net sur les ressources en eau, en terme de consommation
F6	Impact environnemental net
F7	Impact sanitaire net
F8	Impact net des risques environnementaux et sanitaires (rejets, émissions, manipulation, incendie, explosion)
Etape G : Impacts associés à la fin de vie	
G1	Impact climatique
G2	Impact environnemental
G3	Impact des risques environnementaux et sanitaires (rejets, émissions, manipulation, incendie, explosion)

Tableau n°8 Inventaire des impacts potentiels d'un projet type de valorisation d'agro-ressources, par étape du cycle de vie (impacts environnementaux et sanitaires, et certains impacts socio-économiques).

Réf	Catégorie d'impact	Intitulé de l'impact	1 Energies fossiles	2 Climat	3 Biodiversité	4 Ecosystèmes	5 Eau	6 Répartition des richesses	7 Santé et dignité humaine
Etape A : Impacts associés à la production des agro-ressources									
A1	Conversion des sols	Impact de la conversion des sols sur la biodiversité			x				
A2	Conversion des sols	Impact de la conversion des sols sur la qualité des sols				x			
A3	Conversion des sols	Impact de la conversion des sols sur les émissions de GES		x					
A4	Conversion des sols	Impact des cultures sur les paysages				x			
A5	Déchets - Rejets - Emissions	Impact environnemental des émissions liées à l'utilisation d'intrants agricoles			x	x	x		
A6	Déchets - Rejets - Emissions	Impact sanitaire des émissions liées à l'utilisation d'intrants agricoles							x
A7	Déchets - Rejets - Emissions	Impact de **l'utilisation** d'intrants agricoles (engrais et produits phytosanitaires) sur le climat		x					
A8	Energies fossiles	Impact, sur le climat et sur les ressources en énergie fossile, de **la production** des intrants agricoles (engrais et produits phytosanitaires)	x	x					
A9	Energies fossiles	Impact, sur le climat et sur les ressources en énergies fossiles, de la mécanisation agricole	x	x					
A10	Déchets - Rejets - Emissions	Impact environnemental et sanitaire de la mécanisation agricole			x	x	x		x
A11	Eau	Impact sur les ressources en eau					x		
A12	Emploi	Impact sur les droits humains via l'emploi, les revenus et les conditions de travail, lorsque la production est implantée hors du territoire de l'UE						x	x
A13	Echanges commerc.	Impact sur l'économie locale, lorsque la production est implantée hors du territoire de l'UE						x	

Tableau n°9 Catégories d'impacts et enjeux du développement durable attribués aux impacts potentiels recensés, pour l'étape de production des agro-ressources.

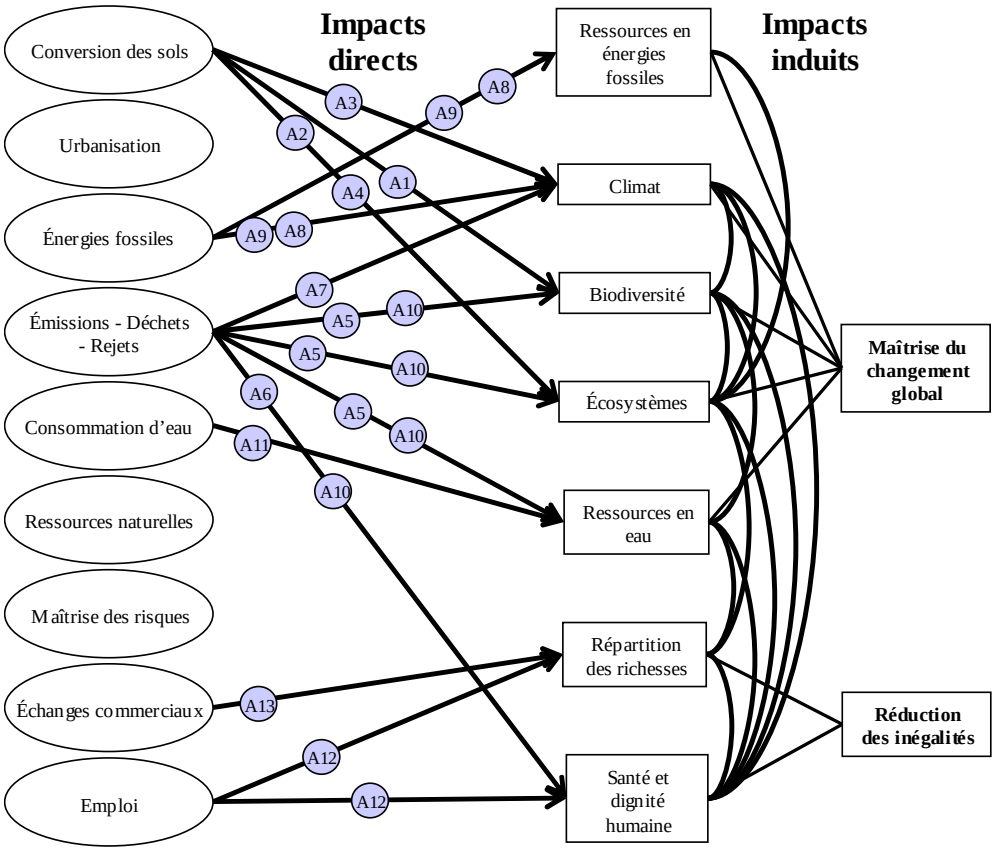


Figure n°20 Catégories d'impacts et enjeux du développement durable attribués aux impacts potentiels recensés, pour l'étape de production des agro-ressources : illustration.

IDENTIFICATION DES INDICATEURS DE DEVELOPPEMENT DURABLE POUR L'ANALYSE DES PROJETS

La dernière étape de la conception de l'outil, la sélection des indicateurs, repose sur la correspondance établie entre les impacts potentiels et les enjeux de développement durable. Pour chaque impact potentiel recensé, un ou plusieurs indicateurs doivent être sélectionnés : ils vont permettre l'identification des atouts et des faiblesses des projets identifiés au regard de chacun des enjeux du développement durable. L'ensemble des indicateurs sélectionnés ainsi que leur mode de calcul sont présentés au chapitre 4. Tous ces indicateurs (une quarantaine au total) peuvent être classés par enjeu du développement durable et par étape du cycle de vie établi pour un projet type. Les principes et critères suivis pour leur sélection tiennent à la fois compte des contraintes identifiées et du cahier des charges établi pour la conception de l'outil : ils sont présentés dans la suite de ce chapitre.

3.2 CAHIER DES CHARGES POUR LA CONCEPTION D'« IDDAGRO », OUTIL D'ANALYSE DE LA DURABILITE DEDIE AU POLE IAR

3.2.1 Caractéristiques recherchées et contraintes imposées pour le développement de l'outil et la sélection des indicateurs

3.2.1.a Caractéristiques générales de l'outil « IDDAgro »

L'outil dédié à l'analyse de la durabilité des projets soutenus par le pôle IAR, dans sa première version, devait être conçu et développé sous la forme d'un simple tableur Excel[247]. L'acronyme choisi pour désigner cet outil est « IDDAgro » : « Indicateurs de Développement Durable pour les Agro-ressources ».

MODE D'EMPLOI : LES GRANDES LIGNES

L'outil IDDAgro a été pensé pour être utilisé par les porteurs de projets eux-mêmes, accompagnés par un « expert » de l'outil, par exemple travaillant au pôle IAR. Le rôle de cet accompagnant est d'apporter ses connaissances sur le fonctionnement de l'outil, ses capacités et ses limites, d'aider le porteur de projet à analyser les résultats obtenus, mais également de l'éclairer sur les enjeux du développement durable et leurs implications pour les valorisations d'agro-ressources. Comme nous l'avons vu, IDDAgro est conçu pour être utilisé en amont de la réalisation d'un projet : lors du dépôt de candidature pour obtenir la labellisation du pôle IAR et des financements. Sa mise en œuvre comporte trois étapes :

- Un recueil d'informations générales sur le projet, pour en comprendre les objectifs, la portée et les enjeux ;
- Le renseignement des indicateurs ;
- Le calcul et l'analyse des résultats.

[247] En raison de la souplesse et de la simplicité d'utilisation présentée par ce logiciel

PRINCIPES SUIVIS POUR LA CONSTRUCTION D'IDDAGRO

Un ensemble de principes, concernant la définition des indicateurs en eux-mêmes et le type d'évaluation, a préalablement été défini et suivi pour la construction d'IDDAgro.

La définition des indicateurs

Des indicateurs spécifiquement mis au point pour IDDAgro :
Les indicateurs sélectionnés pour IDDAgro doivent lui être entièrement spécifiques : ils doivent tous être conçus spécialement pour le pôle IAR et les projets qu'il est susceptible de soutenir, en fonction des contraintes identifiées. L'objectif est d'obtenir un outil le plus opérationnel et le plus pertinent possible : cela impose que les indicateurs ne soient pas simplement repris de listes d'indicateurs existantes, développées pour d'autres besoins et dans d'autres contextes.

Des indicateurs valables pour tous les secteurs d'activités du pôle IAR :
Tant que possible, les indicateurs doivent être choisis de manière à être pertinents pour tous les secteurs auxquels les projets analysés peuvent appartenir, autrement dit tous les secteurs dans lesquels le pôle IAR est actif : les bioénergies (dont les carburants), les biomatériaux, les biomolécules ou la chimie végétale (ou « bio-based chemistry ») et les ingrédients pour l'alimentation animale et humaine.

Un nombre raisonnable d'indicateurs :
Pour chaque impact potentiel précédemment identifié, un ou si nécessaire plusieurs indicateurs doivent être sélectionnés. Le nombre d'indicateurs choisis au final doit rester raisonnable pour que l'outil reste compréhensible et manipulable : puisque quarante-neuf impacts potentiels sont à évaluer, l'objectif est de ne pas sélectionner beaucoup plus de cinquante indicateurs. Si nécessaire, certains impacts potentiels pourront être regroupés pour être traités par un même indicateur.

Une base informationnelle en trois parties :
Les indicateurs sélectionnés pourront s'appuyer sur trois types de données, qui constituent leur base informationnelle :

- Des caractéristiques du projet, fournies par le porteur de projet et pour la plupart rassemblées dans le dossier descriptif que le porteur remet au pôle IAR lors de sa candidature pour une labellisation ;

- Des estimations également demandées au porteur de projet ;
- Des informations de référence recherchées à l'extérieur, lorsque nécessaire.

Au stade de l'évaluation « ex-ante », plusieurs obstacles s'opposent à l'obtention de données fiables, précises et quantitatives sur les caractéristiques des projets analysés :

- L'inexistence de ces données, en particulier les données quantitatives, du fait de l'immaturité des projets ;
- Des problèmes de confidentialité, dans un contexte de concurrence et de compétitivité marqué.

Les porteurs de projets seront donc souvent dans l'incapacité de fournir des données suffisantes en elles-mêmes pour permettre l'analyse des projets par des indicateurs de développement durable. Le recours à des données de référence et à des estimations demandées aux porteurs de projet vise à compenser partiellement la faiblesse de ces données. Dans le cas où elles ne suffiraient pas non plus pour mettre au point les indicateurs correspondants, ceux-ci seront provisoirement désactivés[248].

Une autre possibilité consisterait à exploiter les meilleures informations que le porteur de projet peut obtenir dans un délai raisonnable, et déboucherait sur des indicateurs modulables. Cette piste ne sera pas suivie pour l'instant, mais représente une voie d'évolution possible pour IDDAgro. L'objectif ici sera de privilégier les indicateurs les plus rapidement mobilisables, plutôt que de chercher à utiliser les indicateurs théoriquement considérés comme les meilleurs. Les indicateurs sont donc sélectionnés notamment en fonction d'hypothèses relatives à la capacité des porteurs de projet à fournir certaines données. Ils pourront être révisés et remplacés au fur et à mesure que de nouveaux travaux permettront d'améliorer la disponibilité et la qualité des données nécessaires (tout comme les données de référence utilisées pourront évoluer au gré de l'avancée des connaissances).

Précisons enfin qu'IDDAgro doit fournir des indications précises aux porteurs de projets pour les aider à renseigner chaque indicateur : en particulier, les données de références utilisées seront clairement mises en évidence dans les indications à suivre pour renseigner les indicateurs.

[248] Charge alors au pôle IAR de contribuer à la production et au recueil des données défaillantes, pour que ces indicateurs puissent être mis au point par la suite.

Le type d'évaluation

Comme évoqué dans le chapitre 2 (cf. 2.2.2.b), l'évaluation des impacts d'un projet peut être de deux types : « absolue » ou « relative ». L'évaluation absolue prend comme référence les objectifs à atteindre (en l'occurrence la durabilité), tandis que l'évaluation relative se réfère à une situation initiale. En cas d'incapacité à définir des objectifs et à caractériser une situation initiale de référence, l'évaluation ne pourra utiliser que des repères de type « bien » ou « mal ».

L'évaluation absolue et l'évaluation relative présentent un intérêt différent selon l'exploitation que l'on souhaite faire des résultats de l'évaluation. Ici il s'agit d'apporter des informations au pôle IAR, qui appuiera sur elles sa décision de labelliser ou non le projet candidat, et donc de favoriser ou non sa réalisation. Pour cela, des informations sur les impacts du projet par rapport à ce qui existait auparavant sont éclairantes pour le pôle, dans la mesure où la raison d'être de la plupart des projets qui lui sont présentés est de remplacer des produits d'origine fossile par des produits basés sur du carbone organique. Cependant le pôle a également besoin d'évaluer son action et donc les projets qu'il labellise au regard des objectifs qu'il se fixe ; en l'occurrence des objectifs de développement durable[249]. Les projets candidats à une labellisation pourront alors être étudiés en fonction du chemin qu'ils permettront au pôle IAR de parcourir dans leur direction.

Le pôle IAR n'a jusqu'à présent pas développé de stratégie ou de politique de développement, et donc d'objectifs en terme de développement durable (cf. 3.1.1.c). La démarche d'évaluation absolue ne peut donc pas être mise en œuvre pour l'instant, faute d'objectifs auxquels se référer. Par ailleurs pour la plupart des projets soumis au pôle IAR, la connaissance des caractéristiques de la situation antérieure (au projet) devrait être assez faible mais aussi aléatoire : en règle générale, les porteurs de projet ne disposeront probablement que d'informations limitées sur la situation antérieure. L'évaluation absolue et l'évaluation relative risquent donc d'être difficiles à mettre en œuvre pour la plupart des indicateurs. Elles restent cependant beaucoup plus satisfaisantes qu'une évaluation sans référentiel. A ce stade de la conception d'IDDAgro, le choix a donc été fait de choisir au cas par cas, en fonction de

[249] De tels objectifs, qu'ils soient à court, moyen ou long terme, se déterminent sur la base d'une stratégie ou d'une politique censée être portée par le plus haut niveau hiérarchique de l'organisation, puis déclinée à tous ses échelons. C'est sur ce principe que reposent par exemple les systèmes de management environnemental de type ISO 14000. Toute l'architecture du système mis en place afin d'obtenir la certification repose sur la « politique environnementale » du site, rédigée, signée et diffusée par le plus haut niveau hiérarchique de l'organisation.

la situation d'évaluation et des informations susceptibles d'être disponibles, le type d'évaluation utilisé.

3.2.1.b Méthode et critères pour la sélection des indicateurs

Comme nous venons de le voir, les indicateurs doivent être choisis de manière à permettre d'analyser tous les impacts potentiels identifiés. Concrètement, ils se composent de trois éléments : une question ouverte[250] assortie de propositions de réponses et d'indications sur la méthode à suivre pour choisir la bonne réponse. Ces propositions et ces indications sont indispensables pour répondre à la question posée. En plus des principes déjà exposés, la sélection des indicateurs suit la méthode et les critères présentés ci-après :

REPONSES ADMISES PAR LES INDICATEURS

Les réponses admises par les indicateurs sont toutes encadrées. Elles ne peuvent prendre que des valeurs prédéfinies, parmi les suivantes :

- « F » pour un impact « favorable » ;
- « MF » pour un impact « moyennement favorable » ;
- « N » pour un impact « neutre » ;
- « MD » pour un impact « moyennement défavorable » ;
- « D » pour un impact « défavorable ».

Une sixième réponse est prévue pour tous les indicateurs : « NS » pour « ne sait pas ». Elle est prévue pour le cas où le porteur de projet estime qu'il est dans l'incapacité d'évaluer l'impact concerné, sans pour autant pouvoir affirmer que cet impact n'existe pas. Cette réponse est à distinguer d'un dernier cas de figure : lorsque parmi les impacts potentiels recensés, certains ne concernent pas le projet du fait de ses caractéristiques propres, les indicateurs correspondant pourront être désactivés. La plupart des impacts peuvent être positifs ou négatifs : les indicateurs correspondants pourront alors prendre les six valeurs prédéfinies.

[250] Par exemple : « Quel est l'impact environnemental et sanitaire des intrants agricoles utilisés pour la production des agro-ressources ? ».

Certains impacts cependant sont intrinsèquement positifs ou négatifs[251] : dans ce cas les indicateurs ne prendront que les valeurs F, MF, N ou NS ou au contraire D, MD, N ou NS.

CRITERES DE SELECTION

Les règles qui président au choix des indicateurs sont relativement simples : il s'agit avant tout de sélectionner des indicateurs opérationnels et adaptés à la situation d'évaluation. Du fait du peu de données quantitatives espérées pour décrire les caractéristiques des projets, l'objectif étant de minimiser le risque de ne pas pouvoir renseigner des indicateurs faute de données (ce qui aboutirait à un résultat final insignifiant ou faussé), les indicateurs seront pour la plupart de nature qualitative, reposant sur une appréciation. Trois autres critères de sélection doivent être suivis :

- La simplicité d'utilisation : les indicateurs doivent être simples à renseigner pour les porteurs de projets ;
- La pertinence : les indicateurs doivent permettre d'analyser les impacts de façon pertinente, malgré les faiblesses de leur base informationnelle ;
- La transparence : la définition de la réponse apportée à chaque indicateur doit être claire, évidente, immédiatement compréhensible par le porteur de projet.

3.2.1.c Difficultés spécifiques à l'analyse des projets soumis au pôle IAR

La situation d'analyse et d'évaluation à laquelle l'outil IDDAgro cherche à répondre présente un certain nombre de difficultés, principalement au niveau des données : celles sur les caractéristiques des projets, qui posent un problème de disponibilité, et celles fournies par les porteurs de projets au cours de l'analyse pour renseigner les indicateurs, qui posent un problème de fiabilité.

[251] Les indicateurs de consommation d'eau, ou encore d'émissions de polluants par exemple, seront des indicateurs intrinsèquement négatifs : ils ne prennent que les valeurs N, MD, D ou NS. Des consommations ou des émissions nulles constituent en effet des impacts neutres et non favorables.

LA DISPONIBILITE DES DONNEES SUR LES CARACTERISTIQUES DES PROJETS

Le problème de la disponibilité des informations est l'un des principaux freins à l'analyse de la durabilité des projets. Il provient tout d'abord du caractère hautement confidentiel de la plupart des projets présentés au pôle IAR pour labellisation : les caractéristiques de ces projets peuvent être des informations difficilement accessibles ; leur consultation et leur analyse demandent de la part du pôle IAR un cadre de travail strict et des garanties pour les porteurs de projets. La disponibilité des données peut également être défaillante du fait de la méconnaissance de certains aspects des projets, en particulier :

- Le volet agricole et les impacts liés à la production des agro-ressources : les porteurs de projet risquent de ne disposer que d'informations très limitées sur ces impacts. Généralement issus du monde industriel, même si les projets dépendent de ressources agricoles, les porteurs n'auront souvent qu'une culture limitée en la matière ;
- Les substitutions visées, et notamment les caractéristiques des produits substitués et des filières dont ils sont issus ;
- Les filières aval (distribution, consommation et utilisation, fin de vie) du fait d'un manque d'habitude à considérer un projet en tenant compte de l'ensemble de son cycle de vie.

LA FIABILITE DES INFORMATIONS SUR LES CARACTERISTIQUES DES PROJETS

Comme nous l'avons vu, IDDAgro est conçu pour être utilisé par le porteur de projet lui-même, accompagné par un expert. L'analyse du projet repose sur des informations fournies par le porteur de projet via ce qui constitue une auto-déclaration : le porteur de projet est seul détenteur des informations sur les caractéristiques du projet, et ce d'autant plus que le projet sera confidentiel. Se pose dès lors un problème de véridicité de cette déclaration : comment le pôle IAR peut-il être sûr du résultat de l'analyse faite par IDDAgro, dans la mesure où celle-ci dépend directement de la fiabilité des informations fournies par le porteur de projet – informations qu'il ne peut pas vérifier ? C'est un cas d'asymétrie d'information, qui renvoie à un problème de la théorie économique du principal-agent[252] : la capacité du régulateur, le « principal », dépend de sa capacité à inciter un autre acteur, « l'agent », à lui fournir les meilleures informations possibles, idéalement l'ensemble des informations dont il dispose.

[252] On se réfèrera ici aux travaux de Jean Tirole : **Tirole, J.** (1988). *The Theory of Industrial Organization*. Cambridge, Massachussets, The MIT Press. 479 p. et **Tirole, J.** (1990). *L'économie politique de la réglementation*. L'Actualité économique **66**(3): p. 305-318.

Ici le principal est le pôle IAR, la labellisation des projets sur des critères de développement durable constituant une sorte de réglementation. L'agent est le porteur de projet qui cherche à obtenir la labellisation au travers d'une déclaration d'informations sur les caractéristiques du projet, tout en ayant intérêt à minimiser l'information transmise au principal.

Le même problème se posera pour les indicateurs renseignés en partie par des estimations demandées aux porteurs de projets. Quelle crédibilité accorder à ces estimations, et du même coup, au résultat mis en évidence par IDDAgro ? Ces questions portent donc sur la capacité du pôle IAR à vérifier ce qui est déclaré par les porteurs de projets. Elles renvoient à des problèmes similaires à ceux rencontrés dans la mise en œuvre de la réglementation européenne REACH par exemple, où la fiabilité des informations fournies par l'industrie chimique sur les caractéristiques des produits mis sur le marché constitue un enjeu de taille.

3.2.2 Les résultats : calcul et interprétation

3.2.2.a Méthode pour l'agrégation partielle des indicateurs

Une fois renseignés, IDDAgro doit agréger les indicateurs : pour chacun des sept enjeux du développement durable, tous les indicateurs correspondant à cet enjeu seront synthétisés via une moyenne simple. Cette agrégation partielle débouche au final sur sept indicateurs agrégés (sept indices), dans le but de faciliter l'interprétation des résultats (sans pour autant perdre trop d'information) et de permettre une visualisation de l'impact global des projets sur chacun des sept enjeux du développement durable. Ce calcul doit donc être assorti d'une représentation graphique, de type diagramme en étoile par exemple, permettant de situer la performance du projet au regard des sept enjeux.

Un des points très important dans l'agrégation des indicateurs est la transparence et la réversibilité du processus : il doit toujours être possible de « revenir en arrière » en décomposant les indices et d'accéder facilement au détail du calcul. L'objectif est d'éviter l'effet « boîte noire » et de mettre le pôle IAR et les porteurs de projets en capacité de :

- Décortiquer un résultat pour comprendre précisément d'où il vient, et quels sont les facteurs qui en sont à l'origine ;
- Simuler et comparer des actions correctives pour en visualiser les effets ;

- Intervenir ultérieurement sur l'outil pour le faire évoluer ;
- Éviter d'importants problèmes de légitimité.

Le calcul des sept indices par le biais d'une moyenne simple passe par la numérisation des valeurs prises par les indicateurs. Les réponses D, MD, N, MF et F sont converties de la manière suivante :

Valeurs prises par les indicateurs	
D	1
MD	2
N	3
MF	4
F	5
NS	/

Tableau n°10 Tableau de conversion des valeurs prises par les indicateurs pour l'agrégation partielle et le calcul des indices.

Ce mode de calcul s'adapte aux éventuelles données défaillantes dans la mesure où les indicateurs pour lesquels la réponse est « NS » ainsi que les indicateurs désactivés n'interviennent pas dans le calcul des indices. Ils ne sont pas pour autant totalement écartés du résultat global (cf. ci-dessous).

La moyenne simple reflète une absence totale de hiérarchisation des indicateurs entre eux. Des coefficients de pondération pourraient être intégrés dans l'agrégation partielle des indicateurs : ces coefficients traduiraient alors, pour un enjeu du développement durable, une hiérarchisation des impacts potentiels d'un projet. Leur définition ne peut cependant se faire que via une procédure légitime mise en place par le pôle IAR, impliquant par exemple un comité d'experts indépendants intervenant dans un rôle d'appui au pôle. En l'absence de telles dispositions, même imparfait, seul le calcul par moyenne simple s'avère pleinement légitime car a priori plus neutre.

3.2.2.b L'interprétation des résultats pour une prise de décision informée

Accompagner les porteurs de projets et le pôle IAR dans l'interprétation des résultats fournis par IDDAgro est l'un des points essentiels de la conception de cet outil. Pour cela, et afin de permettre une prise de décision informée et pertinente (cf. 2.2.2.b), les résultats doivent être présentés de façon claire et accessible, et doivent pouvoir être détaillés si nécessaire. Les

justifications que les porteurs de projets sont invités à apporter en complément de leurs réponses aux indicateurs, en particulier, doivent toutes être accessibles depuis la lecture des résultats finaux.

Par ailleurs les résultats ne sont pas uniquement constitués des sept indices calculés, correspondant à l'impact du projet sur les sept enjeux du développement durable identifiés. Les scores de ces indices doivent être accompagnés des éléments suivants :

- Le récapitulatif des principales caractéristiques du projet, fournies par le porteur de projet, et notamment celles permettant d'en comprendre la portée, l'ampleur, l'emprise sur les ressources disponibles et sur les marchés, etc. ;
- Le récapitulatif des indicateurs non renseignés, c'est-à-dire ceux auxquels le porteur de projet a choisi de répondre « je ne sais pas » (« NS »), en considérant qu'il ne disposait pas des éléments suffisants pour les renseigner ;
- Le récapitulatif des indicateurs « désactivés », c'est-à-dire ceux que le porteur de projet estime ne pas concerner son projet ;
- Le récapitulatif des principales incertitudes associées aux indicateurs, lorsqu'elles sont connues.

Toutes ces exigences de transparence sont capitales pour la légitimité de l'outil et des résultats de l'analyse qu'il fournit.

Conclusion du chapitre 3

L'analyse des besoins et du contexte des activités du pôle de compétitivité Industrie et Agro-Ressources (IAR) nous a conduit à concevoir un outil d'aide à la décision reposant sur des indicateurs de développement durable : l'outil « IDDAgro »[253]. Cet outil est dédié à l'évaluation « ex-ante » de la performance, au regard des enjeux du développement durable, des projets de valorisations industrielles d'agro-ressources examinés par le pôle, dans le cadre de la procédure de labellisation qu'il s'est donnée. Sa vocation est de s'adapter à tous les projets susceptibles d'être présentés au pôle IAR, quel que soit le secteur d'activité concerné.

Ce chapitre nous a permis de présenter de manière détaillée l'approche théorique sur laquelle s'appuient ces travaux de construction d'un outil d'aide à la décision pour le pôle IAR. Cette approche repose d'une part sur une définition du développement durable en sept enjeux, et de l'autre sur l'analyse des projets agro-industriels sous l'angle des impacts potentiels que leur cycle de vie pourra générer sur ces enjeux. Neuf catégories d'impacts ont ainsi été identifiées, tandis que le cycle de vie d'un projet de valorisation industrielle d'agro-ressources a été modélisé en sept étapes – de la production agricole des agro-ressources à la fin de vie des produits issus du projet. Cette approche a débouché sur l'inventaire de tous les impacts potentiels qu'un projet-type peut générer, ainsi que sur l'identification pour chacun d'entre eux des enjeux du développement durable sur lesquels ils agissent. C'est cet inventaire qui sous-tend tout le travail d'identification et de définition des indicateurs, présenté dans le chapitre suivant – les pages qui précèdent nous ayant auparavant permis de définir les caractéristiques recherchées et les critères à suivre pour la sélection de ces indicateurs.

[253] IDDAgro : Indicateurs de Développement Durable pour les Agro-Ressources.

Chapitre 4. Développement de l'outil IDDAgro

4.1 SELECTION DES INDICATEURS POUR ANALYSER LES IMPACTS DU PROJET

Ci-après sont présentés tous les indicateurs sélectionnés, leur méthode de mise au point et la façon selon laquelle ils doivent être renseignés. L'ordre de présentation suivi est celui des étapes du cycle de vie du projet, de la production des agro-ressources (étape A) à la fin de vie des produits (étape G). La liste complète des indicateurs sélectionnés est présentée en Annexe 10. Les indicateurs correspondent tous à au moins un des impacts potentiels recensés (cf. 3.1.2.b) ; le tableau récapitulant les références de tous ces impacts potentiels est le Tableau n°8 (voir aussi le Tableau n°9 et l'Annexe 9 pour le détail des impacts potentiels recensés pour chacune des étapes du cycle de vie d'un projet-type).

4.1.1 Les indicateurs relatifs aux impacts liés à la production des agro-ressources

4.1.1.a Indicateurs pour les impacts de la conversion des sols

INDICATEUR DE L'IMPACT DE LA CONVERSION DES SOLS SUR LA BIODIVERSITE

Cet indicateur cherche à repérer les conséquences sur la biodiversité des éventuelles conversions de l'usage des sols pour la production des agro-ressources, donc l'agriculture. Le cas d'école est bien évidemment le défrichement de forêts primaires, remplacées par des monocultures de soja, de canne à sucre ou de palmiers à huile. Dans ce type de cas, les pertes subies par la biodiversité locale sont inestimables. Si l'on n'est pas encore capable aujourd'hui de comprendre tous les mécanismes liés à la prévention ou au contraire aux atteintes à la biodiversité, on sait cependant cerner l'effet bénéfique ou négatif de certaines pratiques agricoles et en particulier des changements de pratiques[254]. Pour cet indicateur seront donc questionnées d'une part les éventuelles conversions dans l'usage des terres, réalisées en vue de la production des agro-ressources nécessaires au projet, et d'autre part les pratiques agricoles favorables à la biodiversité et pouvant être mises en place dans le cadre du

[254] Les enjeux liés à la biodiversité sont présentés plus amplement dans le chapitre 1 (cf. 1.1.1.c).

projet. On cherche donc à se référer à des usages agricoles antérieurs à l'existence du projet, ce qui suppose qu'ils soient connus. L'indicateur proposé pour évaluer l'impact potentiel A1 est donc le suivant :

Indicateur n°1. Quel impact a la production agricole des agro-ressources sur la biodiversité locale (via la conversion des sols et l'évolution des pratiques agricoles) ?

Cet indicateur accepte les réponses suivantes :

- En cas de recours à des terres auparavant occupées par des marécages, des forêts tropicales, des forêts de montagne ou des milieux abritant des espèces menacées et/ou protégées : réponse D ;
- Si l'usage antérieur des terres était plus favorable à la biodiversité locale que celui prévu pour le projet (que ce soit via l'usage des terres (hors cas ci-dessus) ou via les pratiques agricoles) : réponse MD ;
- Si l'usage et les pratiques prévus pour le projet sont comparables à l'usage antérieur : réponse N ;
- Si l'usage et les pratiques prévus sont plus favorables à la biodiversité que l'usage antérieur : réponse MF ou F selon la situation ;
- Si le porteur de projet n'a pas d'informations suffisantes sur l'implantation ou la provenance des cultures nécessaires à la production des agro-ressources dont il a besoin, ou sur l'usage des terres, le type de cultures et les pratiques agricoles antérieurs à ces cultures : réponse NS.

Les mesures concernées par les réponses MD, MF et F sont en particulier le maintien ou le remplacement de prairies, de zones boisées, de jachères (notamment apicoles, messicoles[255], horticoles), l'implantation ou la destruction de haies, la mise en place ou le maintien de polycultures ou leur remplacement par des monocultures, les modifications des fréquences ou des doses d'application de produits phytosanitaires, etc. Le porteur de projet est invité à présenter toutes les informations qui justifient sa réponse.

[255] Les messicoles (ou plantes messicoles) sont des plantes annuelles à germination préférentiellement hivernales, poussant dans les moissons.

INDICATEUR DE L'IMPACT DE LA CONVERSION DES SOLS SUR LA QUALITE DES SOLS

On cherche ici à repérer les pratiques agricoles ou les conversions de l'usage des terres demandées par le projet et susceptibles d'avoir un impact sur la qualité et notamment la composition des sols. Le non labour, les rotations de cultures ou encore les polycultures par exemple sont des pratiques ayant des effets bénéfiques sur la qualité des sols, en permettant une diminution de l'usage de produits phytosanitaires, une meilleure couverture du sol pour une meilleure fixation de l'azote et une limitation de l'érosion, ainsi qu'une amélioration des caractéristiques physiques du sol grâce à la diversité des systèmes racinaires[256]. L'indicateur sélectionné pour évaluer cet impact potentiel A2 est assez similaire à celui présenté ci-dessus :

Indicateur n°2. Quel impact a la production agricole des agro-ressources sur la qualité des sols (via la conversion des sols et l'évolution des pratiques agricoles) ?

Cet indicateur admet les réponses suivantes :

- En cas de diminution du couvert végétal, d'augmentation de la fréquence de labour, de diminution des rotations de cultures, d'augmentation des apports d'engrais ou de traitements phytosanitaires : réponse MD ou D, en fonction de la situation ;
- En l'absence d'évolutions sur les éléments présentés ci-dessus : réponse N ;
- En cas d'amélioration significative pour les éléments présentés ci-dessus : réponse MF ou F, en fonction de la situation.

Le porteur de projet est invité à présenter toutes les informations guidant sa réponse.

INDICATEUR DE L'IMPACT DE LA CONVERSION DES SOLS SUR LES EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE

Il s'agit ici d'estimer l'impact potentiel A3, portant sur les éventuels déstockages de carbone vers l'atmosphère suite aux conversions de l'usage des sols.

[256] **SOLAGRO** (2006). *La monoculture et ses dangers pour l'environnement*. SOLAGRO, 4 p., **AGRESTE** (2008). *Dans le sillon du non-labour. Agreste Primeur n°207*. AGRESTE, 4 p.

On sait en particulier que la présence de couvert végétal permanent ou en inter culture favorise le stockage de carbone organique dans le sol et évite les relargages de CO_2 vers l'atmosphère[257]. L'indicateur proposé ici est donc le suivant :

Indicateur n°3. Quel impact a la production agricole des agro-ressources sur les stocks de carbone organique des sols (via la conversion de l'usage des sols et l'évolution des pratiques agricoles) ?

Cet indicateur admet les réponses suivantes :

- Si l'évolution des usages des sols et des pratiques agricoles favorise un stockage du carbone organique dans les sols : réponse MF ou F en fonction de l'ampleur des évolutions. Celles-ci concernent notamment la transition de terres cultivées sans couverts végétaux en inter culture vers des terres cultivées avec couverts végétaux en inter culture ou des terres à couvert végétal permanent (prairies, forêts) ;
- En l'absence d'évolutions significatives de ce type : réponse N ;
- Si l'évolution des usages des sols et des pratiques agricoles occasionne un déstockage de carbone par le biais de transitions inverses de celles présentées ci-dessus : réponse MD ou D, en fonction de l'ampleur des évolutions.

A nouveau, le porteur de projet est invité à présenter les informations lui permettant de répondre.

INDICATEUR DE L'IMPACT DE LA CONVERSION DES SOLS SUR LE PAYSAGE

Par leur implantation, les cultures d'agro-ressources peuvent occasionner un impact sur les paysages, en particulier lorsque les évolutions dans l'usage des sols sont importantes. Le paysage est une notion hautement subjective : chacun l'appréciera selon des critères qui lui sont propres et qui varient généralement fortement d'une personne à l'autre[258]. Proposer un simple indicateur d'appréciation pour estimer un impact sur le paysage, qui plus est renseigné par le seul porteur de projet, n'a donc pas grand sens scientifiquement parlant.

[257] **INRA**, *Le rôle positif des prairies dans le stockage du carbone*. INRA, www.inra.fr/presse/role_positif_prairies_stockage_carbone, accès: 17/07/08.

[258] Le Conseil de l'Europe a souhaité porter un éclairage sur cet enjeu à Florence en 2000, grâce à la Convention Européenne du Paysage, entrée en vigueur en mars 2004. *Convention européenne du paysage* (2000). Conseil de l'Europe.

L'impact paysager des projets ne doit pas pour autant être négligé, et un tel indicateur a la capacité d'attirer l'attention du porteur de projet sur cette dimension, contribuant ainsi à une sensibilisation nécessaire. L'indicateur proposé ici, permettant d'estimer l'impact potentiel A4, se présente donc de la façon suivante :

Indicateur n°4. La culture des agro-ressources occasionne-t-elle un impact sensible sur le paysage ?

Les réponses suivantes sont admises :

- En cas d'impact jugé positif ou très positif sur les paysages : réponses MF ou F ;
- En l'absence d'impact significatif sur les paysages : réponse N ;
- En cas d'impact jugé négatif ou très négatif sur les paysages : réponses MD ou D.

Le porteur de projet est bien sûr invité à préciser en quoi les cultures ont un impact sur le paysage des sites où elles sont implantées.

4.1.1.b Indicateurs pour les impacts de l'utilisation d'intrants agricoles

INDICATEUR DE L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SANITAIRE DE L'UTILISATION D'INTRANTS AGRICOLES

On s'intéresse ici principalement à la toxicité et à l'écotoxicité des émissions et rejets provenant de l'apport de certains produits phytosanitaires[259] (insecticides, herbicides, fongicides, etc.) et d'engrais azotés et phosphorés, sources notamment d'eutrophisation[260].

Pour avoir une information pertinente et précise sur la toxicité et l'écotoxicité des intrants, deux types de données sont au minimum nécessaires : la composition de ces intrants et les doses utilisées. Leur impact dépend cependant également, entre autres, de leur mode d'utilisation et surtout des caractéristiques de sensibilité des milieux et du degré d'exposition des personnes. Nous partirons ici du principe que ces informations ne sont généralement pas

[259] Un produit phytosanitaire est un produit utilisé pour soigner les organismes végétaux. Il s'agit d'une substance active ou d'une association de plusieurs substances chimiques ou micro-organismes, d'un liant et éventuellement d'un solvant pouvant être accompagnés d'adjuvants ou d'un tensioactif.

[260] Ces engrais sont notamment source d'eutrophisation des milieux aquatiques. L'eutrophisation d'un milieu aquatique désigne à l'origine sa richesse en éléments nutritifs. Il est aujourd'hui employé pour désigner la dégradation par excès de nutriments des milieux aquatiques d'eau douce ou marins.

connues des porteurs de projet ; la gestion de la production des agro-ressources n'étant pas sous leur responsabilité. Ils ne connaissent pas les pratiques agricoles mises en œuvre par les agriculteurs fournisseurs d'agro-ressources, ni les caractéristiques des sites d'implantation des cultures (en terme de sensibilité des milieux et d'exposition des personnes notamment). Un cas peut faire exception : celui où le projet impose aux agro-ressources de fortes contraintes de qualité, ayant un impact direct sur les pratiques agricoles. Les données dont disposera le porteur de projet sur ces pratiques pourront alors être plus précises et de meilleure qualité. Ce sera notamment le cas des projets ayant recours à des agro-ressources issues de cultures biologiques : celles-ci ne seront mobilisées que si la nature ou la fonction des produits visés par le projet l'exigent.

Il est important de s'arrêter un instant sur cette hypothèse par défaut de l'ignorance, par le porteur de projet, des conditions de production agricole des agro-ressources : elle conditionne en effet fortement nos travaux. Nous excluons ainsi volontairement le cas où le porteur de projet aurait contractualisé avec un producteur d'agro-ressources, se donnant ainsi les moyens d'une coopération avec ce dernier, en vue de maîtriser les impacts de son projet – en particulier sur le plan agricole. Si cette situation constitue bien sûr un objectif souhaitable, en particulier par l'amélioration significative qu'elle offrirait en terme de disponibilité d'informations, construire notre approche en nous appuyant sur elle nous semble être un trop grand risque pour le caractère opérationnel de nos indicateurs. Cette question de l'intérêt d'une plus grande collaboration entre les acteurs industriels et les acteurs agricoles est cependant très importante et doit être portée à l'attention des porteurs de projets. Elle ouvre la voie à une meilleure maîtrise des impacts de l'ensemble de la filière.

Pour estimer la toxicité et l'écotoxicité des intrants agricoles utilisés, les indicateurs sélectionnés devront donc faire appel à des informations qui soient pertinentes tout en restant bien plus simples que la composition de ces intrants et les doses utilisées. Quelles sont les données immédiatement disponibles et quel intérêt présentent-elles au regard de la question qui nous occupe ?

Information connues	Intérêt des informations par rapport aux impacts des intrants
Variétés cultivées	Assez fort
Lieu(x) de culture	Faible
Caractéristiques imposées par le projet, ou le produit issu du projet, aux agro-ressources	Très variable
Type d'exploitation agricole qui produit les agro-ressources : exploitation conventionnelle ou biologique	Fort mais très insuffisant
Nature du fournisseur : coopérative ou exploitant(s)	Très faible / nul

Tableau n°11 Intérêt potentiel, pour estimer l'impact sur les milieux et la santé humaine des émissions et rejets liés aux intrants agricoles, des informations généralement connues du porteur de projet et portant sur la production des agro-ressources[261,262].

Au final une seule information est réellement exploitable : les variétés cultivées pour produire les agro-ressources. Cela reste clairement insuffisant pour apprécier l'impact des intrants utilisés en terme de toxicité et d'écotoxicité. Une première conséquence est que l'évaluation des impacts potentiels A5 et A6 sera ici traitée simultanément, car il n'est pas possible au vu des informations disponibles de distinguer la toxicité des intrants agricoles de leur écotoxicité. Les effets mêmes de ces produits sur les milieux et la santé humaine constituent encore un sujet relativement peu consensuel.

L'indicateur finalement retenu repose sur la seule référence réellement exploitable au vu de ces contraintes : certains effets des intrants agricoles généralement observés pour différents types de grandes cultures, tels que décrits par le rapport « *Estimating the environmentally compatible bioenergy potential from agriculture* » de l'Agence Européenne de l'Environnement[263], en particulier dans l'annexe VI : « *Environmental pressures per crop* ». Pour dix-sept grandes cultures, les apports d'engrais dans les eaux de surface et souterraines ainsi que la pollution des sols et de l'eau par les produits phytosanitaires sont analysés. Ces deux impacts sont évalués en fonction du niveau de couverture du sol et donc du risque de lessivage propre à la culture, des besoins de la plante en intrants, de sa capacité à fixer l'azote, des pratiques en terme de labour et de récolte, etc. Aucune information sur la toxicité des intrants n'est prise en compte. Chaque culture reçoit la note A, B ou C pour chacun de ces deux critères, comme présenté dans le tableau ci-dessous :

[261] L'intérêt des informations portant sur les variétés cultivées est assez fort car certaines cultures laissent très peu de marge de manœuvre quand aux itinéraires techniques à mettre en œuvre en terme d'intrants ; qu'elles ne demandent que peu ou pas d'intrants ou qu'elles imposent des intrants et des pratiques précis.

[262] L'intérêt des informations portant sur les caractéristiques particulières exigées des agro-ressources est très variable car ces caractéristiques peuvent ou non dépendre des pratiques liées aux intrants.

[263] **AEE** (2007). *Estimating the environmentally compatible bioenergy potential from agriculture*. Agence Européenne de l'Environnement, 138 p.

	Prairies permanentes	Chanvre	Miscanthus	TCR peuplier, saule	Switchgrass	Double culture
Impact des apports d'intrants sur les eaux de surface et souterraines	A	A	A	A	A	A
Pollution des sols et de l'eau par les produits phytosanitaires	A	A	A	A	A	B
Impact global	A	A	A	A	A	A/B

	Lin (huile)	Trèfle, Luzerne	Tournesol	Autres céréales (orge, avoine, seigle, triticale)	Blé	TCR eucalyptus
Impact des apports d'intrants sur les eaux de surface et souterraines	B	B	A	B	A/B	B
Pollution des sols et de l'eau par les produits phytosanitaires	B	A	B	B	B/C	A
Impact global	B	A/B	A/B	B	B	A/B

	Maïs	Betterave	Colza	Pommes de terre	Sorgho
Impact des apports d'intrants sur les eaux de surface et souterraines	B/C	C	C	B/C	B
Pollution des sols et de l'eau par les produits phytosanitaires	B/C	C	C	B/C	B/C
Impact global	B/C	C	C	B/C	B/C

Tableau n°12 Evaluation d'impacts environnementaux liés aux intrants agricoles, pour différents types de cultures (AEE 2007).

L'indicateur retenu cherche également à repérer un recours à des pratiques agricoles différentes des pratiques conventionnelles, que cela se traduise par un recours aux intrants moindre ou au contraire accru[264] par rapport à ces méthodes conventionnelles. Au final l'indicateur sélectionné ici est le suivant :

Indicateur n°5. Quel est l'impact environnemental et sanitaire des intrants agricoles utilisés pour la production des agro-ressources ?

L'indicateur peut prendre les valeurs suivantes, selon les variétés cultivées :

[264] Le recours aux intrants est accru notamment lorsque les fréquences d'épandage d'engrais ou d'application de traitements phytosanitaires sont plus élevées, lorsque les doses appliquées augmentent, ou encore lorsque les substances utilisées sont différentes de celles généralement utilisées pour la culture concernée et reconnues comme étant plus toxiques ou écotoxiques.

		Pratiques agricoles particulières, demandées par le projet et modifiant le recours aux intrants par rapport aux méthodes conventionnelles				
		Mode de culture biologique	Moindre recours aux intrants agricoles par rapport aux pratiques conventionnelles	Non	Recours aux intrants agricoles accru par rapport aux pratiques conventionnelles	Recours aux intrants agricoles très accru par rapport aux pratiques conventionnelles
Variétés cultivées	Chanvre, miscanthus, TCR peuplier - saule, switchgrass	F	MF	N	MD	D
	Doubles cultures, lin, trèfle, luzerne, tournesol, orge, avoine, seigle, triticale, blé, TCR eucalyptus	F	N	MD	D	D
	Maïs, betterave, colza, pommes de terre, sorgho	F	MD	D	D	D

Tableau n°13 Valeurs prises, pour vingt types de cultures, par l'indicateur relatif à l'impact environnemental et sanitaire des intrants agricoles pour la production des agro-ressources.

Si le projet fait appel à une plante non référencée ici, le porteur de projet est invité à définir lui-même la réponse appropriée, sur la base de tous éléments qu'il jugera pertinents et qu'il présentera, et notamment des travaux de recherche qui auraient été préalablement menés avec ou par des organismes de recherche agronomique.

INDICATEUR DE L'IMPACT DE LA PRODUCTION ET DE L'UTILISATION D'INTRANTS AGRICOLES SUR LES RESSOURCES EN ENERGIES FOSSILES ET SUR LE CLIMAT

Les intrants agricoles sont responsables de consommations d'énergie fossile et d'émissions de gaz à effet de serre (GES) via leur production, notamment parce que la plupart d'entre eux sont issus de la pétrochimie. Les engrais sont également responsables d'émissions de GES via leur utilisation. L'ensemble de ces consommations et émissions doit être pris en compte ici. Pour la plupart des impacts sur l'énergie et le climat, les indicateurs sélectionnés vont se rapporter aux facteurs d'émissions proposé par la méthode Bilan Carbone, mise au point par Jean-Marc Jancovici du bureau d'études Manicore, et exploitée en France par l'ADEME. Cette référence rassemble en effet de nombreuses données sur les émissions de GES et les consommations énergétiques associées aux différentes activités humaines, en particulier des entreprises. Ces données sont régulièrement actualisées ; elles se caractérisent par certaines incertitudes, et reposent sur des études généralement citées. Si elles peuvent parfois être discutées, elles représentent une source d'informations généralement reconnue comme fiable.

Emissions de protoxyde d'azote engendrées par l'épandage d'engrais azotés

Le protoxyde d'azote (N_2O) est le principal gaz à effet de serre issu du recours aux engrais agricoles, en particulier les ammonitrates ou l'urée. Ces émissions de N_2O sont encore difficiles à estimer avec précision. Elles dépendent de nombreux facteurs et notamment de conditions pédoclimatiques locales ; les mécanismes à l'origine de leur genèse et relargage dans l'atmosphère sont encore mal compris. Le Bilan Carbone propose une estimation de ces émissions montrant qu'elles sont cependant loin d'être négligeables. Dans sa version 4, les données de référence sur les facteurs d'émission proposent, pour le poids de N_2O en pourcentage d'azote (N) de départ, la valeur par défaut de 3,10%[265]. Une tonne d'azote épandue par an correspond donc à l'émission de 31 kilogrammes de N_2O, sachant tout de même que le rapport sur les facteurs d'émissions du Bilan Carbone précise que l'incertitude sur ces chiffres est très élevée : de l'ordre de 70%. Or le N_2O est un gaz à effet de serre ayant un pouvoir de réchauffement global (PRG) intrinsèque sur 100 ans 310 fois plus élevé qu'une masse équivalente de CO2 : au regard de son pouvoir de réchauffement climatique, émettre une tonne de N_2O équivaut à émettre 310 tonnes de CO_2, sur cette période de 100 ans. L'épandage d'une tonne d'azote[266] par le biais d'engrais azotés conduit donc à l'émission de l'équivalent de 0,031*310 soit 9,61 tonnes de CO_2. Pour donner un ordre de grandeur, et d'après une simulation réalisée avec le tableur de la méthode Bilan Carbone, c'est à peu près ce qu'engendre une voiture au cours d'un trajet de 38 000 kilomètres. Il s'agit donc bien d'un impact non négligeable, même en tenant compte de l'importance de l'incertitude mentionnée ci-dessus.

Ici encore, la qualité des informations relatives au projet et disponibles pour estimer l'impact sur le climat de l'utilisation d'engrais azotés est très faible. La seule information utilisable concerne à nouveau les variétés de plantes cultivées pour la production des agro-ressources[267]. La méthode Bilan Carbone propose des données pour les valeurs moyennes d'apport d'engrais azotés à l'hectare, pour différents types de cultures et en agriculture conventionnelle, à partir de sources comme Prolea, l'Institut du Végétal, Ecobilan, l'ADEME et l'INRA. Les unités d'azote désignent, en kilogrammes, le poids de l'azote seul dans le total. Lorsque le type de culture n'est pas connu, la valeur par défaut sera de 100 unités d'azote à l'hectare.

[265] **ADEME** (2006). *Bilan Carbone® : Calcul des facteurs d'émissions et sources bibliographiques utilisées (version 4.0)*. ADEME, MIES, 227 p., p. 49-50.
[266] Ce qui représente par exemple l'apport annuel de 100 kg d'azote par hectare, sur une parcelle de 10 hectares.
[267] Nous restons en effet sur notre hypothèse exposée précédemment, p. 178.

Grâce aux facteurs d'émissions et au PRG du N_2O, on peut classer ces cultures en fonction de l'impact sur le climat de l'utilisation des intrants agricoles :

Type de culture	Valeurs moyennes unités d'azote / ha	Emissions moyennes N2O (kg / ha) (par défaut 3.1%)	Emissions moyennes équivalent CO2 (kg / ha) (PRG du N2O = 310)
Vignes	200	6,2	1922,0
Blé conventionnel	184	5,7	1768,2
Mais grain conventionnel	175	5,4	1681,8
Colza	170	5,3	1633,7
Pommes de terre	160	5,0	1537,6
Sorgho	150	4,7	1441,5
Maïs fourrage conventionnel	120	3,7	1153,2
Culture par défaut	100	3,1	961,0
Pâturages fertilisés	94	2,9	903,3
Betteraves conventionnelles	87	2,7	836,1
Vignes non intensives	50	1,6	480,5
Tournesol	40	1,2	384,4

Tableau n°14 Emissions moyennes de N_2O issues de l'épandage d'azote pour différents types de culture, en agriculture conventionnelle. Emissions de N_2O exprimées en kg / ha, et converties en kg éq. CO_2 / ha.

Le tournesol et la vigne non intensive sont les cultures pour lesquelles on utilise le moins d'unités d'azote à l'hectare, donc celles qui ont l'impact le plus faible du point de vue des émissions de GES dues à l'épandage d'azote. Dans la mesure où une diversité de cultures reste nécessaire, ces résultats montrent bien la nécessité, pour réduire efficacement les émissions de N_2O agricoles, d'évoluer à la fois vers un moindre recours aux engrais azotés, et vers la valorisation des cultures qui en consomment le moins.

Emissions de GES liées à la production d'engrais agricoles et de produits phytosanitaires

Les données proposées par la méthode Bilan Carbone pour les émissions de GES liées à la production d'engrais agricoles sont les suivantes :

Types de cultures	Production des engrais valeurs moyennes en kg éq. C / ha
Tournesol	50
Vignes non intensives	63
Betteraves conventionnelles	109
Pâturages fertilisés	118
Maïs fourrage conventionnel	151
Sorgho	189
Pommes de terre	201
Colza	214
Maïs grain conventionnel	220
Blé conventionnel	231
Vignes	252

Tableau n°15 Emissions de GES associées à la production des engrais apportés aux grands types de cultures, exprimées en kg éq. C/ ha.

Les cultures ayant l'impact le plus faible sont à nouveau et assez logiquement le tournesol et la vigne non intensive, avec des émissions comprises entre 50 et 65 kilogrammes de Carbone équivalent par hectare. Les cultures de betteraves conventionnelles, de maïs fourrage ainsi que les pâturages fertilisés ont un impact moyen : entre 100 et 150 kg éq. C / ha, alors que les cultures de sorgho, de pommes de terre, de colza, de maïs grain conventionnel, de blé conventionnel et de vignes intensives ont un impact plutôt fort avec des émissions allant de 190 à 250 kg éq. C / ha. En ce qui concerne les émissions liées à la production de produits phytosanitaires, la méthode Bilan Carbone fournit les éléments suivants :

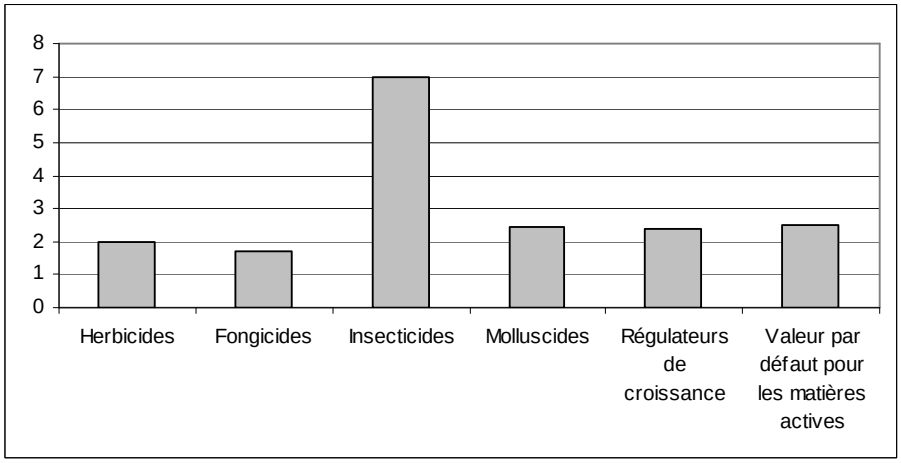


Figure n°21 Emissions de GES liées à la production des produits phytosanitaires, exprimées en kg éq. C par kilogramme de matière active.

Les produits dont la production émet le plus de GES sont de loin les insecticides, avec 7 kilogrammes de Carbone équivalent par kilogramme de matières actives contre 1,7 à 2,5 pour les autres types de produits phytosanitaires : herbicides, fongicides, molluscides et régulateurs de croissance. Pour exploiter ces informations, il est cependant nécessaire de connaître, pour

chaque type de culture, les doses de produits phytosanitaires et plus précisément de matières actives généralement appliquées. Cette information était déjà recherchée pour la mise au point du premier indicateur relatif aux impacts A5 et A6 ; elle n'est aujourd'hui pas disponible. Les émissions de GES liées à la production de produits phytosanitaires et leur impact sur le climat ne peuvent donc pas être intégrées dans l'évaluation pour l'instant.

Enfin, pour estimer l'impact de la production des intrants agricoles sur l'état des ressources en énergies fossiles, des donnés précises sur les types et quantités d'énergie consommée par cette production seraient nécessaires, mais ne sont pas disponibles. Elles sont cependant fortement corrélées avec les données concernant les émissions de GES liées à cette production : celles-ci proviennent en effet principalement de l'utilisation d'énergie fossile. En l'état actuel des informations disponibles et exploitables, l'impact sur les ressources énergétiques et l'impact sur le climat de la production d'intrants agricoles seront donc traités par le même indicateur.

Emissions liées à la production et à l'utilisation d'intrants agricoles

Un indicateur reposant sur les émissions de GES issues de la production et de l'utilisation des engrais apportés aux différents types de cultures, en agriculture conventionnelle, peut donc être proposé. Cet indicateur a également vocation à intégrer des éléments concernant les émissions de GES issues de la production des produits phytosanitaires utilisés, mais il manque pour l'instant des informations sur les doses appliquées aux différents types de cultures étudiés, en agriculture conventionnelle. Le croisement des informations disponibles permet au final d'établir les données suivantes[268] :

[268] Les émissions exprimées en équivalent CO_2 par hectare (émissions de N_2O) ont été converties en équivalent Carbone par hectare, l'unité de mesure officielle des émissions de GES. Les émissions en équivalent CO_2 donnent des valeurs 3.67 fois supérieures, facteur qui correspond au rapport (masse moléculaire du CO_2 : 44) / (masse atomique du carbone : 12). **ADEME** (2006). *Bilan Carbone® : Calcul des facteurs d'émissions et sources bibliographiques utilisées (version 4.0).* ADEME, MIES, 227 p., p.10.

Types de cultures	Emissions (valeurs moyennes, kg éq. C / ha)			
	Production des engrais azotés	Utilisation des engrais azotés	Utilisation des engrais azotés	Production et utilisation des engrais azotés
Tournesol	50	384,4	104,7	154,7
Vignes non intensives	63	480,5	130,9	193,9
Betteraves conventionnelles	109	836,1	227,8	336,8
Pâturages fertilisés	118	903,3	246,1	364,1
Maïs fourrage conventionnel	151	1153,2	314,2	465,2
Sorgho	189	1441,5	392,8	581,8
Pommes de terre	201	1537,6	419,0	620,0
Colza	214	1633,7	445,1	659,1
Maïs grain conventionnel	220	1681,8	458,3	678,3
Blé conventionnel	231	1768,2	481,8	712,8
Vignes	252	1922	523,7	775,7

Tableau n°16 Valeurs moyennes d'émissions de GES (en kg éq. C / ha), issues de la production et de l'utilisation d'engrais azotés pour différents types de cultures, en agriculture conventionnelle.

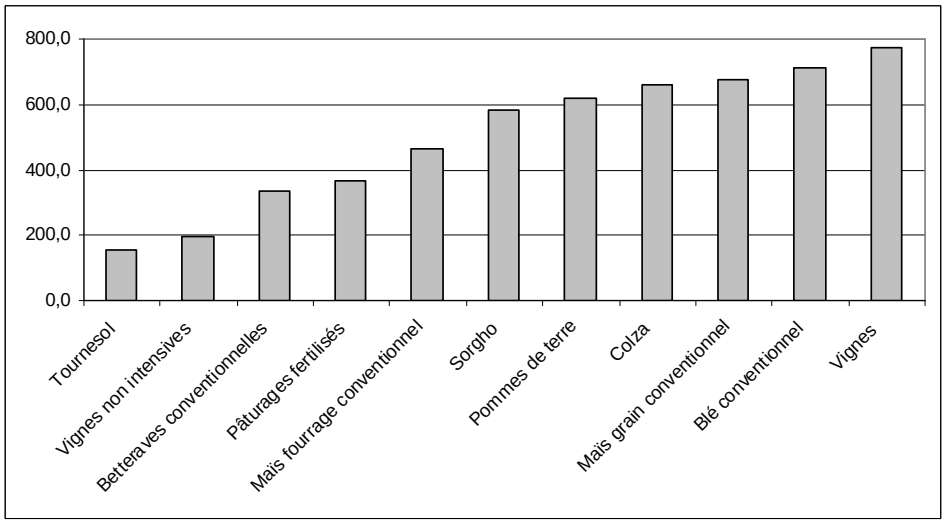


Figure n°22 Emissions de GES issues de la production et de l'utilisation d'engrais azotés pour différents types de cultures, en agriculture conventionnelle. Emissions exprimées en kg éq. C / ha.

L'indicateur proposé pour traiter simultanément les impacts potentiels A7 et A8 est donc le suivant :

Indicateur n°6. Quel est l'impact, sur les ressources en énergies fossiles et sur le climat, de la production et de l'utilisation d'intrants agricoles pour la production des agro-ressources ?

Les impacts A7 et A8 étant intrinsèquement négatifs ou inexistants dans le meilleur des cas, cet indicateur n'admet que les réponses suivantes :

- Cultures issues de l'agriculture biologique : réponse N ;

- Cultures comme le tournesol, la vigne intensive ou la betterave (dont le mode de production conventionnel émet moins de 400 kg éq. C / ha) : réponse MD ;
- Cultures comme le maïs, le sorgho, la pomme de terre, le colza, le blé et la vigne (dont le mode de production conventionnel émet plus de 400 kg éq. C / ha) :
    - Pour lesquelles des pratiques agricoles économes en intrants sont mises en œuvre : réponse MD ;
    - Dans le cadre de l'agriculture conventionnelle : réponse D.

Si le projet fait appel à une culture non référencée, le porteur de projet devra définir la réponse correspondant à sa culture par rapport aux cultures citées. Les pratiques agricoles économes en intrants ayant une influence sur la réponse choisie (MD) devront être présentées par le porteur de projet.

Le cas des cultures biologiques

En agriculture biologique, les apports d'azote ne proviennent pas de l'épandage de fertilisants minéraux mais de la fixation biologique via l'introduction de cultures fixatrices d'azote, (principalement des légumineuses) dans les rotations, ainsi que par apport de fertilisants ou d'amendements organiques de type fumiers, composts ou engrais organiques. Par rapport à l'agriculture conventionnelle, ces méthodes ne permettent donc pas de supprimer les apports d'azote et les émissions de N_2O associées, mais de les réduire, et ce à la fois par la réduction des apports et par la substitution d'une partie d'entre eux par la fixation biologique. Les pratiques de l'agriculture biologique sont donc plus favorables au climat que celles de l'agriculture conventionnelle, même si elles ne permettent pas d'éliminer totalement les émissions de N_2O[269]. En outre, le fait d'utiliser des engrais organiques à la place d'engrais issus de la pétrochimie est également un élément positif : la consommation d'énergie fossile nécessaire à la production de ces derniers en est d'autant réduite[270].

[269] Toute activité humaine, quelle qu'elle soit, est génératrice d'impacts… L'agriculture biologique ne fait pas exception.
[270] Les engrais azotés issus de la pétrochimie sont principalement produits par synthèse d'ammoniac à partir de l'azote de l'air, via un important apport énergétique fourni par du gaz naturel.

4.1.1.c Indicateurs pour les impacts de la mécanisation agricole

INDICATEUR DE L'IMPACT DE LA MECANISATION AGRICOLE SUR LE CLIMAT ET LES RESSOURCES EN ENERGIES FOSSILES

L'agriculture moderne consomme beaucoup d'énergie pour produire et faire fonctionner les machines agricoles. La mécanisation des exploitations génère des émissions de GES et des consommations d'énergies fossiles pour la fabrication, l'entretien et les consommations en carburants des machines. La méthode Bilan Carbone propose des facteurs d'émissions[271] sur lesquels s'appuient les données du graphique suivant :

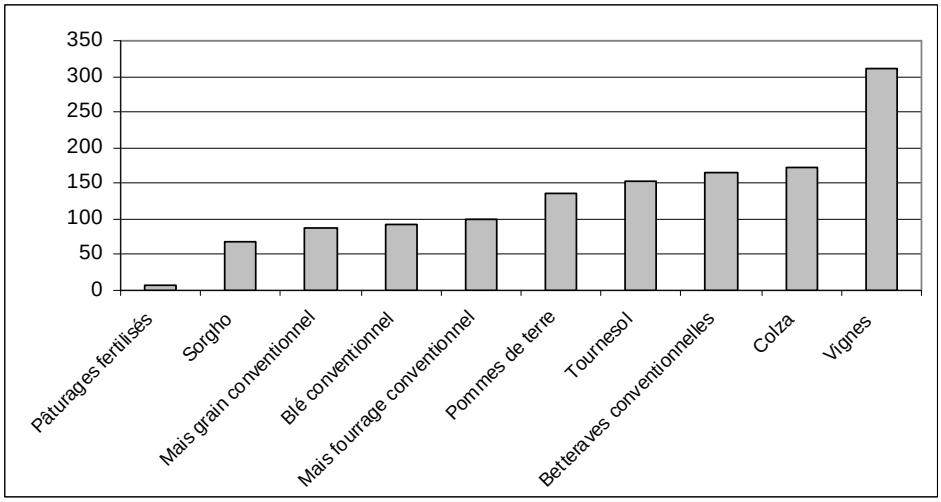


Figure n°23 Emissions de GES associées à la mécanisation agricole pour différents types de cultures, en agriculture conventionnelle. Emissions exprimées en kg éq. C / ha.

Il est donc possible de classer un certain nombre de cultures en fonction des émissions de GES que génère le niveau de mécanisation qui leur est généralement associé en agriculture conventionnelle. Quatre catégories de cultures se distinguent :

- Les cultures à très faible niveau de mécanisation, de type pâturages fertilisés, qui n'émettent que très peu de carbone via la mécanisation ;
- Les cultures moyennement mécanisées comme le sorgho, le maïs et le blé, pour lesquelles la mécanisation génère de 70 à 100 kilogrammes d'équivalent Carbone par hectare ;

[271] Sur la base d'informations fournies notamment par Prolea, l'Institut du Végétal, Ecobilan, l'ADEME et l'INRA.

- Les cultures fortement mécanisées comme les pommes de terre, le tournesol, les betteraves et le colza, pour lesquelles la mécanisation génère de 130 à 170 kilogrammes d'équivalent Carbone par hectare ;
- Les cultures très fortement mécanisées comme la vigne, pour lesquelles la mécanisation implique des émissions de 310 kilogrammes d'équivalent Carbone par hectare.

L'indicateur proposé s'appuie sur ces quatre groupes, tout en s'attachant à repérer des pratiques agricoles impliquant un moindre recours à la mécanisation, ou une mécanisation alternative par rapport à l'agriculture conventionnelle. Ces pratiques vertueuses peuvent être de plusieurs sortes : réduire le nombre de passages dans les champs voire pratiquer une agriculture sans labour, réduire le nombre de machines par exploitation, modifier le type de carburants utilisés pour les machines en remplaçant tout ou partie du fuel d'origine fossile par des carburants alternatifs et notamment végétaux, etc. Les effets de ces mesures permettront d'atténuer les impacts de la mécanisation agricole sur le climat et sur l'état des ressources en énergies fossiles. L'indicateur proposé ici permet donc d'estimer l'impact potentiel A9 de la mécanisation agricole sur les deux enjeux que sont le climat et les ressources en énergies fossiles :

Indicateur n°7. Quel est l'impact, sur le climat et sur les ressources en énergies fossiles, de la mécanisation agricole pour la production des agro-ressources ?

Trois réponses sont proposées pour cet indicateur, en fonction des variétés cultivées :

- Pour les agro-ressources issues de cultures de sorgho, maïs ou blé :
  - Avec des pratiques agricoles impliquant un moindre recours à la mécanisation, ou une mécanisation alternative par rapport à l'agriculture conventionnelle : réponse N ;
  - En agriculture conventionnelle : réponse MD ;
- Pour les agro-ressources issues de cultures de pommes de terre, tournesol, betteraves ou colza : réponse MD ;
- Pour les agro-ressources issues de la vigne :
  - Avec des pratiques agricoles impliquant un moindre recours à la mécanisation, ou une mécanisation alternative par rapport à l'agriculture conventionnelle : réponse MD ;
  - En agriculture conventionnelles : réponse D.

Si le projet fait appel à une variété de plante non référencée, le porteur de projet est invité à définir lui-même la réponse appropriée, en se positionnant par rapport aux cultures citées et sur la base de tous éléments qu'il jugera pertinents et qu'il présentera, mais également en tenant compte de l'existence d'éventuelles bonnes pratiques. Dans tous les cas, les pratiques agricoles dont le porteur de projet estime qu'elles permettent de réduire l'impact de la mécanisation par rapport à l'agriculture conventionnelle devront être présentées.

INDICATEUR DE L'IMPACT DES EMISSIONS ISSUES DE LA MECANISATION AGRICOLE SUR L'ENVIRONNEMENT ET LA SANTE

Les machines agricoles sont également responsables du rejet d'émissions polluantes dans l'atmosphère. Ces émissions ont un impact environnemental et sanitaire, identifié dans l'inventaire des impacts potentiels réalisé (cf. 3.1.2.b). Pour une exploitation agricole ou une culture, l'impact sera proportionnel au nombre de machines agricoles employées mais également à la vétusté des machines, pour lesquelles les normes d'émissions dans l'air évoluent rapidement. Analyser cet impact pour un projet de valorisation d'agro-ressources suppose donc de disposer d'informations sur ces points. Les données de référence du Bilan Carbone sur la mécanisation sont insuffisantes pour en extraire des informations utilisables et pertinentes ; le porteur de projet de son côté ne connaîtra pas suffisamment les caractéristiques de l'exploitation agricole qui le fournit en agro-ressources. Il n'est donc pour l'instant pas réaliste de sélectionner un indicateur pertinent pour évaluer cet impact potentiel A10.

4.1.1.d Indicateur de l'impact de la production des agro-ressources sur les ressources en eau

La production des agro-ressources peut impliquer des cultures pour lesquelles l'agriculture conventionnelle recoure à de l'irrigation[272]. Celle-ci permet d'apporter de l'eau à la plante en complément de l'apport pluvial, en vue de pallier une pluviométrie insuffisante par rapport aux besoins de certaines cultures, de sécuriser les rendements dans les zones au climat aléatoire, de les optimiser ou simplement de répondre à un enjeu de qualité pour la

[272] Nous insistons ici sur le fait que les variétés cultivées nécessitent rarement systématiquement de l'irrigation pour croître. Ce sont plutôt les conditions de culture – grandes parcelles, variétés inadaptées aux conditions pédoclimatiques locales, cultures sur sols nus, recours aux engrais chimiques, etc. – qui créent une nécessité d'irriguer.

production. Certaines plantes ont toujours besoin d'irrigation pour croître, mais la plupart peuvent se développer sans, de manière il est vrai plus ou moins aléatoire selon les conditions pédoclimatiques. Les espèces cultivées, les techniques d'irrigation employées, le climat, les caractéristiques du bassin versant ainsi que celles des sols où sont implantées les cultures sont autant de facteurs à prendre en compte pour estimer l'impact de l'irrigation d'une culture sur la ressource en eau locale. De façon plus générale cependant, dans un contexte de dégradation et d'épuisement croissant des ressources en eau douce en France et à l'échelle mondiale, mais aussi de changement climatique, l'irrigation agricole pose aujourd'hui problème. Malgré cela, pour des raisons productivistes, certaines cultures tendent à être de plus en plus irriguées – le maïs et en particulier sa culture dans le Sud-ouest de la France est un exemple emblématique.

Un indicateur a été précédemment retenu pour traiter de l'impact de l'écotoxicité des intrants agricoles sur la qualité des ressources en eau. Il est important que le pôle IAR soit également en mesure de repérer les projets impliquant des modes de production d'agro-ressources peu optimisés au niveau de l'irrigation. Associer systématiquement un type de culture à un impact en terme d'irrigation est cependant peu pertinent : comme évoqué ci-dessus, cet impact dépend de nombreux autres facteurs ; ces facteurs sont en grande partie inconnus du porteur de projet, généralement trop éloigné des caractéristiques de l'exploitation agricole qui le fournit en agro-ressources[273]. L'Agence Européenne de l'Environnement propose, dans le même rapport que celui cité précédemment, des informations sur les prélèvements d'eau associés à différents types de cultures (AEE 2007) :

	Prairies permanentes	Chanvre	Miscanthus	TCR peuplier, saule	Switchgrass	Doubles cultures
Prélèvements d'eau généralement associés	A	B	A	B	A	B

	Lin (huile)	Trèfle, Luzerne	Tournesol	Autres céréales (orge, avoine, seigle, triticale)	Blé	TCR eucalyptus
Prélèvements d'eau généralement associés	A	A	B/C	A/B	B	C

	Maïs	Betterave	Colza	Pommes de terre	Sorgho
Prélèvements d'eau généralement associés	B	B/C	B	A/B	B

Tableau n°17 Evaluation du niveau de prélèvements d'eau pour l'irrigation généralement associés à différents systèmes de culture en Europe (AEE 2007).

[273] A nouveau, cette situation constitue notre hypothèse mais n'est en rien irrémédiable : les acteurs agro-industriels doivent être conscients de l'intérêt qu'apporterait un plus grand échange d'informations.

Faute de données plus pertinentes et spécifiques dans l'immédiat[274], l'indicateur permettant d'estimer l'impact potentiel A11 s'appuie sur cette référence. Il cherche toutefois à mettre en évidence l'existence de pratiques agricoles permettant une irrigation moindre et des prélèvements d'eau minimisés par rapport aux pratiques de l'agriculture conventionnelle :

Indicateur n°8. Quel est l'impact de la production des agro-ressources en terme de consommation d'eau pour l'irrigation ?

Les réponses proposées sont les suivantes, le porteur de projet étant invité à présenter les informations qui déterminent sa réponse :

	Pas d'irrigation	Techniques d'irrigation optimisées par rapport aux méthodes conventionnelles	
		Oui	Non / Ne sait pas
Prairies permanentes, miscanthus, switchgrass, lin, trèfle, luzerne	F	MF	N
Orge, avoine, seigle, triticale, pomme de terre, chanvre, TCR peuplier ou saule, doubles cultures, blé,maïs, colza, sorgho	F	N	MD
Tournesol, betterave, TCR eucalyptus	F	MD	D

Tableau n°18 Valeurs prises par l'indicateur relatif à l'impact de l'irrigation des cultures sur les ressources en eau.

4.1.1.e Indicateurs pour les impacts socio-économiques de la production des agro-ressources

INDICATEUR DE L'IMPACT SOCIAL DE LA PRODUCTION DES AGRO-RESSOURCES VIA L'EMPLOI, LES REVENUS ET LES CONDITIONS DE TRAVAIL, LORSQUE CETTE PRODUCTION EST IMPLANTEE HORS DU TERRITOIRE DE L'UNION EUROPEENNE

Parce que certains projets peuvent recourir à des agro-ressources importées et notamment produites en dehors du territoire de l'Union Européenne, il est important de s'attarder sur les conditions dans lesquelles sont produites ces agro-ressources et sur l'impact social de ces conditions. Certains cas sont régulièrement dénoncés, comme par exemple les conditions

[274] En particulier, ces données ne disent rien des facteurs déterminant ces besoins en irrigation : la fragilité de la variété cultivée, l'adéquation du lieu de culture avec les besoins des plantes, la mise en œuvre de pratiques culturales augmentant les besoins d'apports en eau, etc.

d'emploi des travailleurs agricoles brésiliens pour la récolte de la canne à sucre destinée entre autres à la production d'éthanol[275].

Le problème de la fiabilité des réponses se pose évidemment à nouveau. Il ne s'agit pas d'obtenir ici des garanties absolues sur le respect des droits des travailleurs agricoles et sur le fait que cette activité les met bel et bien en capacité de répondre à leurs besoins[276]. Cette tâche dépasse largement les moyens dont dispose le pôle IAR pour y faire face, et demande une évolution encore importante de la transparence et de la fiabilité des filières ainsi que de l'esprit et du cadre réglementaire des échanges internationaux. Définir un indicateur sur ce point implique pour l'instant de recourir à une question simple voire naïve, et d'admettre, sans pouvoir la vérifier, la réponse que fournira le porteur de projet. Malgré ces limites, la démarche n'est pas dépourvue de sens : elle contribue à diffuser une prise de conscience et un questionnement sur les droits et les besoins humains, ouvrant ainsi la voie à des mesures ultérieures plus concrètes[277]. L'indicateur proposé pour estimer l'impact potentiel A12 est donc le suivant :

Indicateur n°9. Si la production des agro-ressources est implantée hors du territoire de l'Union Européenne, quel est l'impact de cette production sur les travailleurs agricoles via l'emploi, les revenus et les conditions de travail ?

Lorsque les agro-ressources dont le projet a besoin sont produites sur le territoire de l'Union Européenne, cet indicateur est désactivé. Dans le cas contraire, le choix de la réponse est laissé libre au porteur de projet, mais il doit présenter les éléments qui la justifient. Il est notamment invité à questionner les conditions dans lesquelles les travailleurs agricoles sont employés et rémunérés, et si ces conditions sont de nature à leur permettre d'être en capacité de satisfaire leurs besoins.

[275] **Rodrigues, A.** (2007). *Premières victimes : les coupeurs de canne. Dossier spécial : Biocarburants, l'arnaque*. Courrier International, 24-30 mai 2007, p. 13. **AFP** (2008). *"Croissance brutale" du travail forcé dans les champs de canne à sucre au Brésil*. Le Monde, p. 5.

[276] Les besoins humains doivent ici s'entendre au sens de l'approche proposée par l'économiste chilien Manfred Max-Neef dans ses travaux sur le « développement à l'échelle humaine » : **Max-Neef, M.** (1991). *Human scale development : Conception, application and further reflections*. New York, The Apex Press. 114 p.. (Cf. 3.1.2.a).

[277] En particulier de nouveaux schémas d'échanges économiques mondiaux, intégrant des finalités sociales et environnementales et permettant aux acheteurs de demander des comptes à leurs fournisseurs sur les conditions de production des biens qu'ils achètent, d'où qu'ils viennent.

INDICATEUR DE L'IMPACT DE LA PRODUCTION DES AGRO-RESSOURCES SUR L'ECONOMIE LOCALE, LORSQUE CETTE PRODUCTION EST IMPLANTEE EN DEHORS DU TERRITOIRE DE L'UNION EUROPEENNE

Quel est l'impact de la production et de la vente des agro-ressources sur le système économique local ?

L'évaluation de l'impact potentiel A13 sur l'équité de la répartition des richesses à toutes les échelles repose sur la même approche que celle décrite ci-dessus. Elle ne concerne que les projets mobilisant des ressources produites hors du territoire de l'Union Européenne, et vise avant tout à faire progresser la sensibilité des acteurs économiques à cette question. L'indicateur choisi est donc le suivant :

Indicateur n°10. Si la production des agro-ressources est implantée hors du territoire de l'Union Européenne, quel est l'impact de cette production sur l'économie locale ?

Comme précédemment, lorsque les agro-ressources mobilisées par le projet sont produites sur le territoire de l'Union Européenne, cet indicateur est désactivé. Dans le cas contraire, le choix est laissé libre au porteur de projet, mais nécessite de présenter les éléments sur lesquels il s'appuie.

4.1.2 Les indicateurs relatifs aux impacts des transports pour l'approvisionnement et pour la distribution

Le cycle de vie d'un projet de valorisation d'agro-ressources comporte deux phases de transport, qui peuvent toutes deux inclure des étapes de stockage :

- L'approvisionnement du site principal, de recherche ou de production, en agro-ressources et autres matières premières ;
- La distribution des produits depuis le site de production vers les consommateurs.

Les impacts potentiels de ces deux étapes (B et E) étant relativement similaires, les indicateurs sélectionnés pour les traiter seront abordés ensemble ci-dessous.

4.1.2.a Indicateurs pour les impacts du transport et du stockage sur les ressources en énergies fossiles et sur le climat

INDICATEUR DE L'IMPACT DU TRANSPORT SUR LES RESSOURCES EN ENERGIES FOSSILES ET SUR LE CLIMAT

Du point de vue des consommations en énergies fossiles et des émissions de GES, les frets ferroviaire, maritime et fluvial sont considérés comme des modes de transport doux, en particulier par rapport au fret routier et au fret aérien[278]. Par ailleurs à mode de transport équivalent, les impacts seront considérés comme étant proportionnels aux distances. Les projets conçus dans une logique de circuits d'approvisionnement ou de distribution les plus courts possibles doivent pouvoir être distingués lors de l'analyse ; les distances à parcourir seront donc un élément pris en compte par l'indicateur sélectionné pour les impacts potentiels B1 et E1 :

Indicateur n°11. Quel est l'impact, sur les ressources en énergies fossiles et sur le climat, des modes de transports prévus pour l'approvisionnement en matières premières / pour distribuer la production ?

Les valeurs prises par cet indicateur sont présentées dans le tableau ci-dessous :

		Distance à parcourir avec ces modes de transport doux			
		Jugée très importante (intercontinentale)	**Jugée importante** (intra UE, France)	**Jugée faible** (régionale)	**Jugée nulle** (matières premières ou consommation des produits sur site) *(pas de transport)*
Recours à des modes de transport doux (rail, maritime ou fluvial). En pourcentage du tonnage total de matière à transporter.	**100%**	MD	N	N	N
	75 à 100%	MD	MD	N	
	50 à 75%	D	MD	MD	
	25 à 50%	D	D	MD	
	0 à 25%	D	D	D	

Tableau n°19 Valeurs prises par les indicateurs relatifs aux impacts sur les ressources en énergies fossiles, sur le climat, sur l'environnement et sur la santé humaine, de l'approvisionnement en matières premières ou de la distribution de la production, en fonction des modes de transport utilisés et des distances à parcourir.

[278] L'Agence Européenne de l'Environnement fourni de nombreuses études sur les transports et leurs impacts, qui permettent de justifier ce classement entre les modes de transports doux et les autres. **AEE** (2004a). *Indicator factsheet. TERM 2003 27 EEA 31 — Overall energy efficiency and specific CO2 emissions for passenger and freight transport*. Agence Européenne de l'Environnement, 11 p.

Les réponses sont fonction de la part de matière transportée via des modes de transport doux par rapport au total, et d'une appréciation de l'importance de la distance à parcourir : très importante, importante ou faible. Cette appréciation demandée au porteur de projet est subjective et relativement peu précise ; elle permet malgré tout de prendre en compte le paramètre de la distance, montrant ainsi que des circuits d'approvisionnement ou de distribution longs restent problématiques du fait de leurs impacts, même en recourant à des modes de transport doux. Ces derniers génèrent en effet également des impacts, même s'ils sont moindres. En tous les cas le porteur de projet est invité à préciser les caractéristiques de ses circuits d'approvisionnement et de distribution, ainsi que les éventuelles bonnes pratiques mises en œuvre.

INDICATEUR DE L'IMPACT DU STOCKAGE SUR LES RESSOURCES EN ENERGIES FOSSILES ET SUR LE CLIMAT

Le circuit d'approvisionnement ou de distribution peut parfois inclure une ou plusieurs étapes de stockage intermédiaire, auxquelles peuvent être associées des consommations d'énergies et des émissions de GES : il s'agit des impacts potentiels B2 et E2. Lorsque de tels stockages existent, des mesures peuvent être prises pour en minimiser l'impact énergétique et climatique : efficacité énergétique, recours à des énergies renouvelables, etc. Afin que le pôle IAR puisse distinguer les projets incluant de telles mesures, l'indicateur suivant est proposé :

Indicateur n°12. Quel est l'impact, sur les ressources en énergies fossiles et sur le climat, des caractéristiques des éventuels stockages intermédiaires lors de l'approvisionnement / de la distribution ?

- Si aucun stockage intermédiaire n'est prévu au cours du circuit d'approvisionnement / de distribution : réponse N ;
- Si un ou plusieurs sites de stockage sont prévus, et qu'ils ne génèrent pas ou très peu de consommation d'énergie fossile ni d'émissions de GES : réponse N ;
- Si un ou plusieurs sites de stockage sont prévus :
  - Avec des mesures d'efficacité énergétique et de réduction des émissions de GES : réponse MD ;
  - Sans mesures d'efficacité énergétique et de réduction des émissions de GES : réponse D.

Le porteur de projet est bien sûr invité à préciser de quels sites de stockage il s'agit et à présenter les mesures concernées.

4.1.2.b Indicateurs pour les impacts environnementaux et sanitaires du transport

INDICATEUR DE L'IMPACT SANITAIRE ET ENVIRONNEMENTAL DES EMISSIONS, REJETS ET DECHETS LIES AU TRANSPORT

Les transports sont responsables de l'émission de nombreux polluants dans l'air, problématiques pour la santé humaine mais aussi pour l'environnement du fait de retombées sous forme par exemple de pluies acides[279]. Les travaux de l'Agence Européenne de l'Environnement[280] nous indiquent que le mode de transport le plus polluant est le transport routier, le moins polluant étant le transport ferroviaire. Après la route vient le transport aérien, puis le transport maritime et fluvial, même si la part de responsabilité du transport maritime dans la pollution atmosphérique ne fait aujourd'hui pas consensus et est fréquemment considérée comme sous-estimée[281]. Distinguer l'impact précis de chacun sur les milieux et sur la santé demeure néanmoins difficile, et nous contraint à traiter ensemble les impacts potentiels B3 et B4 (ou E3 et E4). L'indicateur sélectionné repose sur la même logique que le précédent, et tient compte à la fois des modes de transport utilisés et de la longueur du circuit d'approvisionnement ou de distribution :

Indicateur n°13. Quel est l'impact environnemental et sanitaire des émissions liées au transport pour l'approvisionnement en matières premières / pour la distribution de la production ?

Les réponses admises sont les mêmes que celles de l'indicateur n°11 (Tableau n°19).

[279] **AEE** (2008). *Climate for a transport change. TERM 2007: indicators tracking transport and environment in the European Union*. EEA, 56 p.
[280] **AEE** (2004b). *Indicator factsheet. TERM 2003 28 EEA 31 — Specific emissions of air pollutants*. Agence Européenne de l'Environnement, 9 p.
[281] En effet, le transport par bateau favorise le transport sur de longues distances de biens périssables (comme certaines agroressources) qui nécessitent des systèmes réfrigérant très énergivores (**Foulquier, E.** (2007). *Le froid, les agrumes et la mer. Logiques de flux, logiques d'espace dans le bassin de la Plata (Argentine, Uruguay)*. Géographie, économie, société **9**(3): p. 315-327.

INDICATEUR DE L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SANITAIRE DES RISQUES ASSOCIES AUX TRANSPORTS

Les transports mais aussi les sites de stockage présentent parfois des risques environnementaux et sanitaires importants en cas de déversement, d'incendie ou d'explosion lors d'une collision par exemple. C'est un aspect qui doit être maîtrisé et dont il est souhaitable que le porteur de projet ait conscience. Un risque se définit comme étant le produit de la probabilité d'occurrence d'un évènement avec la gravité des conséquences associées à cet évènement. Les impacts potentiels B5 et E5, correspondant au risque associé aux stockages et aux transports pour l'approvisionnement et la distribution, peuvent donc être approchés par l'indicateur proposé ci-dessous :

Indicateur n°14. Quel est le risque environnemental et sanitaire associé aux transports et aux éventuels stockages intermédiaires pour l'approvisionnement en matières premières / la distribution ?

Cet indicateur admet quatre réponses, d'après le tableau ci-dessous :

		Probabilité d'occurrence d'un accident lié aux transports		
		Faible ou nulle	Moyenne	Elevée
Conséquences en cas d'accident lié au transport	Négligeables	N	N	N
	Problématiques	MD	MD	D
	Graves ou très graves	MD	D	D

Tableau n°20 Valeurs prises par les indicateurs relatifs aux risques environnementaux et sanitaires liés aux transports et aux stockages pour l'approvisionnement ou la distribution.

Cet indicateur repose sur l'appréciation personnelle du porteur de projet, même si celui-ci est invité à présenter les éléments sur lesquels il fonde sa réponse.

4.1.2.c Indicateur de l'impact du stockage intermédiaire sur l'occupation des sols et sur le paysage

L'impact le plus perceptible des sites de stockage est sans doute leur emprise au sol et leur intégration dans le paysage. Afin de favoriser la prise de conscience de l'existence de cet

impact potentiel B6 (ou E6) et faute de pouvoir faire mieux de façon toujours pertinente[282], un indicateur reposant sur une question subjective est proposé :

Indicateur n°15. Quel est l'impact, sur l'occupation des sols et sur le paysage, des éventuels sites de stockage intermédiaire pour l'approvisionnement ou la distribution ?

La réponse est laissée entièrement libre au porteur de projet.

4.1.3 Les indicateurs relatifs aux impacts des procédés de production

Les impacts potentiels recensés pour l'étape de production sont ceux des procédés de fabrication ou de transformation représentant le cœur du projet et permettant de fabriquer le produit principal dans le cas d'un projet industriel. Ils correspondent à tout ce qui se situe sur le site principal de production ou de recherche, et incluent les éventuels stockages et transports internes à cette étape.

4.1.3.a Indicateur de l'impact des procédés sur le climat et les ressources en énergies fossiles

Cet impact C1 dépend principalement de la consommation énergétique globale du site et de la part relative des différentes sources d'énergie mobilisées, des émissions de GES associées à chacune, ainsi que du recours à des matières premières à haut contenu énergétique. Cette dernière information est difficile à obtenir dans la mesure où elle nécessiterait de se référer à une analyse du cycle de vie de toutes les matières premières, ou au moins d'avoir une connaissance précise et fiable des filières dont elles sont issues. Ce point fait partie des éléments qui pourraient être approfondis via l'amélioration de la base informationnelle sur laquelle reposent les indicateurs[283] ; en attendant l'estimation de cet impact potentiel reposera sur la recherche des autres informations mentionnées. Les facteurs d'émissions proposés par la méthode Bilan Carbone nous permettent de hiérarchiser les principales sources d'énergie

[282] Le caractère hautement subjectif de l'estimation d'un impact d'une activité sur le paysage a déjà été évoqué plus haut (cf. p.190).
[283] C'est un point qui peut être amélioré si le pôle IAR fait aboutir son souhait d'obtenir une analyse de cycle de vie pour chaque projet qui lui serait soumis : petit à petit pourrait être alimentée une base de données spécifique aux différents types de projets soutenus par le pôle, sur laquelle les porteurs de projets, les chargés de mission du pôle et les évaluateurs pourraient s'appuyer.

primaires en fonction de leurs émissions de GES exprimées en kilogrammes de Carbone équivalent[284] par tonne PCI[285] :

Ressources énergétiques	Type de combustible	Emissions (kg éq. C / tep PCI)	incertitude (%)
Biocombustibles valorisés sur site	biocombustible	0	10%
Ecorces, sciures, broyats de DIB	biocombustible	4	10%
Plaquettes forestières	biocombustible	11	10%
Biocombustibles filières dédiées	biocombustible	30	10%
Paille	biocombustible	59	10%
Electricité (produite en France)	électricité	268	10%
EMHV colza	biocarburant	268	10%
Bioéthanol	biocarburant	385	10%
Gaz naturel	fossile gazeux	737	5%
GPL	fossile liquide	871	5%
Pétrole brut	fossile liquide	898	5%
Naphta	fossile solide	898	20%
Carburéacteur	fossile liquide	931	5%
Gazole	fossile liquide	951	5%
Fuel domestique	fossile liquide	951	5%
Supercarburant	fossile liquide	978	5%
Fuel lourd	fossile liquide	1016	5%
Charbon à coke	fossile solide	1169	20%
Houille	fossile solide	1169	20%
Agglomérés	fossile solide	1169	20%
Charbon sous-bitumineux	fossile solide	1181	20%
Coke de pétrole	fossile solide	1181	20%
Briquette de lignite	fossile solide	1205	20%
Lignite	fossile solide	1230	20%
Schistes	fossile solide	1304	20%
Coke de houille	fossile solide	1316	20%
Coke de lignite	fossile solide	1328	20%
Tourbe	fossile solide	1353	20%

Tableau n°21 Facteurs d'émissions associés aux différentes sources d'énergie, exprimées en kilogrammes de Carbone équivalent par tonne équivalent pétrole (PCI).

Les émissions indiquées pour le bioéthanol et l'EMHV à partir de colza sont calculées à partir des facteurs d'émissions et de conversion proposés par la méthode Bilan Carbone v.4, qui elle-même se base sur des données extraites de l'étude réalisées en 2002 par l'ADEME et la DIREM. De manière générale, les données de ce tableau sont plutôt à observer plus en terme d'ordres de grandeur que de données précises sur les émissions de chacune de ces sources d'énergie. Le graphique ci-dessous permet de mieux visualiser la hiérarchisation de ces différentes sources d'énergie, en fonction de leurs facteurs d'émissions :

[284] cf. **ADEME** (2006). *Bilan Carbone® : Calcul des facteurs d'émissions et sources bibliographiques utilisées (version 4.0)*. ADEME, MIES, 227 p., p. 20, 22, 24, 27, 29, 148-149.
[285] PCI : Pouvoir Calorifique Inférieur.

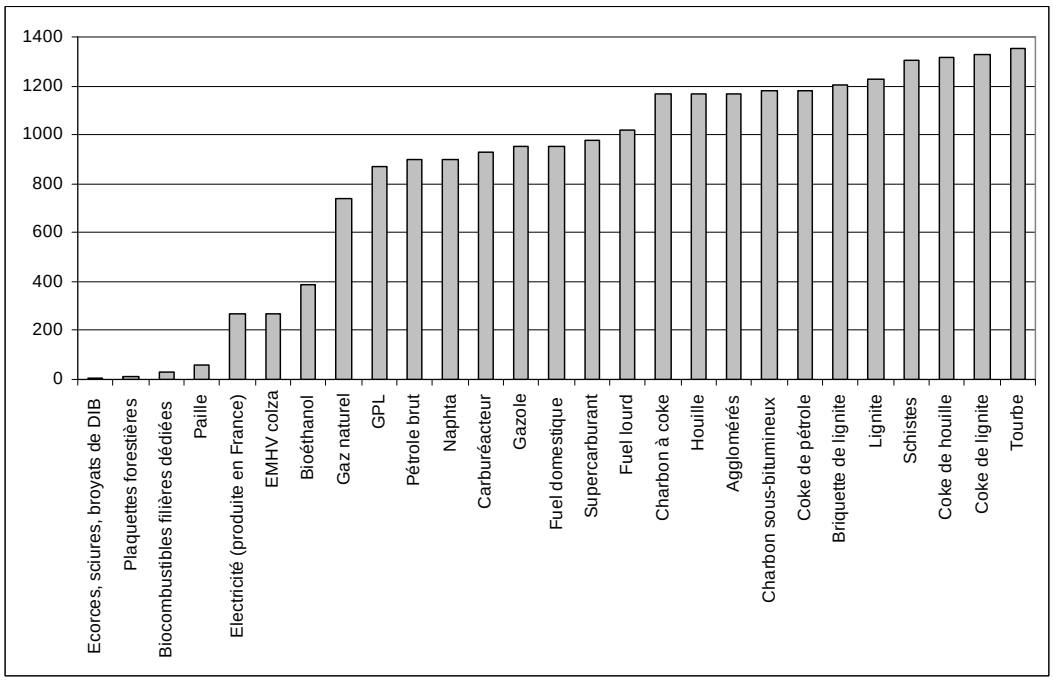


Figure n°24 Hiérarchisation des sources d'énergies en fonction des émissions de GES associées, exprimées en kilogrammes de Carbone équivalent par tonne équivalent pétrole PCI.

Ces facteurs d'émissions reposent sur un certain nombre d'hypothèses, et notamment :

- Les émissions générées en amont de la combustion sont intégrées ;
- Les biocombustibles contiennent un pourcentage d'humidité équivalent à 30% pour les biocombustibles issus de filières dédiées ainsi que pour les écorces, sciures et broyats de DIB[286], 40% pour les plaquettes forestières, et 10% pour la paille ;
- Les écorces, sciures et broyats de DIB, les plaquettes forestières ainsi que la paille sont considérés comme étant des co-produits ou sous-produits non issus du site, et obtenus via un approvisionnement. Lorsqu'ils sont produits et consommés sur site, la méthode Bilan Carbone considère que les émissions qui leur sont associées sont nulles ;
- Les émissions pour l'électricité[287] sont valables pour l'électricité produite en France, provenant pour l'essentiel de centrales nucléaires, ce qui influe bien sûr beaucoup sur les émissions de GES.

Quatre niveaux d'émissions peuvent être distingués dans le tableau ci-dessus : moins de 60 kg éq. C / tep, entre 250 et 400 kg éq. C / tep, entre 700 et 1000 kg éq. C / tep et plus de 1150 kg éq. C / tep. Sans surprise, les biocombustibles sont les sources d'énergies les moins émettrices

[286] DIB : Déchets Industriels Banals.
[287] Calculées à partir des facteurs d'émissions et facteurs de conversion proposés par la méthode Bilan Carbone v.4.

de carbone fossile. Viennent ensuite les biocarburants bioéthanol et EMHV de colza, l'électricité, toujours pour la France seulement, puis le gaz naturel, le naphta et les combustibles fossiles liquides et enfin tous les combustibles fossiles solides.

A partir de ces chiffres, il est possible d'estimer le niveau des émissions de GES générées par la consommation énergétique globale du site, en s'appuyant sur la part des différentes sources d'énergie utilisées. L'impact énergétique et l'impact climatique des procédés doivent par contre être traités par le biais du même indicateur, même si en réalité l'impact d'une consommation énergétique sur l'épuisement des ressources en énergies fossiles dépend aussi de l'état des réserves et de leur vitesse d'épuisement ; mais ces données sont trop incertaines pour être intégrées à ce stade de l'évaluation. L'indicateur proposé ici est donc le suivant, sachant que deux indicateurs pourraient le remplacer pour l'améliorer de façon à ce qu'il ne s'attache pas qu'aux émissions de GES :

Indicateur n°16. Quel est l'impact, sur les ressources en énergies fossiles et sur le climat, de la consommation énergétique globale du site de production – transformation ou des procédés mis en œuvre ?

La réponse à cet indicateur s'appuie sur les deux facteurs suivants :

- Le niveau d'émissions de carbone associé aux types d'énergie utilisés : moins de 60 kg éq. C / tep, entre 250 et 400 kg, entre 700 et 1000 ou plus de 1150 kg éq. C / tep ;
- La quantité globale d'énergie utilisée, ramenée en tep ou en kWh PCI par unité de produit principal. Les consommations associées à d'éventuels stockages présents sur le site sont comprises dans cette quantité globale d'énergie.

L'impact énergétique et climatique des procédés étant par nature négatif voire neutre dans le meilleur des cas, l'indicateur admet les réponses D à N. De manière générale, le porteur de projet est comme toujours invité à présenter tous les éléments sur lesquels s'appuie sa réponse[288].

[288] Certains projets ne pourront faire autrement que d'être « notés » D sur ce point, en raison de leurs caractéristiques intrinsèques. Cet aspect constituera un de leur point faible, qui sera à analyser avec le reste de leurs caractéristiques et au regard d'autres éléments tels que leur raison d'être, leurs objectifs, mais aussi le contexte local et global dans lequel ils doivent s'insérer. Au final, l'appréciation attribuée à chaque projet appartient à l'utilisateur final de la grille c'est à dire au décideur, en l'occurrence le pôle IAR, au regard de toutes les caractéristiques du projet mises en évidence par les indicateurs.

Un problème demeure cependant : comment déterminer les niveaux d'émissions de GES par unité de produit correspondant aux réponses D / MD / N ? Plusieurs possibilités sont envisageables : rechercher des éléments de référence permettant de fixer des seuils propres à chaque secteur, fixer des seuils valables pour tous les types de procédés, ou encore s'en remettre à l'appréciation de l'évaluateur. La réglementation IPPC[289] et les BREF[290] pourraient constituer de bons éléments de référence pour fixer des seuils propres à chaque secteur, mais dans la mesure où les projets évalués, de par leur diversité, sont susceptibles de relever de nombreux BREF voire plusieurs pour un même projet, extraire des éléments sur tous les secteurs potentiellement concernés se révèle être une tâche très lourde et irréalisable pour l'instant. Fixer des seuils valables pour tous les secteurs n'est en soi pas une option totalement illégitime : cela aboutirait à une base de comparaison pour tous les projets. Cela nécessite cependant aussi de trouver des références reconnues, permettant d'établir par exemple que :

- Pour un procédé industriel, une consommation énergétique de X tep par unité de produit, provenant de telle source d'énergie, est une consommation très élevée, élevée, moyenne ou faible au regard de l'état des ressources énergétiques ;
- Pour un procédé industriel, émettre X kg de Carbone équivalent par tonne de produit est très, moyennement ou peu impactant pour le climat.

Ces références n'ont cependant pas pu être identifiées. En leur absence, le résultat de l'indicateur ne peut donc que reposer sur l'appréciation personnelle du porteur de projet. Le caractère transparent de l'évaluation rend cette option acceptable, à défaut d'être la meilleure scientifiquement parlant. La réponse D correspondra donc à un impact sur le climat et les ressources en énergies fossiles jugé élevé ou très élevé, la réponse MD correspondra à un impact jugé moyen, et la réponse N correspondra à un impact jugé négligeable. Ces réponses pourront se justifier par une faible consommation énergétique des procédés, par la mise en œuvre de mesures d'économies d'énergie ou par un recours à des sources d'énergies renouvelables.

Pour répondre, le porteur de projet est invité à se reporter aux données présentées dans le tableau et le graphe ci-dessus, afin de situer les émissions de GES associées à la consommation énergétique des procédés de son projet en fonction des sources d'énergie mobilisées.

[289] IPPC : Integrated Pollution Prevention and Control.
[290] BREF : Best Available Techniques Reference Documents.

Il est également invité à se référer aux BREF dont relève son projet et à y rechercher des informations concernant les consommations énergétiques et les émissions de GES associées aux procédés concernés. Situer son projet par rapport aux préconisations des BREF lui permettra d'appuyer sa réponse sur des éléments solides. Le pôle IAR pourrait envisager de seconder les porteurs de projets dans cette recherche, et s'impliquer ainsi dans l'identification de procédés efficaces. Cette démarche lui permettrait de se constituer à terme une base de données utilisable et actualisée, qu'il pourrait mettre à disposition des porteurs de projets et à laquelle il pourrait se référer pour disposer d'une évaluation, tous projets confondus, de ce qui correspond à un niveau élevé ou non de consommation énergétique.

4.1.3.b Indicateur de l'impact de l'implantation du site de production – transformation sur les milieux

Il s'agit ici d'évaluer l'impact potentiel C2, relatif à l'implantation des activités de production et à son impact sur le paysage et sur l'occupation des sols. L'enjeu est double : limiter l'imperméabilisation et la stérilisation des sols en évitant d'implanter les nouvelles activités sur des terres arables ou dans des espaces naturels non encore mobilisés par des activités économiques, et veiller à la bonne intégration des sites dans les paysages. L'occupation des sols et la transformation croissante des espaces naturels, du fait de son impact négatif sur l'intégrité et l'équilibre des écosystèmes, la biodiversité et l'hydrographie du site, est une question problématique. Il est important que le pôle IAR puisse identifier les projets impliquant par exemple un fort recours à ce type d'espaces. L'indicateur suivant est donc proposé :

Indicateur n°17. Quel est l'impact sur les milieux de l'implantation des activités de production - transformation ?

Le porteur de projet est invité à présenter les éléments qui sous-tendent sa réponse. Il doit répondre en tenant compte des deux aspects présentés ci-dessus : l'intégration du site dans le paysage et le niveau de recours à des espaces naturels. L'indicateur admet les réponses suivantes :

- Si cet impact est jugé négligeable (implantation sur des zones déjà artificialisées, bonne intégration dans le paysage, …) : réponse N ;

- Si cet impact est jugé négatif (recours plus ou moins important à des terres arables ou à des espaces naturels pour l'implantation des sites de production, impact sur le paysage, …) : réponse MD ou D en fonction de la situation ;
- Si cet impact est jugé positif (faible ou très faible emprise au sol éventuellement sur des zones déjà artificialisées, bonne intégration dans le paysage, …) : réponde MF ou F en fonction de la situation.

4.1.3.c Indicateurs pour les impacts des procédés sur les ressources en eau et sur les ressources naturelles

INDICATEUR DE L'IMPACT DES PROCEDES SUR LES RESSOURCES EN EAU

L'estimation de l'impact potentiel C3 implique de connaître les prévisions de consommation d'eau du site de production, donc des procédés de production et transformation, mais aussi des stockages[291]. Cette consommation doit être estimée par unité de produit principal, en prenant en compte un éventuel bouclage du circuit d'eau. L'indicateur proposé ici est donc le suivant :

Indicateur n°18. Quel est l'impact, sur les ressources en eau, des procédés de production – transformation et des éventuels stockages du site de production, en terme de consommation d'eau ramenée à l'unité de produit principal ?

Trois réponses sont possibles pour cet indicateur : N / MD / D. Pour fixer les seuils correspondants, le même problème se pose que pour l'impact de la consommation énergétique et des émissions de GES des procédés : l'absence de données de référence solides impose pour l'instant de s'en remettre à l'appréciation du porteur de projet[292]. On ne peut en effet pas s'appuyer sur des seuils qui existeraient par exemple dans la réglementation ICPE[293] : les rubriques de la nomenclature ICPE sont classées par activités ou par substance, la

[291] Les consommations en eau considérées ici sont celles qui sont directement imputables aux procédés de production, et non à la production des matières premières par exemple, même si celle-ci peut être considérée comme de l'eau « déplacée » du site de production des matières premières vers l'usine. Ces consommations ont en effet déjà été estimées via les indicateurs relatifs à l'étape de production des matières premières, à l'approximation près que les matières premières sont ici réduites aux seules agro-ressources. Dans le cas où d'autres matières premières nécessitant beaucoup d'eau pour être produites seraient utilisées, il est intéressant de les inclure dans le champ d'application de cet indicateur en tant qu'intrants nécessaires aux procédés de production.

[292] Ce qui reste acceptable dans la mesure encore une fois où l'évaluation est transparente.

[293] ICPE : Installations Classées pour la Protection de l'Environnement.

consommation d'eau étant un aspect pouvant être commun à toutes les rubriques et l'eau n'étant pas toujours un critère déterminant en soi pour la soumission d'une activité aux régimes ICPE. La réponse D correspondra donc à une consommation d'eau nette, par unité de produit principal, jugée élevée ou très élevée, la réponse MD à une consommation jugée moyenne, et la réponse N à une consommation jugée négligeable, que ce soit du fait de faibles besoins en eau ou de la mise en œuvre de mesures d'économies d'eau. Le porteur de projet présentera les éléments qui à ses yeux justifient sa réponse.

INDICATEUR DE L'IMPACT DES PROCEDES SUR LES RESSOURCES NATURELLES, HORS EAU, ENERGIE ET AGRO-RESSOURCES

La raréfaction des ressources naturelles est un problème qui dépasse les ressources en énergies fossiles et en eau, et qui concerne d'autres ressources au taux de renouvellement si lent qu'elles en deviennent non renouvelables à l'échelle humaine. Il est donc important de repérer les projets consommant trop de ressources naturelles de ce type, comme certains minerais par exemple[294]. Le porteur de projet devra donc définir si, parmi les matières premières et ressources mobilisées par le projet autres que l'eau, l'énergie et les agro-ressources, certaines sont dans ce cas. Il devra ensuite qualifier le niveau de consommation de ces ressources que le projet suppose, selon le même principe que pour l'indicateur précédent, relatif aux consommations d'eau. Le caractère épuisable d'une ressource naturelle dépend bien évidemment à la fois de l'état des stocks et de la vitesse de consommation de ces stocks : le porteur de projet est invité à se renseigner sur ces éléments avant de renseigner l'indicateur suivant, retenu pour évaluer l'impact potentiel C4 :

Indicateur n°19. En dehors de l'eau, des agro-ressources et des énergies fossiles, quel est l'impact des procédés de production – transformation sur les ressources naturelles à faible taux de renouvellement, comme les minerais ?

Cet indicateur admet les réponses D à N. La réponse D correspondra à une consommation de ces ressources, par unité de produit principal, jugée élevée ou très élevée, la réponse MD à une consommation jugée moyenne, et la réponse N à une consommation jugée faible ou négligeable. L'évaluateur présentera les ressources naturelles dont il est question ici, ainsi que les éléments sur lesquels s'appuie sa réponse.

[294] **Mastny, L.** (2008). *Chaque année, l'industrie du cuivre utilise une base de ressources "non renouvelable"*. L'état de la planète n°31, mai-juin 2008, p. 24-25.

4.1.3.d Indicateurs pour les impacts sanitaires et environnementaux des procédés

INDICATEUR DE L'IMPACT SANITAIRE ET ENVIRONNEMENTAL DES EMISSIONS, REJETS OU DECHETS ISSUS DES PROCEDES DE PRODUCTION – TRANSFORMATION

Cette question recouvre la production de déchets et l'émission dans les différents compartiments[295] de substances dangereuses pour la santé humaine et pour les milieux, d'un point de vue quantitatif et qualitatif, à l'exception des émissions de GES déjà traitées par ailleurs. Il s'agit des impacts potentiels C5 et C6.

Les BREF, déjà cités plus haut, présentent les meilleures technologies disponibles (MTD) pour les procédés de différents grands secteurs industriels, notamment au regard de l'efficacité énergétique, des émissions de polluants et de déchets et des consommations de ressources. Le principe retenu ici est de privilégier les projets générant des émissions ou des déchets dans des proportions conformes aux préconisations du ou des BREF concernés[296]. Cette démarche implique que le porteur de projet recherche le ou les BREF qui concernent les procédés mis en œuvre par son projet. Dans le cas où ses recherches seraient infructueuses, il pourra se référer à une éventuelle MTD approchante, si il le juge pertinent. Dans le cas contraire, les BREF et les MTD ne pourront pas être utilisés comme référence pour cette évaluation ; cette éventualité sera alors traitée via une autre référence : le registre iREP[297] et l'arrêté du 24 décembre 2002 relatif à la déclaration annuelle des émissions polluantes des installations classées soumises à autorisation[298]. Le registre iREP rassemble les émissions dans l'eau, l'air, le sol et les déchets dangereux déclarés chaque année par les exploitants français d'installations industrielles et d'élevages. Les installations concernées sont les installations classées soumises à autorisation préfectorale, et plus particulièrement les installations relevant de la directive IPPC[299]. Ce registre vise cent polluants pour les émissions dans l'eau, cinquante polluants pour les émissions dans l'air et quatre cent catégories de

[295] I.e. l'eau, l'air et le sol.
[296] Sans demander de recourir obligatoirement à ces MTD – l'exigence de résultats étant porteuse, par rapport à l'exigence de moyens, d'un potentiel de créativité à préserver.
[297] iREP : Registre français des Emissions Polluantes sur Internet. La collecte de ces données permet en particulier à la France de répondre à l'une des exigences de la Directive européenne IPPC visant à mettre en place un registre européen des émissions polluantes (Registre EPER – http://www.eper.cec.eu.int) accessible au grand public depuis février 2004.
[298] *Arrêté du 24 décembre 2002 relatif à la déclaration annuelle des émissions polluantes des installations classées soumises à autorisation* (2002). Consultable en ligne : http://aida.ineris.fr/textes/arretes/text3381.htm.
[299] Directive 96/61/CE relative à la prévention et à la réduction intégrées de la pollution.

déchets dangereux. Les polluants concernés et les seuils de déclaration des émissions sont fixés par l'arrêté du 24 décembre 2002 dans ses annexes II, III et IV[300]. L'idée est alors de vérifier si les procédés, ou le site globalement, doivent rejeter des déchets ou des substances[301] figurant dans ces annexes et si oui, de façon inférieure ou supérieure aux seuils de déclaration. Au final, l'indicateur proposé ici est donc le suivant :

Indicateur n°20. Quel est l'impact sanitaire et environnemental des déchets, rejets et émissions de polluants issues des procédés ou du site de production dans son ensemble ?

Dans la mesure où les références ne nous permettent pas de les distinguer, cet indicateur traite ensemble les impacts environnementaux (C5) et sanitaires (C6). Les réponses admises par cet indicateur sont les suivantes :

- Si le porteur de projet peut identifier dans les BREF la ou les MTD correspondant aux procédés mis en œuvre par le projet :
    - Si les rejets, émissions et déchets (en dehors du CO_2) que le projet doit générer sont tous plus favorables que les préconisations des MTD : réponse MF ou F en fonction de l'écart ;
    - Si le projet doit générer des rejets, émissions et déchets (en dehors du CO_2) conformément aux préconisations des MTD : réponse N ;
    - Si le projet doit générer des rejets, émissions et déchets (en dehors du CO_2) supérieures aux préconisations des MTD : réponse MD ou D en fonction de l'écart et du nombre de rejets, émissions et déchets concernés ;
- Si le porteur de projet ne peut pas identifier dans les BREF la ou les MTD correspondant aux procédés mis en œuvre par le projet :
    - Si il peut identifier une ou des MTD suffisamment proches des procédés pour s'y référer, il déterminera la réponse à l'indicateur en fonction des règles présentées ci-dessus ;

[300] Ces polluants et déchets sont ceux considérés comme étant les plus problématiques pour les milieux et/ou pour la santé humaine, faisant ou devant faire l'objet de mesures de réduction à l'échelle française ou européenne.
[301] En dehors du CO_2, déjà traité par ailleurs.

- Si il ne peut pas identifier de tels MTD, il se réfèrera à l'arrêté du 24/12/02 et à ses annexes II, III, IV (cf. Annexe 11 pour les consulter). Il appliquera alors les règles suivantes :
    - Si les procédés ou le site globalement doivent rejeter des déchets ou des substances figurant dans ces annexes (en dehors du CO_2) :
        - Dans des proportions inférieures ou égales aux seuils de déclaration : réponse MD ;
        - Dans des proportions supérieures aux seuils de déclaration : réponse D ;
    - Si les procédés ou le site globalement ne doivent rejeter aucun des déchets ou des substances figurant dans ces annexes : réponse N.

A l'avenir, si certains polluants ou déchets étaient reconnus comme prioritaires en terme de contrôle et de réduction de la pollution, il serait possible de les mettre en évidence par le biais de cet indicateur ou d'un nouvel indicateur spécifique. Cette liste prioritaire pourrait provenir d'une autorité compétente, être issue des connaissances scientifiques et techniques du moment, ou encore être établie par le pôle IAR dans le cadre d'actions spécifiques qu'il souhaiterait mener.

INDICATEUR DE L'IMPACT DES RISQUES ENVIRONNEMENTAUX ET SANITAIRES ASSOCIES AU SITE ET AUX PROCEDES DE PRODUCTION – TRANSFORMATION

Les risques dont il est question ici sont ceux qui caractérisent tout site industriel, et pour lesquels de nombreux textes, exigences et dispositifs de surveillance réglementaires existent, notamment en France. L'implantation d'un tel site est soumise à l'analyse et à la déclaration de ces risques aux autorités. Les exigences et responsabilités qui pèsent ensuite sur l'exploitant sont proportionnelles au niveau de risque présenté par les activités menées sur le site : produits et équipements dangereux, taille du site, des dispositifs de stockage, puissances installées, etc. Toutes visent à maintenir le risque présenté par le site et ses installations à un niveau acceptable pour l'environnement et la santé des salariés et populations exposées, mais aussi à garantir la possibilité d'établir une chaîne de responsabilité en cas de problème. Tous ces risques, correspondant à l'impact potentiel C7, sont donc déjà largement surveillés étudiés. Au niveau de l'analyse et de l'évaluation menée ici, intégrer un indicateur spécifiquement dédié à ce point ne semble pas utile dans l'immédiat.

4.1.3.e Indicateur de l'impact socio-économique de l'activité de production

Le pôle IAR a d'ores et déjà recours à un certain nombre de critères lui permettant d'évaluer l'impact socio-économique des activités engendrées par le projet. Les perspectives de retombées socio-économiques pour le territoire sont analysées via les perspectives de marché présentées par le projet, les débouchés économiques potentiels, l'impact en terme de développement et de maintien des implantations des entreprises et l'impact sur l'emploi et la création d'entreprises. Tous ces éléments permettent d'exiger des projets analysés un niveau de performance socio-économique satisfaisant ; prévoir un indicateur supplémentaire portant sur l'impact potentiel C8 ne semble pas utile dans l'état actuel des choses[302].

4.1.4 Les indicateurs relatifs aux impacts de la valorisation des co-produits

La prise en compte des co-produits est capitale dès lors que l'on parle de bilan de valorisation d'agro-ressources. Il s'agit d'un sujet de discussion majeur dans les débats sur le bilan de certains produits, comme les biocarburants. L'existence de co-produits agricoles est inévitable : ils sont notamment une conséquence directe de la logique de « valorisation de la plante entière » mise en avant par le pôle IAR. Les pailles sont ainsi un co-produit des grains, et inversement. D'autres peuvent apparaître plus en aval lors de la phase de production, comme les tourteaux de colza issus de l'extraction de l'huile de colza brute.

4.1.4.a Méthode pour l'intégration des co-produits dans le bilan d'un projet

Si la valorisation des co-produits est souvent un élément clé de la rentabilité économique d'une filière, elle peut aussi influer fortement sur son bilan environnemental. Une partie des impacts de la filière doit leur être attribuée, afin de ne pas faire porter tout le « poids » de ces impacts sur le seul produit principal.

[302] D'autant plus que pour une très grande majorité de projets, les activités de production – transformation seront implantées sur le territoire du pôle, dans la mesure où c'est une des caractéristiques recherchées.

En effet, si on met au point un processus pour produire un produit A, mais que ce processus génère par la même occasion un produit B, identifié comme co-produit et qui peut lui aussi être valorisé, il serait injuste d'attribuer tous les impacts du processus au seul produit A. Toute la question est de savoir selon quels critères attribuer une partie de ces impacts au co-produit B. Plusieurs méthodes sont possibles, impliquant évidemment des résultats différents ; parmi lesquelles :

- L'affectation des impacts selon un critère physique comme la masse : les impacts sont attribués aux co-produits au prorata de leur masse. Le critère peut également être le contenu énergétique de chaque co-produit ;
- L'affectation des impacts selon un critère socio-économique comme le prix de marché : les impacts sont attribués aux co-produits au prorata de leur prix sur un marché. Cette méthode est difficile à mettre en œuvre lorsque plusieurs voies de valorisation sont possibles : les produits n'ont pas la même valeur sur les différents marchés vers lesquels ils peuvent être orientés. De plus, le prix d'un produit sur un marché peut lui-même être soumis à de fortes fluctuations ;
- La méthode dite « des impacts évités » : on prend en compte les substitutions que les valorisations de co-produits permettent de réaliser. On retranche alors au bilan du produit principal les impacts évités par la valorisation des co-produits, c'est-à-dire les impacts liés à la production des produits qu'ils remplacent. Cette méthode permet de prendre en compte les effets d'une substitution, ce qui est particulièrement intéressant dans le cas de produits issus d'agro-ressources, souvent conçus pour remplacer des produits issus de matières premières fossiles.

La filière de valorisation choisie est déterminante pour le bilan des co-produits. Le porteur de projet a-t-il identifié la meilleure filière possible ? Répondre à cette question nécessite de définir les critères selon lesquels on souhaite que cette valorisation soit la plus efficace. Au vu du résultat, le porteur de projet pourra ensuite être incité à rechercher d'éventuelles alternatives pour la valorisation de ses co-produits, si les impacts associés aux filières qu'il a identifiées se révélaient insatisfaisants.

Pour l'étape D du cycle de vie du projet, les indicateurs sélectionnés cherchent à estimer les impacts évités par la valorisation des co-produits en tenant compte des substitutions qu'ils permettent de réaliser. Jusque là, ces co-produits n'ont en effet pas été pris en compte dans le bilan du projet : tous les impacts recensés ont été affectés à 100% au produit principal. L'étape D permet donc de rééquilibrer l'analyse en estimant le bénéfice[303] que permet d'obtenir la valorisation des co-produits et en l'intégrant dans le résultat final. Les critères utilisés pour cette estimation sont les sept enjeux du développement durable précédemment identifiés[304], auxquels se réfère l'ensemble des indicateurs. Plusieurs difficultés se présentent cependant :

- Si le porteur de projet connaît plutôt bien les produits et co-produits issus de son projet, il connaît parfois mal les caractéristiques de ceux qu'ils peuvent remplacer et de leurs filières ; or il est nécessaire de prendre en compte l'ensemble des impacts générés par ces produits remplacés. Cette méconnaissance est gênante pour estimer avec précision les impacts évités, même si ces filières ne devraient pas être totalement inconnues dans la mesure où la valorisation des co-produits est un enjeu économique pour le projet ;
- L'analyse doit prendre en compte l'ensemble des co-produits générés par le projet ;
- Les filières de valorisation vers lesquelles les co-produits sont orientés peuvent changer au cours du projet ou plus tard, notamment en fonction des fluctuations des marchés. Les impacts générés et évités seront alors différents. Cette éventualité est pour l'instant négligée, mais l'analyse du projet pourrait être réitérée dès lors qu'une telle évolution serait connue.

Cinq impacts potentiels de la valorisation des co-produits doivent être analysés : l'impact énergétique, l'impact climatique, l'impact sur les ressources en eau et l'impact environnemental et sanitaire des émissions, rejets et déchets. Ces impacts étant tous des impacts évités, ils sont par nature positifs ou neutres. Quatre indicateurs seront sélectionnés pour les estimer, les impacts environnementaux et sanitaires des émissions, rejets et déchets étant traités ensemble pour simplifier l'évaluation. Ces indicateurs permettent d'estimer les impacts par unité de produit, et reposent sur l'appréciation personnelle du porteur de projet,

[303] Ces « bénéfices » sont des impacts évités.
[304] Pour mémoire ces sept enjeux sont l'état des ressources en énergies fossiles, les perturbations climatiques, les atteintes à la biodiversité, la préservation des écosystèmes, l'état des ressources en eau, la répartition des richesses et enfin la santé et la dignité humaine.

même s'il est invité à étayer cette appréciation[305]. Le porteur de projet devra identifier un maximum de cinq co-produits issus de son projet[306], et les quatre indicateurs seront calculés pour chaque co-produit. Au final, l'étape D pourra donc regrouper un maximum de vingt indicateurs. Cette option semble préférable à celle de traiter ensemble tous les co-produits pour éviter de perdre trop d'informations. Les indicateurs sélectionnés ici doivent tous être renseignés selon le même principe, en deux étapes :

- En répondant tout d'abord à une question de type : « Quel est l'impact, sur l'enjeu étudié, du cycle de vie d'une unité du produit remplacé ? ». Cet impact peut être estimé nul ou faible, modéré ou important ;
- En considérant et en intégrant l'importance relative du co-produit par rapport au produit principal, via le rapport *(unités de co-produit / unités de produit principal)*. Ce rapport peut être plus ou moins faible (<<0 ou <0), quasi nul ou plus ou moins important (>0 ou >>0). La réponse précédemment attribuée à l'indicateur pourra alors être modifiée de la façon suivante :

		Rapport *(unités de co-produit / unités de produits)*				
		<< 0	< 0	~ 0	> 0	>> 0
Impact du produit remplacé	Impact nul ou faible (N)	***/***	N	N	N	N
	Impact modéré (MF)	***/***	MF	MF	MF	**F**
	Impact important (F)	***/***	**MF**	F	F	F

Résultats modifiés :

MF	Impact positif atténué
F	Impact positif amélioré
/	Impact annulé

Tableau n°22 Indicateurs relatifs aux impacts des co-produits : valeurs prises par un tel indicateur après estimation de l'impact du produit remplacé et intégration de l'importance relative du co-produit par rapport au produit principal du projet.

Les impacts relatifs aux co-produits très nettement inférieurs au produit principal[307] (*(unités de co-produit / unités de produit principal)* << 0) sont éliminés du bilan global : l'indicateur est alors désactivé pour ne pas être intégré dans l'évaluation. Les impacts des co-produits pour lesquels ce rapport est simplement négatif (< 0) voient leurs éventuels impacts notés F à l'origine transformés en MF, afin qu'ils n'influencent pas le bilan global de façon disproportionnée. Sur le même principe, ceux pour lesquels le rapport est très positif (>> 0)

[305] Cette démarche se veut pragmatique et vise à minimiser le risque de ne pas pouvoir renseigner les indicateurs du fait de données inexistantes ou imparfaites.
[306] A priori les co-produits les plus importants en terme de volume.
[307] En unités de produits.

verront leurs impacts initialement notés MF transformés en F. Les quatre indicateurs dédiés aux co-produits admettent donc quatre réponses : F à N et « désactivé ». Pour chaque co-produit et chaque indicateur, le porteur de projet est invité à présenter les éléments sur lesquels repose sa réponse, en détaillant les valorisations, les filières des produits remplacés et leurs impacts.

4.1.4.b Indicateurs pour les impacts de la valorisation des co-produits sur les ressources en énergies fossiles et sur le climat

INDICATEUR DE L'IMPACT DE LA VALORISATION DES CO-PRODUITS SUR LES RESSOURCES EN ENERGIES FOSSILES

Pour chacun des n co-produits identifiés[308], l'impact potentiel D1 sera traité par l'indicateur suivant :

Indicateur n°21. Quel est l'impact sur les ressources en énergies fossiles évité par la valorisation du co-produit n ?

Le porteur de projet doit tout d'abord estimer l'impact énergétique de la production du produit remplacé selon l'échelle suivante :

- Si les consommations d'énergies fossiles associées au cycle de vie du produit remplacé sont jugées nulles ou très faibles : réponse N ;
- Si ces consommations sont jugées modérées : réponse MF ;
- Si ces consommations sont jugées importantes : réponse F.

Ces réponses sont ensuite éventuellement modifiées en fonction du rapport *(unités de co-produit / unités de produit principal)* selon le Tableau n°22 présenté ci-dessus.

INDICATEUR DE L'IMPACT DE LA VALORISATION DES CO-PRODUITS SUR LE CLIMAT

De même, pour chacun des n co-produits identifiés, l'impact potentiel D2 sera traité par l'indicateur suivant :

[308] $1 \leq n \leq 5$.

Indicateur n°22. Quel est l'impact sur climat évité par la valorisation du co-produit n ?

La réponse est déterminée en suivant les deux étapes présentées ci-dessus et grâce au Tableau n°22. Pour chaque co-produit, le critère observé ici correspond aux émissions de GES générées par l'ensemble du cycle de vie du produit remplacé.

4.1.4.c Indicateur de l'impact de la valorisation des co-produits sur les ressources en eau

De la même manière, l'indicateur retenu pour estimer l'impact potentiel D3 de la valorisation de chaque co-produit est le suivant :

Indicateur n°23. Quel est l'impact sur les ressources en eau, en terme de consommation, évité par la valorisation du co-produit n ?

Là encore, en se référant au Tableau n°22, cet indicateur pourra prendre les valeurs N, MF ou F ou encore être désactivé afin de ne pas être intégré au bilan global du projet. Le porteur de projet devra pour cela observer les consommations d'eau liées au cycle de vie des produits remplacés.

4.1.4.d Indicateur de l'impact environnemental et sanitaire des émissions, rejets et déchets liés à la valorisation des co-produits

Les impacts potentiels D4 et D5 seront estimés grâce à l'indicateur suivant, et en se référant au Tableau n°22 :

Indicateur n°24. Quel est l'impact environnemental et sanitaire des émissions, rejets et déchets évités par la valorisation du co-produit n ?

Le critère d'évaluation est ici l'ensemble des émissions, rejets et déchets générés au cours du cycle de vie des produits remplacés.

4.1.5 Les indicateurs relatifs aux impacts liés à l'utilisation des produits

Les projets évalués visent généralement une production ou la création de conditions nécessaires à cette production[309]. Ces produits ont eux-mêmes vocation à être consommés ou utilisés par des utilisateurs intermédiaires ou finaux, cette utilisation pouvant générer un certain nombre d'impacts à intégrer dans l'analyse du projet.

Par ailleurs pour la plupart des projets soumis au pôle IAR, le produit principal est conçu pour se substituer à un autre. Il est donc important, pour l'analyse de cette étape du cycle de vie, de concevoir des indicateurs se référant à la situation antérieure à l'existence du projet, afin d'évaluer l'impact net de la substitution réalisée par le produit[310]. Cet impact net intègre alors l'impact évité par le nouveau produit à son impact propre.

4.1.5.a Indicateur de l'impact de l'utilisation du produit sur les ressources en énergies fossiles

De nombreux produits aujourd'hui sur le marché nécessitent une alimentation énergétique pour remplir l'usage auquel ils sont destinés. Cette alimentation peut, directement ou indirectement, reposer sur des ressources en énergies fossiles, ce qui génère l'impact potentiel F1. Un produit ne nécessitant aucun apport énergétique pour remplir sa fonction possède un atout important par rapport à un produit d'usage équivalent mais consommateur d'énergie. Dans de nombreux cas cependant, ces besoins énergétiques peuvent être satisfaits par des énergies renouvelables. L'indicateur proposé ici repose donc sur une estimation, pour le produit remplacé[311] puis pour le nouveau produit, de la consommation énergétique et du taux de recours aux énergies fossiles. Plusieurs cas sont possibles, auxquels des impacts peuvent être associés :

[309] Que ces projets soient à caractère industriel ou plutôt recherche.
[310] La difficulté qui en découle est bien sûr liée à la connaissance des produits remplacés et de leurs filières.
[311] Les consommations énergétiques s'entendent ici toutes par unité de produit.

Consommation énergétique associée au produit	Impact
Pas de consommation énergétique	désactivé
La consommation énergétique globale est jugée faible voire négligeable dans l'absolu	N
Moins de 50% de l'énergie consommée est d'origine fossile, et la consommation globale est jugée modérée dans l'absolu	MD
Moins de 50% de l'énergie consommée est d'origine fossile, et la consommation globale est jugée forte dans l'absolu	MD
Plus de 50% de l'énergie consommée est d'origine fossile, et la consommation globale est jugée modérée dans l'absolu	MD
Plus de 50% de l'énergie consommée est d'origine fossile, et la consommation globale est jugée forte dans l'absolu	D
L'énergie consommée est d'origine fossile à 100%	D

Tableau n°23 Impact sur les ressources en énergies fossiles de la consommation énergétique, par unité de produit, associée à l'utilisation d'un produit.

Lorsque l'utilisation du produit a lieu dans le cadre d'une substitution, l'impact net s'évalue de la façon suivante :

Impact après substitution		Impact associé au nouveau produit			
		X	N	MD	D
Impact associé au produit remplacé	X	X	N	MD	D
	N	MF	N	MD	D
	MD	F	MF	MD	D
	D	F	F	MF	D

X : indicateur désactivé

Tableau n°24 Impact net de l'utilisation du produit issu du projet, en fonction de la substitution réalisée.

Au final, l'indicateur retenu pour évaluer cet impact énergétique net est donc le suivant :

Indicateur n°25. Quel est l'impact net de l'utilisation du produit sur les ressources en énergies fossiles ?

Si le projet ne vise pas de substitution, les valeurs prises par l'indicateur sont celles du Tableau n°23. Dans le cas contraire, cinq réponses sont possibles, selon le tableau ci-dessous :

Impact après substitution				Nouveau produit : énergie consommée						
				Pas de consommation énergétique	Consommation énergétique globale est jugée faible voire négligeable dans l'absolu	Moins de 50% de l'énergie consommée est d'origine fossile		Plus de 50% de l'énergie consommée est d'origine fossile		Toute l'énergie consommée est d'origine fossile
						consommation globale jugée modérée dans l'absolu	consommation globale jugée forte dans l'absolu	consommation globale jugée modérée dans l'absolu	consommation globale jugée forte dans l'absolu	
				x	**N**	**MD**	**MD**	**MD**	**D**	**D**
Produit substitué : énergie consommée	Pas de consommation énergétique		**x**	x	N	MD	MD	MD	D	D
	Consommation énergétique globale est jugée faible voire négligeable dans l'absolu		**N**	MF	N	MD	MD	MD	D	D
	Moins de 50% de l'énergie consommée est d'origine fossile	consommation globale jugée modérée dans l'absolu	**MD**	F	MF	MD	MD	MD	D	D
		consommation globale jugée forte dans l'absolu	**MD**	F	MF	MD	MD	MD	D	D
	Plus de 50% de l'énergie consommée est d'origine fossile	consommation globale jugée modérée dans l'absolu	**MD**	F	MF	MD	MD	MD	D	D
		consommation globale jugée forte dans l'absolu	**D**	F	F	MF	MF	MF	D	D
	Toute l'énergie consommée est d'origine fossile		**D**	F	F	MF	MF	MF	D	D

Tableau n°25 Impact net de l'utilisation du produit, par unité de produit, sur les ressources en énergies fossiles : valeurs prises par l'indicateur dans le cas d'une substitution

4.1.5.b Indicateurs pour les impacts de l'utilisation du produit sur le climat, sur les ressources naturelles non renouvelables et sur les ressources en eau

INDICATEUR DE L'IMPACT DE L'UTILISATION DU PRODUIT SUR LE CLIMAT

Pour évaluer l'impact potentiel F2, il est nécessaire d'estimer les émissions de GES générées par l'utilisation du produit, y compris dans le cadre d'une substitution. Plusieurs cas sont envisageables pour l'utilisation du produit, auxquels des impacts peuvent être associés :

- Si l'utilisation du produit n'émet pas d'émissions de GES : indicateur désactivé ;
- Si l'utilisation du produit émet très peu d'émissions de GES : impact N ;
- Si l'utilisation du produit émet des émissions de GES, par unité de produit, jugées faibles ou modérées : impact MD ;
- Si l'utilisation du produit émet des émissions de GES, par unité de produit, jugées importantes : impact D.

L'indicateur retenu est donc :

Indicateur n°26. Quel est l'impact net de l'utilisation du produit sur le climat ?

Si le projet ne vise pas de substitution, les réponses admises sont celles présentées ci-dessus. Dans le cas contraire il y a lieu d'utiliser le tableau suivant :

Impact après substitution			Nouveau produit			
			Pas d'émissions de GES	Emissions de GES jugées faibles voire négligeables	Emissions de GES jugées modérées	Emissions de GES jugées importantes
			x	N	MD	D
Produit remplacé	Pas d'émissions de GES	x	x	N	MD	D
	Emissions de GES jugées faibles voire négligeables	N	MF	N	MD	D
	Emissions de GES jugées modérées	MD	F	MF	MD	D
	Emissions de GES jugées importantes	D	F	F	MF	D

Tableau n°26 Impact net de l'utilisation du produit, par unité de produit, sur le climat : valeurs prises par l'indicateur dans le cas d'une substitution.

INDICATEUR DE L'IMPACT CLIMATIQUE DE L'ELIMINATION DES REJETS ET DECHETS ISSUS DE L'UTILISATION DU PRODUIT

L'utilisation ou la consommation du produit peut générer des rejets ou des déchets à éliminer. Cette élimination est elle-même susceptible d'émettre des gaz à effet de serre en quantités plus ou moins importantes, lorsque ces déchets se dégradent ou sont incinérés par exemple. La méthode Bilan Carbone propose des facteurs d'émission permettant de hiérarchiser les déchets en fonction des émissions de GES qu'ils génèrent lors de leur traitement ou élimination, ces émissions dépendant de la nature des déchets et de la filière de traitement (cf. Tableau n°27). Certaines émissions associées à l'élimination de déchets sont considérées comme quasi nulles : elles ne proviennent que du transport de ces déchets. La mise en décharge des fermentescibles avec valorisation du méthane ou leur incinération avec valorisation énergétique génèrent par contre un impact positif sur le climat, puisqu'elles permettent « d'économiser » jusqu'à 40 kg éq. C / tonne.

Emissions (en kg équ. C / tonne)		**Mode de traitement**					
Nature du déchet		Mise en décharge sans valorisation du méthane	Mise en décharge avec valorisation du méthane	Incinération sans valorisation énergétique	Incinération avec valorisation énergétique	Recyclage	Valeur moyenne
Inertes	métaux, minéraux	4	4	4	4	4	4
Non fermentescibles mais combustibles	plastiques	4	4	474	401	4	156
Fermentescibles et combustibles	déchets alimentaires	290	-37	4	-5	4	96
	papiers / cartons	280	-36	4	-22 / -23	4	61 / 42
DIS	déchets dangereux (solides / minéraux très peu réactifs, évolutifs et solubles) ***(enfouissement)***	/	/	/	/	/	125
Valeur moyenne des émissions liées au transport : 4 kg équ. C / tonne							

Tableau n°27 Emissions de GES associées à l'élimination des déchets. Emissions exprimées en kg éq. C / tonne de déchets.

L'indicateur sélectionné pour l'impact potentiel F3, reposant sur ces données, est le suivant :

Indicateur n°27. Quel est l'impact sur le climat de l'élimination des rejets et déchets issus de l'utilisation du produit ?

Hors cas de substitution, l'indicateur admet les réponses présentées dans le tableau suivant :

Emissions (en kg équ. C / tonne)		**Mode de traitement**					
Nature du déchet		Mise en décharge sans valorisation du méthane	Mise en décharge avec valorisation du méthane	Incinération sans valorisation énergétique	Incinération avec valorisation énergétique	Recyclage	Valeur moyenne
Inertes	métaux, minéraux	N	N	N	N	N	N
Non fermentescibles mais combustibles	plastiques	N	N	D	D	N	MD
Fermentescibles et combustibles	déchets alimentaires	D	F	N	MF	N	MD
	papiers / cartons	D	F	N	MF	N	MD
DIS	déchets dangereux (solides / minéraux très peu réactifs, évolutifs et solubles) (enfouissement)	/	/	/	/	/	MD

Tableau n°28 Réponses admises par l'indicateur relatif à l'impact climatique de l'élimination des rejets et déchets issus de l'utilisation du produit, hors cas de substitution.

Si l'utilisation du produit ne génère pas de rejets ou de déchets, l'indicateur est désactivé. Si les rejets et déchets sont composés de plusieurs éléments destinés à être traités séparément dans plusieurs de ces filières, le porteur de projet attribuera une réponse globale en tenant compte de la proportion de chaque élément. Si les rejets et déchets doivent subir un autre

traitement que ceux cités ci-dessus, le porteur de projet est invité à préciser et déterminer la réponse correspondante. En cas de substitution, c'est le tableau suivant qui s'applique :

Impact après substitution			Impact climatique de l'élimination des rejets et déchets générés par l'utilisation du nouveau produit					
			L'utilisation du produit ne génère pas de rejets ou de déchets	F	MF	N	MD	D
			x					
Impact climatique de l'élimination des rejets et déchets générés par l'utilisation du produit remplacé	L'utilisation du produit ne génère pas de rejets ou de déchets	x	x	F	MF	N	MD	D
	F		D	F	MF	N	D	D
	MF		MD	F	MF	N	D	D
	N		N	F	MF	N	MD	D
	MD		MF	F	F	MF	MD	D
	D		F	F	F	F	MF	D

Tableau n°29 Réponses admises par l'indicateur relatif à l'impact climatique de l'élimination des rejets et déchets issus de l'utilisation du produit, en cas de substitution.

INDICATEUR DE L'IMPACT DE L'UTILISATION DU PRODUIT SUR LES RESSOURCES NATURELLES NON RENOUVELABLES

Cet indicateur doit permettre d'évaluer l'impact potentiel F4, correspondant à l'impact de l'utilisation du produit sur les ressources naturelles autres que l'eau et l'énergie, y compris dans le cadre d'une substitution. Les ressources naturelles concernées sont celles dont le taux naturel de renouvellement est faible ou très faible, en tous cas insuffisant pour maintenir à plus ou moins long terme les stocks existants face à la consommation mondiale qui en est faite.

Indicateur n°28. Quel est l'impact net de l'utilisation du produit sur les ressources naturelles non renouvelables autres que l'énergie et l'eau ?

Hors cas de substitution, les réponses à cet indicateur sont les suivantes :

- Si l'utilisation du produit n'induit pas de consommation de ressources naturelles de ce type : indicateur désactivé ;
- Si l'utilisation du produit induit très peu de consommation de ressources naturelles de ce type : impact N ;

- Si l'utilisation du produit induit des consommation de ressources naturelles de ce type, par unité de produit, jugées modérées : impact MD ;
- Si l'utilisation du produit induit des consommation de ressources naturelles de ce type, par unité de produit, jugées importantes : impact D.

Dans le cas d'une substitution, c'est le tableau suivant qui s'applique :

Impact après substitution			Nouveau produit			
			Pas de consommation de ressources naturelles	Consommation de ressources naturelles jugée faible voire négligeable	Consommation de ressources naturelles jugée modérée	Consommation de ressources naturelles jugée importante
			x	N	MD	D
Produit remplacé	Pas de consommation de ressources naturelles	x	x	N	MD	D
	Consommation de ressources naturelles jugée faible voire négligeable	N	MF	N	MD	D
	Consommation de ressources naturelles jugée modérée	MD	F	MF	MD	D
	Consommation de ressources naturelles jugée importante	D	F	F	MF	D

Tableau n°30 Impact de l'utilisation du produit, par unité de produit, sur les ressources naturelles autres que l'énergie et l'eau : valeurs prises par l'indicateur en cas de substitution.

INDICATEUR DE L'IMPACT DE L'UTILISATION DU PRODUIT SUR LES RESSOURCES EN EAU

Cet indicateur est du même type que le précédent. Il évalue l'impact potentiel F5 de l'utilisation d'une unité de produit sur les ressources en eau[312], compte tenu de la substitution :

Indicateur n°29. Quel est l'impact net de l'utilisation du produit sur les ressources en eau, en terme de consommation d'eau ?

En l'absence de substitution, les réponses sont les suivantes :

- Si l'utilisation du produit ne nécessite pas de consommation d'eau : indicateur désactivé ;
- Si l'utilisation du produit nécessite des consommation d'eau jugées faibles voire négligeables : réponse N ;

[312] Impact en terme de consommation d'eau.

- Si l'utilisation du produit induit une consommation d'eau par unité de produit jugée modérée : réponse MD ;
- Si l'utilisation du produit induit une consommation d'eau par unité de produit jugée importante : réponse D.

Dans le cas d'une substitution, l'indicateur admet les réponses présentées dans ce tableau :

Impact après substitution			Nouveau produit			
			Pas de consommation d'eau	Consommation d'eau jugée faible voire négligeable	Consommation d'eau jugée modérée	Consommation d'eau jugée importante
			x	N	MD	D
Produit remplacé	Pas de consommation d'eau	x	x	N	MD	D
	Consommation d'eau jugée faible voire négligeable	N	MF	N	MD	D
	Consommation d'eau jugée modérée	MD	F	MF	MD	D
	Consommation d'eau jugée importante	D	F	F	MF	D

Tableau n°31 Impact net de l'utilisation du produit sur les ressources en eau, par unité de produit : valeurs prises par l'indicateur dans le cas d'une substitution.

4.1.5.c Indicateurs pour les impacts environnementaux et sanitaires de l'utilisation du produit

INDICATEURS DE L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SANITAIRE DES EMISSIONS, REJETS ET DECHETS LIES A L'UTILISATION DU PRODUIT

Il est très difficile de connaître avec précision la nature et les quantités d'émissions et de rejets pouvant être dégagés par l'utilisation d'une unité de produit, et plus encore pour le produit substitué le cas échéant. Il est là encore nécessaire de s'appuyer sur l'appréciation du porteur de projet pour identifier un indicateur du même type que les précédents. Deux aspects sont à traiter : l'aspect quantitatif de la production de déchets[313], d'émissions et de rejets et l'aspect qualitatif, c'est-à-dire leur toxicité et écotoxicité[314]. Il est également nécessaire d'analyser les effets sanitaires ou environnementaux directs de l'utilisation du produit[315].

[313] Il est en effet important, dans le contexte actuel d'engorgement des filières de traitement et d'élimination des déchets, de mettre en évidence les projets dont les produits génèrent de faibles volumes de déchets lors de leur utilisation, et ceux générant au contraire des volumes conséquents.
[314] Ce point inclut notamment la question des résidus générés par la consommation de certains produits comme les médicaments, qui sont rejetés dans l'eau après avoir transité dans les organismes vivants.
[315] C'est un aspect important dans le cas de produits nutraceutiques par exemple.

Quatre indicateurs sont donc proposés ici ; ils aborderont les impacts sanitaires et environnementaux F6 et F7 séparément ou ensemble. Les indicateurs relatifs exclusivement à l'impact environnemental F6 sont les deux suivants :

Indicateur n°30. Quel est l'impact net associé au volume de rejets et déchets générés par l'utilisation du produit ?

Hors cas de substitution, les réponses admises sont :

- Si l'utilisation du produit ne génère pas de rejets et déchets : indicateur désactivé ;
- Lorsque le volume de déchets généré par l'utilisation d'une unité de produit issu du projet est jugé faible : réponse N ;
- Lorsque le volume de déchets généré par l'utilisation d'une unité de produit issu du projet est jugé modéré : réponse MD ;
- Lorsque le volume de déchets généré par l'utilisation d'une unité de produit issu du projet est jugé important : réponse D.

Dans le cas d'une substitution, le tableau suivant s'applique :

Impact après substitution			Nouveau produit			
			Pas de déchets générés par l'utilisation du produit	Volume de déchets découlant de l'utilisation du produit jugé faible	Volume de déchets découlant de l'utilisation du produit jugé modéré	Volume de déchets découlant de l'utilisation du produit jugé important
			x	N	MD	D
Produit remplacé	Pas de déchets générés par l'utilisation du produit	x	x	N	MD	D
	Volume de déchets découlant de l'utilisation du produit jugé faible	N	MF	N	MD	D
	Volume de déchets découlant de l'utilisation du produit jugé modéré	MD	F	MF	MD	D
	Volume de déchets découlant de l'utilisation du produit jugé important	D	F	F	MF	D

Tableau n°32 Impact net de l'utilisation du produit en termes de quantités de rejets et de déchets, par unité de produit : valeurs prises par l'indicateur dans le cas d'une substitution.

Indicateur n°31. Quel est l'effet environnemental direct net de l'utilisation du produit ?

Hors cas de substitution, les réponses admises sont :

- Pas d'effet environnemental direct : indicateur désactivé ;

- Un effet environnemental direct jugé peu important (qu'il soit positif ou négatif) : réponse N ;
- Un effet environnemental direct jugé positif ou très positif : réponse MF ou F ;
- Un effet environnemental direct jugé négatif ou très négatif : réponse MD ou D ;

En cas de substitution, les réponses sont attribuées selon le tableau suivant :

Impact après substitution			Nouveau produit					
			Pas d'effet environnemental direct	Effet environnemental direct jugé très positif	Effet environnemental direct jugé positif	Effet environnemental direct jugé peu important	Effet environnemental direct jugé négatif	Effet environnemental direct jugé très négatif
			x	F	MF	N	MD	D
Produit remplacé	Pas d'effet environnemental direct	x	x	F	MF	N	MD	D
	Effet environnemental direct jugé très positif	F	D	F	MF	N	D	D
	Effet environnemental direct jugé positif	MF	MD	F	MF	N	D	D
	Effet environnemental direct jugé peu important	N	N	F	MF	N	MD	D
	Effet environnemental direct jugé négatif	MD	MF	F	F	MF	MD	D
	Effet environnemental direct jugé très négatif	D	F	F	F	F	MF	D

Tableau n°33 Effet environnemental direct net de l'utilisation du produit : valeurs prises par l'indicateur dans le cas d'une substitution

Cet indicateur se décline aussi dans sa version relative exclusivement à l'impact potentiel F6, sur la santé humaine :

Indicateur n°32. Quel est l'effet sanitaire direct net de l'utilisation du produit ?

Les réponses sont similaires ; elles sont simplement obtenues en considérant l'effet direct sur la santé humaine au lieu de celui sur l'environnement.

Enfin pour l'impact qualitatif net des émissions, rejets et déchets issus de l'utilisation du produit, l'indicateur sélectionné vise simultanément les impacts F6 et F7 :

Indicateur n°33. Quel est l'impact environnemental et sanitaire net des émissions, rejets et déchets générés par l'utilisation du produit ?

Trois réponses sont admises si l'utilisation du produit ne constitue pas une substitution :

- Si l'utilisation du produit ne génère pas d'émissions, de rejets ou de déchets : indicateur désactivé ;
- Si l'utilisation du produit ne génère que très peu d'émissions, de rejets ou de déchets nocifs pour la santé ou les milieux, ou que ces émissions ne sont pas nocifs pour la santé ou les milieux : réponse N ;
- Si l'utilisation du produit génère des émissions, des rejets ou des déchets modérément nocifs pour la santé ou les milieux : réponse MD ;
- Si l'utilisation du produit génère des émissions, des rejets ou des déchets toxiques ou très nocifs pour la santé ou les milieux : réponse D.

Dans le cas d'une substitution, les réponses sont celles du tableau ci-dessous :

Impact après substitution			Nouveau produit				
			Pas d'émissions, de rejets ou de déchets	Très peu d'émissions, de rejets ou de déchets nocifs pour la santé ou les milieux	Emissions, rejets ou déchets non nocifs pour la santé ou les milieux	Emissions, rejets ou déchets modérément toxiques pour la santé ou les milieux	Emissions, rejets ou déchets toxiques ou très toxiques pour la santé ou les milieux
			x	N	N	MD	D
Produit remplacé	Pas d'émissions, de rejets ou de déchets	x	x	N	N	MD	D
	Très peu d'émissions, de rejets ou de déchets nocifs pour la santé ou les milieux	N	MF	N	N	MD	D
	Emissions, rejets ou déchets non nocifs pour la santé ou les milieux	N	MF	N	N	MD	D
	Emissions, rejets ou déchets modérément toxiques pour la santé ou les milieux	MD	F	MF	MF	MD	D
	Emissions, rejets ou déchets toxiques ou très toxiques pour la santé ou les milieux	D	F	F	F	MF	D

Tableau n°34 Impact environnemental et sanitaire net des émissions, rejets et déchets liés à l'utilisation du produit issu du projet : valeurs prises par l'indicateur dans le cas d'une substitution.

INDICATEUR DE L'IMPACT DES RISQUES ENVIRONNEMENTAUX ET SANITAIRES LIES A L'UTILISATION DU PRODUIT

L'étude des risques inhérents à la consommation ou à l'utilisation d'un produit avant sa mise sur le marché est une étape obligatoire dans la commercialisation d'un nouveau produit. Il ne semble donc pas nécessaire pour l'instant de prévoir un indicateur sur cet aspect, déjà pris en compte dans la réglementation et les pratiques actuelles.

4.1.6 Les indicateurs relatifs aux impacts de la fin de vie des produits

Après son utilisation ou sa consommation, un produit en fin de vie devient un déchet[316], susceptible de générer divers impacts. En fonction de sa nature et des filières existantes, il peut être orienté vers plusieurs voies d'élimination. Pour être éliminés dans les meilleures conditions possibles, c'est à dire pour que 100% des déchets d'un certain type soient traités ou éliminés par la filière qui leur est la plus appropriée, il faut que ces déchets soient correctement orientés vers ces filières de traitement. Le système de tri et de collecte a une grande importance, de par sa capacité à récupérer et orienter les déchets vers les bons circuits, dans des conditions qui ne s'opposeront pas au mode d'élimination prévu, comme un tri mal effectué. L'efficacité des systèmes de tri et de collecte relève des sociétés, organismes et collectivités en charge de ces prestations, mais dépend également des consommateurs. Sur ce dernier point, il faut noter l'importance de toute action de communication et de sensibilisation portant sur les bons gestes de tri et sur la nécessité d'orienter les déchets vers leurs filières d'élimination appropriées. Ces facteurs ne rentrent pas en compte dans la présente analyse, même s'ils ont une influence sur l'impact des produits en fin de vie. Les entreprises peuvent cependant agir sur eux en contribuant à l'efficacité des systèmes de tri et de collecte par des actions spécifiques.

Il existe différentes possibilités de traitements pour les déchets, selon les types de déchets. Les plus communes sont le réemploi, la réparation ou la remise à neuf, le recyclage,

[316] Définition d'un déchet au sens de la loi n°75-633 du 15 juillet 1975, modifiée par la loi n° 92-646 du 13 juillet 1992 : « Tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau, produit ou plus généralement tout bien meuble abandonné ou que son détenteur destine à l'abandon. » Cette définition laisse la place à un flou juridique quant au statut des déchets valorisables, qui peuvent être considérés comme des co-produits. Le Décret du 18/04/2002 relatif à la classification des déchets propose une nomenclature recensant 20 catégories de déchets.

éventuellement précédé d'un désassemblage, en vue d'alimenter le même circuit de production ou de permettre la fabrication d'un autre produit[317], l'élimination par incinération avec ou sans récupération d'énergie, l'élimination en centre d'enfouissement technique avec ou sans valorisation du méthane, et l'élimination par compostage.

En ce qui concerne la typologie des déchets, la méthode Bilan Carbone propose, pour évaluer les impacts des émissions de GES liées aux produits en fin de vie, de s'appuyer sur quatre types de déchets d'entreprises[318] :

- **Les déchets inertes** qui ne subissent aucune modification physique, chimique ou biologique importante, ne se décomposent pas, ne brûlent pas et ne produisent aucune autre réaction physique ou chimique. Ce sont principalement les métaux et autres minéraux, ainsi que tous les déchets qui ne contiennent pas de composés organiques ;
- **Les déchets non fermentescibles mais combustibles**, essentiellement les plastiques ;
- **Les déchets fermentescibles et combustibles** : tout ce qui n'est pas inclus dans les autres catégories, à savoir essentiellement les déchets alimentaires, les papiers et les cartons ;
- **Les DIS ou Déchets Industriels Spéciaux, assimilables dans les centres de stockage de classe 1**, par exemple les résidus d'incinération. Ils proviennent de processus industriels ou d'installations de dépollution, ce sont des déchets essentiellement solides ou minéraux, très peu réactifs, très peu évolutifs et très peu solubles. Les déchets fermentescibles, liquides, radioactifs, à risque infectieux (DASRI), non pelletables, pulvérulents non conditionnés, explosifs, inflammables, et chauds ou ayant une teneur en PCB supérieure à 50 ppm en masse sont interdits dans les centres de classe 1.

Les indicateurs vont donc s'appuyer sur des éléments permettant de caractériser la nature et le mode de traitement ou d'élimination prévu pour le produit en fin de vie.

4.1.6.a Indicateur de l'impact de la fin de vie du produit sur le climat

Cet indicateur est le même que celui sélectionné pour évaluer l'impact climatique de l'élimination des rejets et déchets générés par l'utilisation du produit. Il est ici appliqué au

[317] Vêtements fabriqués à partir de bouteilles en plastique recyclées par exemple.
[318] cf. **ADEME** (2006). *Bilan Carbone® : Calcul des facteurs d'émissions et sources bibliographiques utilisées (version 4.0).* ADEME, MIES, 227 p.

produit en fin de vie lui-même, devenu un déchet, lorsque cette fin de vie est dissociée de la l'étape d'utilisation ou de consommation[319].

L'indicateur repose donc à nouveau sur les facteurs d'émissions présentés dans le Tableau n°27 :

Indicateur n°34. Quel est l'impact de la fin de vie des produits sur le climat ?

Les réponses admises sont fonction de la nature du déchet que constitue le produit en fin de vie et du mode d'élimination :

Emissions (en kg équ. C / tonne)		Mode de traitement					
Nature du déchet		Mise en décharge sans valorisation du méthane	Mise en décharge avec valorisation du méthane	Incinération sans valorisation énergétique	Incinération avec valorisation énergétique	Recyclage	Valeur moyenne
Inertes	métaux, minéraux	N	N	N	N	N	N
Non fermentescibles mais combustibles	plastiques	N	N	D	D	N	MD
Fermentescibles et combustibles	déchets alimentaires	D	F	N	MF	N	MD
	papiers / cartons	D	F	N	MF	N	MD
DIS	déchets dangereux (solides / minéraux très peu réactifs, évolutifs et solubles) (enfouissement)	/	/	/	/	/	MD

Tableau n°35 Réponses admises par l'indicateur relatif à l'impact climatique de l'élimination du produit en fin de vie.

Si le produit en fin de vie est composé de plusieurs éléments destinés à être traités séparément dans plusieurs de ces filières, le porteur de projet attribuera une réponse globale en tenant compte de la proportion de chaque élément. S'il doit subir un autre traitement que ceux cités ci-dessus, le porteur de projet est invité à préciser et déterminer la réponse correspondante.

[319] C'est notamment le cas des matériaux : leur utilisation correspondra par exemple à la construction d'un bâtiment, et leur fin de vie à sa destruction.

4.1.6.b Indicateurs pour les impacts environnementaux et sanitaires de la fin de vie du produit

INDICATEURS DE L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SANITAIRE DES EMISSIONS, REJETS ET DECHETS LIES A LA FIN DE VIE DU PRODUIT

Les impacts environnementaux et sanitaires de la fin de vie du produit sont liés au volume de déchets, à la toxicité et à l'écotoxicité des émissions, rejets et déchets générés par l'élimination, ainsi qu'au caractère recyclable ou réutilisable des produits.

Lors de leur traitement ou élimination, les déchets peuvent en effet émettre des substances toxiques pour l'environnement et la santé. Les filières de retraitement et d'élimination sont normalement conçues pour gérer ces substances, de manière à éviter tout dégagement problématique sur le plan sanitaire ou environnemental. Dans le cadre de cette analyse, on considérera que la fin de vie des produits de génèrera pas d'émissions, rejets ou déchets problématiques, sauf en cas d'élimination incorrecte[320]. Ce dernier cas est un risque, et sera traité par le dernier indicateur sélectionné.

L'indicateur sélectionné pour traiter la question du volume de déchets est le même que celui sélectionné précédemment pour l'étape de l'utilisation du produit :

Indicateur n°35. Quel est l'impact associé au volume de déchets et rejets issus de la fin de vie du produit ?

Les réponses admises sont les suivantes :

- Lorsque le volume de déchets généré par la fin de vie du produit issu du projet est jugé faible voire négligeable : réponse N ;
- Lorsque le volume de déchets généré par la fin de vie du produit issu du projet est jugé modéré : réponse MD ;
- Lorsque le volume de déchets généré par la fin de vie du produit issu du projet est jugé important : réponse D.

[320] Tout en ayant bien conscience d'éliminer ainsi un peu rapidement cette question. Des modes d'élimination comme l'incinération engendrent inévitablement des résidus extrêmement polluants tels que les REFIOM (résidus d'épuration des fumées d'incinération des ordures ménagères) dont on ne sait guère quoi faire d'autre que les entreposer en centre d'enfouissement technique, en attendant mieux.

Enfin la recyclabilité du produit doit être abordée dans un souci de préservation des ressources naturelles, qui rend légitime de chercher à privilégier les produits réutilisables ou recyclables, ne nécessitant pas une incinération ou une mise en décharge dès la fin de la première utilisation. La recyclabilité d'un produit découle directement de sa composition : les matériaux et éléments qui le composent, ainsi que la manière dont ils sont assemblés – les matériaux composites ont par exemple tendance à n'être que très difficilement recyclables. Un autre aspect à prendre en compte est la stabilité de la filière de recyclage identifiée : un produit peut en effet être recyclable, mais non recyclé dans les faits, faute de débouchés pour la filière par exemple. Nous proposons donc l'indicateur suivant, complémentaire du précédent :

Indicateur n°36. Quel est l'impact de la composition du produit en fin de vie sur sa capacité à être réutilisé ou recyclé ?

Les réponses admises sont les suivantes :

- Si la composition du produit lui permet d'être réutilisé, ou recyclé à 100% (vers un usage éventuellement différent mais répondant bien à un besoin) : réponse F ;
- Si la composition du produit lui permet d'être partiellement réutilisé ou recyclé – en particulier dans le cas où la filière de recyclage ne fonctionne pas de façon optimale (faute de débouchés ou d'approvisionnements stables par exemple) :
    - S'il ne contient que des éléments d'origine organique, agro-ressources ou autres : réponse MF ;
    - S'il contient des éléments d'origine fossile : réponse N ;
- Si la composition du produit ne lui permet pas d'être réutilisé ou recyclé :
    - S'il ne contient que des éléments d'origine organique, agro-ressources ou autres : réponse MD ;
    - S'il contient des éléments d'origine fossile : réponse D.

Le porteur de projet est invité à présenter les éléments qui justifient sa réponse.

INDICATEUR DE L'IMPACT DES RISQUES ENVIRONNEMENTAUX ET SANITAIRES LIES A LA FIN DE VIE DU PRODUIT

Comme évoqué précédemment, le tri des déchets et de façon plus générale leur orientation correcte vers les filières de traitement et d'élimination adéquate est un maillon essentiel dans la bonne gestion de la fin de vie des produits. Cette étape n'est pas sous la responsabilité de l'industriel mais plutôt du consommateur ; cependant il appartient au producteur d'envisager les conséquences d'une mauvaise élimination de ses produits, en particulier en cas d'abandon des produits usagés dans les milieux naturels. L'impact environnemental et sanitaire de ces abandon ne sera évidemment pas le même dès lors que le produit usagé est biodégradable à 100% ou composé de nombreux éléments de synthèse, par exemple. L'impact potentiel G3 donne donc lieu à l'indicateur suivant, focalisé sur la nature et la composition du produit usagé :

Indicateur n°37. Quel est le risque environnemental et sanitaire associé à la fin de vie des produits, en particulier en cas d'abandon de déchets dans l'environnement ?

Plusieurs cas sont envisagés, auxquels correspondent les réponses suivantes :

- Si le produit en fin de vie est biodégradable à 100% en un temps relativement court : réponse N ;
- Si le produit en fin de vie n'est pas biodégradable à 100%, ou ne peut se dégrader après avoir été abandonné qu'en un temps relativement long : réponse MD ;
- Si le produit en fin de vie est susceptible d'émettre, en se dégradant et après avoir été abandonné, des substances (émissions liquides ou gazeuses, composés solides) toxiques pour l'environnement ou la santé : réponse D.

Le porteur de projet présentera bien sûr, comme pour tous les autres indicateurs, les éléments qui justifient sa réponse.

4.2 ANALYSE DES RESULTATS OBTENUS ET PERSPECTIVES D'EVOLUTION

4.2.1 Première version développée d'IDDAgro et première analyse critique

4.2.1.a Présentation de la forme et du contenu d'IDDAgro

La première version développée d'IDDAgro se présente sous la forme d'un tableur Excel utilisable par un porteur de projet, de préférence accompagné par un expert capable de le guider dans la mise en œuvre de la méthode. Le tableur contient huit onglets, dont le contenu et la fonction sont présentés ci-après.

Les deux premiers onglets, « Caractéristiques générales » et « Indicateurs », contiennent le cœur de l'analyse. L'onglet « Caractéristiques générales » rassemble des questions sur la nature du projet, ses raisons d'être, ses ambitions et ses caractéristiques ; il constitue la première étape de l'analyse. Ces questions sont présentées dans le Tableau n°36 ; elles permettent d'obtenir une première vision d'ensemble sur le projet. Les réponses ne sont pas intégrées par la suite dans le calcul des indicateurs, mais peuvent venir éclairer la lecture des résultats finaux.

L'onglet « Indicateurs » rassemble pour sa part la liste des indicateurs à renseigner. Il contient tous les indicateurs sélectionnés et présentés au sous-chapitre 4.1. Chaque indicateur est identifié par une référence, un intitulé, la question à laquelle le porteur de projet doit répondre pour le renseigner et les indications à suivre pour répondre. Deux cases vides sont prévues, pour permettre au porteur de projet d'indiquer la réponse choisie[321] et d'apporter les précisions demandées. Un extrait avec quelques exemples d'indicateurs est présenté en annexe (cf. Annexe 12).

[321] La réponse à un indicateur peut être D, MD, N, MF ou F pour un impact défavorable, moyennement défavorable, neutre, moyennement favorable ou favorable, ou NS lorsque le porteur de projet ne parvient pas à répondre. L'indicateur peut aussi être désactivé lorsque le porteur de projet estime qu'il ne s'applique pas.

	Informations nécessaires sur les caractéristiques du projet
1	Type de projet : industriel / R&D
2	Secteur principal : bioénergies / biomatériaux / biomolécules / ingrédients alimentaires
3	Raison d'être et finalité (par rapport aux besoins humains notamment)
4	Ambitions : évolutions, échéances, volumes de production…
5	Secteur(s) économique(s) impacté(s) : marchés et parts de marché visées
6	Substitution(s) visée(s)
7	Choix technologiques : principaux procédés
8	Eventuelles ruptures technologiques ("changement de paradigme")
9	Nombre d'emplois créés à court / moyen terme, et localisation
10	Types et quantités d'agro-ressources mobilisées
11	Types, quantités et origine des autres matières premières nécessaires
12	Origine des matières premières (agro-ressources et autres) : locale / UE / hors UE
13	Lieu(x) d'implantation du projet
14	Mesures prévues pour l'intégration du(des) site(s) dans le paysage?
15	Informations sur les caractéristiques des milieux où seront implantés les cultures : disponibilité et état de la ressource en eau, présence d'écosystèmes sensibles, recommandations spécifiques locales à respecter...
16	Informations connues sur les caractéristiques des milieux où sera implanté le projet
17	Autres informations utiles

Tableau n°36 Extrait de l'onglet « Caractéristiques générales » d'IDDAgro version Excel.

Les deux onglets suivants sont consacrés au calcul et à la présentation des résultats. L'onglet « Agrégation » présente les tableaux où sont rassemblés les indicateurs correspondant à chacun des sept enjeux du développement durable, où s'effectuent automatiquement les calculs d'indices. L'onglet « Résultats » contient la visualisation graphique finale ainsi que le rappel des informations à prendre en compte dans l'analyse des résultats. Un aperçu est présenté ci-dessous :

	n°	Indicateurs	Réponses possibles	Réponse	Score
1	**a7-8**	Indicateur n°6 : Quel est l'impact, sur les ressources en énergies fossiles et sur le climat, de la production et de l'utilisation d'intrants agricoles pour la production des agro-ressources ?	N / MD / D / NS	0	0
2	**a9**	Indicateur n°7 : Quel est l'impact, sur le climat et sur les ressources en énergies fossiles, de la mécanisation agricole pour la production des agro-ressources?	N / MD / D / NS	0	0
3	**b1**	Indicateur n°11 : Quel est l'impact, sur les ressources en énergies fossiles et sur le climat, des modes de transports prévus pour l'approvisionnement en matières premières ?	N / MD / D / NS	0	0
4	**b2**	Indicateur n°12 : Quel est l'impact, sur les ressources en énergies fossiles et sur le climat, des caractéristiques des éventuels stockages intermédiaires lors de l'approvisionnement ?	N / MD / D / NS	0	0
5	**c1**	Indicateur n°16 : Quel est l'impact, sur les ressources en énergies fossiles et sur le climat, de la consommation énergétique globale du site de production – transformation ou des procédés mis en œuvre ?	N / MD / D / NS	0	0
6	**d1n**	Indicateur n°21 : Quel est l'impact sur les ressources en énergies fossiles évité par la valorisation du co-produit n ?	N / MF / F / NS / désactivé	0	0
7	**e1**	Indicateur n°11 : Quel est l'impact, sur les ressources en énergies fossiles et sur le climat, des modes de transports prévus pour la distribution ?	N / MD / D / NS	0	0
8	**e2**	Indicateur n°12 : Quel est l'impact, sur les ressources en énergies fossiles et sur le climat, des caractéristiques des éventuels stockages intermédiaires lors de la distribution ?	N / MD / D / NS	0	0
9	**f1**	Indicateur n°25 : Quel est l'impact net de l'utilisation du produit sur les ressources en énergies fossiles ?	F / MF / N / MD / D / NS	0	0
		Indice n°1 : Impact énergétique			**#DIV/0!**

Tableau n°37 Extrait de l'onglet « Agrégation » d'IDDAgro, version Excel : calcul de l'indice correspondant à chaque enjeu. (Enjeu n°1 : ressources en énergies fossiles).

A. Performance globale du projet évalué : impacts sur les 7 enjeux du DD :

	Indice 1	Indice 2	Indice 3	Indice 4	Indice 5	Indice 6	Indice 7
	Energie	Climat	Biodiversité	Ecosystèmes	Eau	Répartition des richesses	Santé et dignité humaine
Projet exemple							

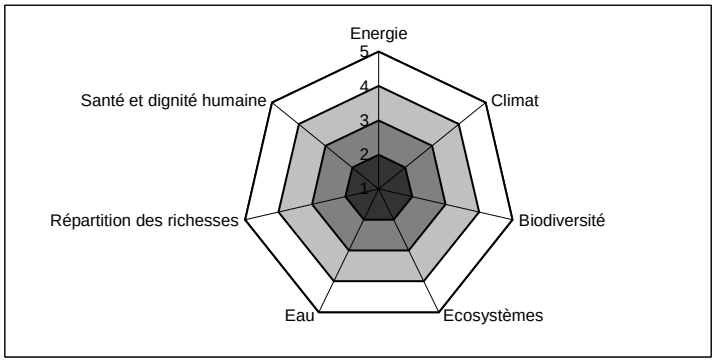


Figure n°25 Extrait de l'onglet « Résultats » d'IDDAgro, version Excel : Présentation du résultat final.

Viennent ensuite deux onglets rassemblant des informations utiles à la réalisation de l'analyse : l'onglet « Réponses admises » et l'onglet « Informations à rechercher ». Le premier est accessible en lien depuis l'onglet « Indicateurs », et rassemble des références utiles pour renseigner ces indicateurs, le plus souvent sous forme de tableaux. Ces références et ces tableaux sont ceux exposés précédemment[322], qui ont permis de mettre au point les indicateurs. L'onglet « Informations à rechercher » rassemble, pour chaque étape du cycle de vie, les principales informations que le porteur de projet devrait être amené à rechercher sur les caractéristiques du projet. Il s'agit principalement là d'un aide-mémoire et d'un récapitulatif des questions à se poser sur un projet. Un extrait est présenté ci-dessous :

Informations à rechercher pour les indicateurs

Les agro-ressources (étape A)
Localisation des cultures
Disponibilité estimée
Coût prévu de la ressource et évolutions prévues
Surfaces mobilisées par les cultures dédiées au projet, rendements correspondants
Les cultures nécessitent-elles une conversion d'usage de terres ?
Caractéristiques recherchées pour les agro-ressources, éventuelles pratiques agricoles spécifiques à mettre en œuvre (mécanisation, intrants, irrigation)
Autres informations utiles

Tableau n°38 Extrait de l'onglet « Informations à rechercher » d'IDDAgro, version Excel : principales informations à rechercher sur les caractéristiques du projet pour analyser les différentes étapes de son cycle de vie.

[322] Cf. tout le sous-chapitre 4.1.

Les deux derniers onglets présentent des éléments non directement utiles à la réalisation de l'analyse mais pouvant être recherchés par le porteur de projet ou le pôle IAR, à titre d'information. L'onglet « Correspondance impacts – enjeux », présente pour chaque indicateur le ou les impacts potentiels qu'il cherche à décrire ainsi que le ou les enjeux du développement durable concernés. Un extrait est présenté en annexe (cf. Annexe 13). L'onglet « Récapitulatif indicateurs » présente un tableau où les indicateurs sont classés à la fois par étape du cycle de vie et par enjeu du développement durable (cf. Annexe 14).

4.2.1.b Première analyse critique

La première version d'IDDAgro, présentée ci-dessus et développée en vue d'être testée sur de premiers cas d'étude, est une version aboutie au sens où elle est utilisable et où elle permet d'obtenir des résultats exploitables : elle contient tous les indicateurs identifiés, tous pouvant être renseignés et agrégés pour calculer les indices finaux. Elle se caractérise cependant par un certain nombre de limites, qui doivent être considérées à ce stade. La plus évidente est intrinsèque au support actuel de l'outil : le tableur Excel est relativement lourd à manipuler. Il est difficile d'y présenter toutes les informations, références et explications utiles à l'analyse. Utiliser IDDAgro nécessite pour l'instant de consulter un manuel explicatif[323].

L'INTEGRATION DES CRITERES SOCIO-ECONOMIQUES

Une des hypothèses de départ a été de ne pas développer les indicateurs spécifiques aux aspects socio-économiques des projets de valorisation d'agro-ressources, dans la mesure où le pôle IAR utilise déjà, dans sa procédure actuelle de labellisation des projets, de nombreux critères à caractère socio-économique. Il conviendrait aujourd'hui d'étudier, avec le pôle IAR, les modalités d'adaptation et d'intégration de ses critères à IDDAgro, afin de compléter les indicateurs sélectionnés et d'être en mesure d'obtenir des résultats complets. Dans la version actuelle, les enjeux 6 et 7, « Répartition des richesses » et « santé et dignité humaine », ne sont que très partiellement analysés par les indicateurs d'IDDAgro. Cela empêche de parvenir à une réelle vision d'ensemble du projet, vocation essentielle de la démarche.

[323] Rassemblant le mode d'emploi du tableur et l'ensemble des informations relatives aux indicateurs et à la manière de les renseigner.

L'AMELIORATION DES DONNEES DE REFERENCES UTILISEES

Dégager des analyses pertinentes sur les impacts d'un projet, à partir d'informations réellement très limitées est un véritable défi. C'est une conséquence directe du cahier des charges sur lequel repose IDDAgro, qui rassemble entre autres les exigences suivantes :

- Etre capable d'analyser rapidement la « performance développement durable » de tous les projets susceptibles d'être présentés au pôle IAR, quel que soit leur secteur ou leur degré de maturation ;
- Sans que le porteur de projet n'ait besoin d'investir excessivement dans la recherche d'informations extérieures ;
- Dans le but de disposer d'une base de réflexion et de discussion pertinente sur la durabilité du projet.

Il en découle que certains indicateurs ne restent que très peu ambitieux dans l'analyse qu'ils réalisent. C'est le cas par exemple de l'indicateur « a5-6 » (cf. Indicateur n°5.), correspondant à la toxicité et à l'écotoxicité des intrants agricoles, et de l'indicateur « a10 » (cf. Indicateur n°8.) correspondant à l'impact de l'irrigation agricole. Par manque de données suffisamment disponibles et complètes, ces indicateurs recourent à une référence[324] peu spécifique, mais qui est la seule permettant d'affirmer que le résultat fourni, même s'il est peu précis, sera valable dans la majorité des cas. Tous les indicateurs ont vocation à évoluer dès que de nouveaux éléments utilisables seront disponibles ; ceux-ci font évidemment partie des plus prioritaires. Bien souvent, ce type d'indicateurs permet d'identifier des thématiques de recherche que le pôle IAR pourrait lui-même contribuer à approfondir[325], dans son intérêt direct, en sollicitant ses membres et ses partenaires.

LA PRESENTATION DES RESULTATS

Dans la première version d'IDDAgro, la présentation des résultats finaux est relativement sommaire (cf. Figure n°25). Elle permet de visualiser la performance globale du projet, sous

[324] **AEE** (2007). *Estimating the environmentally compatible bioenergy potential from agriculture*. Agence Européenne de l'Environnement, 138 p.

[325] Dans le cas de l'indicateur n°5 cité ici, le pôle IAR pourrait en particulier solliciter ses partenaires spécialistes de la recherche agronomique et agro-industrielle. Un des objectifs pourrait être par exemple de mettre au point des bases de données relatives aux impacts environnementaux et sanitaires des intrants agricoles, en agriculture conventionnelle, pour différents types de grandes cultures, différentes régions agricoles et en fonction de caractéristiques locales plus précises.

la forme de scores notés de 1 à 5 et calculés pour chacun des sept enjeux du développement durable. Si une représentation graphique rassemblant les résultats obtenus pour les sept indices est nécessaire pour faciliter la vision d'ensemble sur la performance du projet, celle-ci doit être perfectionnée et complétée par des visualisations plus détaillées, en fonction des attentes des utilisateurs.

4.2.2 En guise de conclusion : analyse des incertitudes liées aux résultats fournis par IDDAgro

Quelle est la sensibilité aux incertitudes des résultats fournis par IDDAgro ? Quelles sont ces incertitudes ? Pour clore ce chapitre 4, nous allons nous pencher sur ces questions d'autant plus importantes que la démarche ne s'appuie pas sur des données précises et chiffrées, mais au contraire sur des informations qualitatives, voire des estimations.

4.2.2.a Retour sur la base informationnelle des indicateurs

Les indicateurs sélectionnés au cours du développement d'IDDAgro s'appuient tous sur une base informationnelle caractérisée par trois types d'éléments :

- Les caractéristiques connues du projet : elles sont supposées minimales, afin de garantir l'applicabilité de la démarche au plus grand nombre de projets susceptibles d'être analysés, quel que soit leur degré de maturation ;
- Les références et informations extérieures : elles ont été recherchées au cours du développement des indicateurs, et restent volontairement génériques pour garantir leur validité au plus grand nombre de projets ;
- Des estimations demandées au porteur de projet : c'est en conséquence la partie la plus importante de la base informationnelle. Selon les phases du cycle de vie du projet, ces estimations sont plus ou moins nombreuses.

Ces éléments ont été répertoriés pour tous les indicateurs sélectionnés, et sont présentés en annexe (cf. Annexe 15). Leur synthèse est présentée ci-après :

Caractéristiques connues du projet
Plantes cultivées pour produire les agro-ressources
Pratiques agricoles particulières
Agro-ressources produites hors de la zone UE
Plan d'approvisionnement prévu
Stockages intermédiaires inclus dans le circuit d'approvisionnement
Procédés de production
Sources d'énergie primaire utilisées pour la production
Implantation des activités de production
Nature des co-produits
Filière de valorisation prévue pour chaque co-produit
Plan de distribution prévu
Stockages intermédiaires inclus dans le circuit de distribution
Usage du produit
Composition du produit en fin de vie

Tableau n°39 Base informationnelle des indicateurs : caractéristiques connues du projet.

Références / informations extérieures
Types de conversions de l'usage des terres, types de pratiques agricoles et leur caractère favorable ou défavorable de leur impact sur la biodiversité
Types de conversions de l'usage des terres, types de pratiques agricoles et leur caractère favorable ou défavorable de leur impact sur les sols
Types de conversions de l'usage des terres, types de pratiques agricoles et leur caractère favorable ou défavorable de leur impact sur le stockage de carbone des sols
Rapport AEE "Estimating the environmentally compatible bioenergy potential from agriculture"
Facteurs d'émission de la méthode Bilan Carbone (v4)
Définition des besoins humains selon M. Max-Neef
Hiérarchisation des modes de transport en fonction de leurs émissions de GES et consommations en
Hiérarchisation des modes de transport en fonction de leurs émissions toxiques pour l'environnement et la
MTD et BREF des secteurs concernés
Arrêté du 24 décembre 2002 relatif à la déclaration annuelle des émissions polluantes des installations classées soumises à autorisation, et ses annexes II, III et IV

Tableau n°40 Base informationnelle des indicateurs : informations extérieures.

		Estimation du porteur de projet
Etapes du cycle de vie d'un projet	A	Nécessité de planter / convertir de nouvelles surfaces agricoles
		Localisation des cultures
		Impact des cultures sur les paysages
		Mise en œuvre de pratiques agricoles différentes de l'agriculture conventionnelle en terme d'impact sur la biodiversité et de recours aux intrants, à la mécanisation et à l'irrigation
		Impact social de la production d'agro-ressources via l'emploi, les revenus et les conditions de travail des travailleurs agricoles
		Impact de la production et de la vente des agro-ressources sur le système économique local
	B	Part des modes de transport doux dans le plan d'approvisionnement
		Longueur du circuit d'approvisionnement
		Consommation énergétique et d'émissions de GES des sites de stockages liés à l'approvisionnement
		Mise en œuvre de mesures d'efficacité énergétique / de réduction d'émissions de GES pour les sites de stockages liés à l'approvisionnement
		Probabilité d'occurrence et gravité des conséquences d'un accident de transport pendant l'approvisionnement
		Impact de l'implantation des sites de stockage liés à l'approvisionnement sur les paysages
	C	Consommation énergétique et émissions de GES des procédés, si possible par rapport aux BREF
		Intégration du site de production dans le paysage
		Recours à des espaces naturels pour l'implantation des activités de production
		Consommation d'eau du site de production, par unité de produit principal
		Consommation du site de production en ressources naturelles à faible taux de renouvellement, par unité de produit principal
		Emissions de déchets et substances polluantes par rapport aux préconisations des MTD ou aux seuils des annexes de l'arrêté du 24/12/02
	D	Importance relative du co-produit par rapport au produit principal (en unités de produits)
		Consommation en énergies fossiles, émissions de GES, consommation d'eau et impact environnemental et sanitaire des émissions, rejets et déchets associés au cycle de vie de chaque produit remplacé
	E	Part des modes de transport doux dans le plan de distribution
		Longueur du circuit de distribution
		Consommation énergétique et d'émissions de GES des sites de stockages liés à la distribution
		Mise en œuvre de mesures d'efficacité énergétique / de réduction d'émissions de GES pour les sites de stockages liés à la distribution
		Probabilité d'occurrence et gravité des conséquences d'un accident de transport pendant la distribution
		Impact de l'implantation des éventuels sites de stockage liés à la distribution sur les paysages
	F	Consommation d'énergie, de ressources naturelles et d'eau, émissions de GES, volumes de rejets et de déchets, effet environnemental et sanitaire et toxicité et écotoxicité des rejets et déchets associés à l'utilisation du produit remplacé (en cas de substitution)
		Consommation d'énergie, de ressources naturelles et d'eau, émissions de GES, volumes de rejets et de déchets, effet environnemental et sanitaire et toxicité et écotoxicité des rejets et déchets associés à l'utilisation du nouveau produit
		Filières d'élimination vers lesquelles les rejets et déchets issus de l'utilisation du produit remplacé sont orientés (en cas de substitution)
		Filières d'élimination vers lesquelles les rejets et déchets issus de l'utilisation du nouveau produit seront orientés
	G	Filières d'élimination vers lesquelles le produit en fin de vie sera orienté
		Emissions de GES associées à l'élimination du produit en fin de vie
		Volume de rejets et déchets que représente le produit en fin de vie
		Caractère recyclable ou réutilisable, partiel ou intégral, du produit en fin de vie
		Biodégradabilité plus ou moins rapide du produit en fin de vie en cas d'abandon dans l'environnement
		Possibilité que le produit en fin de vie abandonné dans l'environnement n'émette des substances toxiques pour l'environnement ou la santé

Tableau n°41 Base informationnelle des indicateurs : les estimations demandées au porteur de projet.

4.2.2.b Les incertitudes associées

Les incertitudes associées aux indicateurs découlent de celles qui caractérisent les trois éléments de la base informationnelle. Toutes n'ont pas la même origine, ni le même effet sur les indicateurs et le résultat de l'analyse.

Les incertitudes associées aux caractéristiques générales du projet (cf. Tableau n°39), considérées comme connues du porteur de projet au début de l'analyse, sont particulières au sens où elles seront soit négligeables, soit importantes au point d'empêcher que les indicateurs correspondants ne soient renseignés. On considérera en effet que lorsque le porteur de projet ne maîtrise pas ces informations de base, il déclarera ne pas savoir renseigner le ou les indicateurs concernés et répondra « NS ». Dans le cas contraire, sa connaissance des caractéristiques du projet sera suffisante pour renseigner les indicateurs. Le pôle IAR peut contribuer à réduire ces incertitudes par des actions d'aide aux porteurs de projets, par exemple pour la préparation du contenu du dossier qu'ils déposent. Le pôle pourrait fournir un guide détaillé pour la réalisation de ce dossier et donc pour le niveau de connaissance ou de maturation qu'il souhaite trouver dans les projets qui lui sont présentés.

Les incertitudes associées aux informations recherchées au cours du développement des indicateurs seront quant à elles constantes : elles découlent directement des études qui ont permis de les mettre au point. Parmi ces incertitudes, certaines sont connues et publiées, comme dans le cas de facteurs d'émission de la méthode Bilan Carbone par exemple[326]. Les autres sont beaucoup plus incertaines et nécessiteraient, pour être mieux maîtrisées, d'analyser de façon approfondie les travaux scientifiques auxquels les indicateurs se réfèrent. S'il est très difficile de préciser ces incertitudes, il est par contre possible de considérer qu'elles s'appliqueront et seront donc les mêmes pour tous les projets analysés[327]. Leur influence sur les résultats sera ainsi relativement constante d'un projet à l'autre.

La dernière catégorie d'incertitudes regroupe celles liées aux estimations fournies par le porteur de projet : sans doute celles demandant le plus de considération lors de l'analyse des résultats de l'exercice. La caractéristique principale de ces incertitudes est d'être propre à chaque porteur de projet, et difficiles à qualifier de manière plus précise que « non négligeables ». C'est pour les cibler que des précisions sont systématiquement demandées au

[326] Cf. notamment p. 196 ou Tableau n°21.
[327] A ceci près que certains indicateurs, donc certaines références peuvent ne pas être utilisées pour tous les projets.

porteur de projet au cours de la mise en œuvre d'IDDAgro, lorsqu'il renseigne les indicateurs : toutes les réponses doivent être détaillées afin d'être justifiées aux yeux des utilisateurs de la grille. Dans la mesure où le porteur de projet choisit seul ses réponses, sans contrôle extérieur, la transparence dans la réalisation de l'analyse, ainsi que l'apport du plus de précisions possibles pour chaque indicateur, sont deux piliers essentiels de la validité de l'exercice.

Décrire plus précisément les incertitudes, indicateur par indicateur, en vue par exemple de les chiffrer, semble un exercice d'intérêt limité dans la mesure où aucun des résultats fournis par IDDAgro n'est lui-même chiffré. Il est cependant essentiel de prendre en compte l'existence de ces incertitudes au moment de la lecture et de l'analyse des résultats de l'exercice. Ce point doit être facilité par un travail plus approfondi sur la présentation des résultats d'IDDAgro : les visualisations graphiques ne constituent qu'une partie des résultats de l'analyse. Trois autres éléments doivent également être considérés, de manière mutuellement éclairante :

- Les informations générales sur le projet, fournies au début de l'exercice (cf. Tableau n°36) ;
- Les incertitudes liées à ces caractéristiques générales : elles sont à déduire de la liste des indicateurs que le porteur de projet n'a pas su renseigner ;
- La liste des références extérieures utilisées, soit celles présentées précédemment (cf. Tableau n°40) abstraction faite de celles correspondant à des indicateurs non renseignés.

Les incertitudes liées aux estimations du porteur de projet sont à déduire des explications fournies par celui-ci pour chaque indicateur. Elles doivent pouvoir être facilement consultées au moment de l'analyse des résultats : il est important que l'outil autorise un « retour en arrière », autrement dit la consultation des réponses et précisions apportées pour chaque indicateur par le porteur de projet, à partir de la lecture des résultats et pour en faciliter l'interprétation. Les indicateurs synthétiques de type « boîte noire » permettent en effet de justifier tout projet pour peu qu'on souhaite obtenir ce résultat.

PARTIE C – ETUDES DE CAS AUTOUR DE L'ANALYSE DE LA DURABILITE AU SEIN DU POLE DE COMPETITIVITE INDUSTRIE ET AGRO-RESSOURCES

Introduction de la partie C

Un des objectifs fixés aux travaux présentés dans ce mémoire portait dès le départ sur l'application de la démarche proposée à des cas réels, représentatifs de l'activité du pôle Industrie et Agro-Ressources (IAR). Il s'agissait à l'origine de tester le caractère opérationnel de l'outil conçu et développé pour analyser les projets soumis au pôle IAR, mais également de se pencher sur le cas de secteurs d'activités spécifiques.

Avec l'appui du pôle IAR et le concours de porteurs de projets intéressés par la démarche, l'outil IDDAgro a été testé sur deux projets déjà labellisés par le pôle, au cours d'une simulation de l'évaluation « ex-ante » de ces projets en vue de leur labellisation. Nous présentons dans les pages qui suivent le déroulement ainsi que les résultats, portant sur l'outil IDDAgro lui-même, de ces tests. L'étude d'un cas représentatif d'un secteur d'activités précis – celui de la production de biocarburants d'origine agricole – s'est révélée beaucoup plus compliquée à mener, comme nous allons le voir.

Dans un second temps, nous tenterons de dégager des leçons des différentes mises en application de la démarche proposée au pôle IAR. Nous nous interrogerons sur les freins rencontrés pendant ces travaux ainsi que sur leurs conséquences sur nos résultats, pour questionner en particulier les moyens et la capacité d'action qui caractérisent réellement le pôle. Nous soumettrons enfin au pôle un certain nombre de propositions visant à améliorer tant la portée que la légitimité de son action, au regard de la prise en compte des enjeux du développement durable dans les projets de valorisations innovantes d'agro-ressources par l'industrie.

Chapitre 5. Application de la démarche d'analyse de la durabilité à des projets existants. Pour le pôle IAR et pour les acteurs de projets agro-industriels, quelles leçons pour un développement plus durable ?

5.1 ETUDE DE CAS : APPLICATION DE LA DEMARCHE D'EVALUATION DE LA DURABILITE ET TEST D'IDDAGRO

5.1.1 Application de la démarche d'analyse de la durabilité au cas d'un site de production

Lors du lancement de ces travaux de thèse, deux objectifs ont rapidement été définis. Le premier a débouché sur la conception et le développement d'IDDAgro, outil dédié à l'analyse de la durabilité des projets soumis au pôle IAR. Le second objectif visait à appliquer cette démarche à un cas réel, portant sur un des secteurs d'activités du pôle IAR.

Le choix du secteur sur lequel porterait cette étude fut rapidement fait : dans la mesure où un seul cas de ce type semblait réalisable dans le cadre de la thèse, le secteur des biocarburants apparaissait comme prioritaire pour une telle étude. Durant le premier semestre 2006, la production des biocarburants[328] est en effet un sujet d'actualité en plein développement : les médias ne se sont pas encore emparés du gros des controverses concernant leurs impacts environnementaux, économiques et sociaux, mais le débat entre experts prend déjà une ampleur grandissante. Pour le pôle IAR, il s'agit dès 2005 d'un dossier d'importance capitale : les biocarburants sont une de ses principales vitrines, avec notamment le lancement de l'usine de production de bioéthanol Cristanol en Champagne-Ardenne[329]. A cette époque, en France, en Europe et dans le monde entier, les biocarburants suscitent beaucoup d'enthousiasme, et les feux verts industriels et gouvernementaux pour lancer la construction de nouvelles unités de production de bioéthanol et de biodiesel se multiplient.

Dans ce contexte et alors que de plus en plus de questions apparaissant au sujet du bilan de ces carburants, il semblait pertinent d'apporter une contribution au débat et des éclairages au pôle IAR au moment de son engagement dans ce secteur d'activité. Un poster présenté lors de

[328] En 2006, la polémique sur l'emploi des termes « biocarburants » ou « agrocarburants » avait encore assez peu d'ampleur. Pour mémoire, une définition précise des biocarburants a été proposée au chapitre 1 (cf. 1.2.2.a).
[329] Le lancement du projet de construction de l'usine, en 2005, coïncide avec le début de l'existence du pôle IAR. Il s'agit d'un des principaux dossiers qui ont permis d'appuyer la candidature du pôle IAR lors de la création des pôles de compétitivité français en 2005.

la conférence internationale « International Congress on Biodiesel », à Vienne (Autriche) en novembre 2007, récapitule les objectifs de ces travaux[330].

5.1.1.a Choix du site pour le cas d'étude

LE SITE DE BAZANCOURT-POMACLE : UNE RAFFINERIE VEGETALE

Suite à la sélection du secteur des biocarburants pour la réalisation d'une étude reposant sur un cas réel, un site de production devait être choisi pour la réalisation de ce projet. En 2006, plusieurs sites de production de biocarburants de première génération se trouvent déjà sur le territoire du pôle IAR, en Picardie et Champagne-Ardenne.

Nous nous sommes finalement orientés, en concertation avec le pôle IAR, vers la distillerie Cristanol, implantée sur le site agro-industriel de Bazancourt-Pomacle, et dont les actionnaires majoritaires sont le groupe sucrier Cristal Union et la coopérative céréalière Champagne Céréales. Ce choix reposait sur les caractéristiques du site, mais aussi sur les bonnes relations entretenues par Cristal Union et Champagne Céréales avec le pôle IAR.

Le site de Bazancourt-Pomacle est une bioraffinerie, comme il en existe très peu en Europe à cette date. L'usine Cristanol, alors en construction et dont le projet prévoit deux tranches, doit y produire de l'éthanol à partir de sous-produits de blé et de betterave sucrière. Emblématique du pôle IAR, il s'agit d'un site industriel d'envergure internationale.

Le concept de raffinerie végétale ou bioraffinerie

Les raffineries végétales (ou bioraffineries) sont l'équivalent, pour la biomasse, des raffineries dédiées à l'exploitation du pétrole. Ce sont des complexes industriels permettant d'une part d'extraire de l'énergie ou des produits énergétiques (carburants) de la biomasse, et d'autre part de synthétiser des produits et matériaux issus du fractionnement et/ou de la chimie végétale. Ces raffineries reposent très souvent sur la production de biocarburants[331], notamment en France.

[330] **Fèvre, A.-L., J.-M. Brignon, et al.** (2007). *Sustainability Assessment for Biomass Valorisation Projects: Application to First Generation Biofuels Production*. International Congress on Biodiesel: The Science and the Technologies, Vienna. (cf. Annexe 17).

[331] Les schémas présentés en annexe (cf. Annexe 17) mettent en évidence une cartographie de raffineries végétales pour différentes filières.

Leur intérêt de cette démarche, en particulier du point de vue des impacts environnementaux, réside notamment dans la mutualisation des outils et moyens de production permettant d'exploiter une ressource végétale. La démarche sous-jacente est de nature interdisciplinaire, et inclut plusieurs enjeux :

- L'adaptation de la production et la mobilisation de ressources végétales ;
- La mise au point de procédés permettant de fractionner les ressources végétales en éléments valorisables ;
- L'assemblage et la valorisation de ces produits du fractionnement.

Le pôle IAR est fortement impliqué dans l'étude et le développement des sites de bioraffineries en Europe. Il pilote en particulier le projet « Biorefinery Euroview », financé par la Commission Européenne et inclus dans le sixième programme cadre de recherche et développement technologique (6ème PCRD). Ce projet rassemble différents acteurs européens de la recherche et du développement autour de l'utilisation de la biomasse. Ses objectifs sont la réalisation d'une cartographie des bioraffineries existantes en Europe, l'identification des facteurs socio-économiques et réglementaires favorisant ou freinant leur développement, la construction de scénarios sur les perspectives de développement et enfin la proposition de recommandations à la Commission Européenne pour accélérer le développement des bioraffineries[332].

Tous ces éléments sont à l'origine du choix, pour cette étude, de l'analyse de la durabilité de la production d'éthanol de l'usine Cristanol, située au sein du site de bioraffinerie de Bazancourt-Pomacle.

PRESENTATION DU SITE AGRO-INDUSTRIEL DE BAZANCOURT-POMACLE ET DE LA DISTILLERIE CRISTANOL

Le site agro-industriel de Bazancourt – Pomacle (Figure n°26) est situé dans la Marne, près de Reims, sur le territoire des communes de Bazancourt et Pomacle, le long de la voie ferrée reliant Reims à Charleville. Implantée sur ce site, les deux tranches de la distillerie Cristanol sont conçues pour produire de l'éthanol à partir de sous-produits de betterave et de blé. Le site accueille également :

[332] Source : http://iarpolefr.nexenservices.com/biorefinery/public/index.html.

- Une sucrerie du groupe Cristal Union, produisant du sucre à partir de betterave sucrière ;
- L'amidonnerie – glucoserie Chamtor, spécialisée dans le fractionnement du blé ;
- Le centre de recherche ARD, spécialisé dans le fractionnement végétal (à base d'amidon, de saccharose, de cellulose et d'hémicellulose) ;
- Une unité de déshydratation de luzerne.

Trois autres entités sont en cours d'implantation à Bazancourt – Pomacle :

- Une importante unité de cogénération : le projet C5D, dont l'objectif est d'alimenter le site en électricité et en vapeur en 2010, à partir de 200 000 tonnes de biomasse (paille, plaquettes forestières et issues de silos) dont 150 000 tonnes de paille. Avec une capacité électrique de 22 MW, cette centrale doit couvrir les besoins en énergie de Chamtor et Cristanol. C5D est porté par un consortium formé par Champagne Céréales, Chamtor, La Caisse des Dépôts, le Crédit Agricole Nord Est et Dalkia[333] ;
- Une unité de démonstration industrielle de production de plusieurs milliers de tonnes par an d'acide succinique : le projet « BioAmber », porté par ARD et DNP Green Technology (Diversified Natural Products : Société américaine de biotechnologies) ;
- Un pilote industriel dans le cadre du projet FUTUROL, porté par onze partenaires[334] dont Champagne Céréales et ARD, visant à développer et commercialiser un procédé de production de bioéthanol de seconde génération à partir de plantes entières ou de biomasse lignocellulosique.

[333] (2008a). *Electricité verte : le projet marnais C5D retenu*. Champagne Céréales, Chamtor, Crédit Agricole Nord Est, Caisse des Dépôts, Dalkia.
[334] Dont notamment : Agro industrie Recherches et Développements (ARD), Confédération Générale des Betteraviers (CGB), Champagne Céréales, Crédit Agricole du Nord Est, IFP, INRA, Lesaffre, ONF, Tereos, Total et Unigrains.

Figure n°26 Vue aérienne du site agro-industriel de Bazancourt-Pomacle (source : www.chamtor.fr).

Ce site industriel, qui rassemble des entités spécialisées dans le fractionnement et la valorisation de la betterave, du blé et dans de moindres proportions de la luzerne, constitue un modèle de raffinerie végétale (ou bioraffinerie). Ce regroupement repose en effet sur des échanges de flux de matières et d'énergie, la mutualisation de ressources et le partage d'intérêts communs entre les acteurs en présence. Le partage d'intérêts apparaît explicitement dans l'actionnariat des entités ; on y retrouve en effet, dans la plupart des cas, le groupe sucrier Cristal Union et le groupe céréalier Champagne Céréales en position dominante :

- Le capital de Cristanol est détenu à 55 % par Cristal Union, à 45 % par un ensemble de coopératives céréalières dont Champagne Céréales est le chef de file et à 5 % par la société Chamtor[335] ;
- Celui de Chamtor est détenu à 95 % par Champagne Céréales[336] ;
- ARD appartient à Céréales R&D (groupement des coopératives céréalières de Champagne Ardenne, dont Champagne Céréales) pour 53,45 %, à Cristal Union pour 17,82 %, au Crédit Agricole Nord Est pour 16,64 %, à Chamtor pour 7,92 % et à Luzerne R&D pour 4,18 %)[337].

[335] Source : www.cristal-union.fr, 27/10/2008.
[336] Source : www.chamtor.fr, 28/10/2008.
[337] Source : www.a-r-d.fr, 28/10/2008.

La distillerie Cristanol

Le projet de construction de la distillerie Cristanol sur le site de Bazancourt-Pomacle est lancé en novembre 2005, après réalisation des études et obtention des autorisations nécessaires. Il s'agit de produire de l'éthanol à partir de co-produits déjà présents sur le site : une partie issue du fractionnement du blé, réalisé par l'amidonnerie-glucoserie Chamtor, et l'autre de betterave sucrière, exploitée par la sucrerie Cristal Union. Il est prévu que Cristanol s'approvisionne à 70 % en betteraves et 30 % en céréales au départ, pour aboutir à terme à un approvisionnement constitué de 70 % de céréales et de 30 % de betteraves.

L'usine est constituée de deux lignes de production représentant chacune une tranche de la construction du site :

- Une ligne betteraves / céréales de 1 500 000 hL/an, comportant une ligne de fermentation continue, deux lignes de distillation en parallèle, une ligne de tamis moléculaires couplée à la distillation et un système de concentration de vinasses ;
- Une ligne céréales de 2 000 000 hL/an, comportant une ligne de production de farine (un moulin), une ligne d'hydrolyse et de fermentation continue, une ligne de distillation, une ligne de tamis moléculaires couplée à la distillation, un système de concentration de vinasses et un système de séchage de drêches.

La première tranche, la ligne betterave-céréales, est en fonctionnement depuis juin 2007. La seconde doit démarrer fin 2008. C'est au total 3,5 millions d'hectolitres, soit 280 000 tonnes d'éthanol, qui pourront être produit par Cristanol. Le tout doit fonctionner avec un apport de 1 000 000 tonnes de betterave et 500 000 tonnes de blé par an, ce qui correspondrait à une surface de 68 000 hectares[338]. En contre-partie, les sous-produits de la production d'éthanol s'élèveraient à 70 000 tonnes de pulpes et 175 000 tonnes de drêches par an, valorisables en alimentation animale[339]. La desserte du site par une ligne de chemin de fer doit permettre à terme d'alléger l'impact du transport des matières premières et des produits finis.

[338] D'après les hypothèses prises par Cristanol en termes de rendements agricoles.
[339] Source : www.cristal-union.fr, 28/10/2008.

5.1.1.b Un projet d'analyse de la durabilité de la production de biocarburants du site de Bazancourt-Pomacle

L'idée à l'origine de cette étude était de réaliser, en s'appuyant sur un cas réel, un test de l'outil développé au cours de la thèse. Lorsque début 2007 les travaux se sont orientés vers la conception d'un outil d'évaluation « ex-ante », il est rapidement apparu que celui-ci ne pourrait être appliqué, à moins d'adaptations lourdes voire contraires à sa nature, au cas d'un site de production réel et en fonctionnement. Il semblait néanmoins très important aux partenaires de ces travaux, et notamment au pôle IAR, de mener un projet permettant d'appliquer notre démarche d'évaluation de la durabilité à un site de production en fonctionnement.

Le projet s'est alors orienté vers un travail en deux temps : une première approche de la durabilité du site via les indicateurs développés, sans exploiter toutes les informations disponibles sur le site, nécessairement complétée ensuite par une analyse plus approfondie mettant à profit des données quantitatives sur les caractéristiques et le fonctionnement du site. Dès lors, des contacts ont été pris avec les responsables du site de Bazancourt-Pomacle, en vue de leur présenter et de préparer conjointement ce projet, tandis que parallèlement et tout au long de l'année 2007 avançaient les travaux de conception puis de développement de l'outil IDDAgro[340].

La proposition d'étude progressivement définie comprenait notamment une modélisation du métabolisme industriel du site de Bazancourt-Pomacle, c'est-à-dire de son fonctionnement global analysé sous l'angle des échanges de flux – en particulier de matière et d'énergie – au sein du site. Les pratiques de mutualisation caractéristiques de ce site de raffinerie végétale relèvent en effet d'une mise en œuvre spontanée du concept d'écologie industrielle, et constituent en tant que telles des signaux favorables pour la performance globale du site en terme de durabilité. A cet égard, ce projet représentait pour les partenaires du site une occasion intéressante de mettre en valeur le caractère positif et performant de cette organisation, encore assez rare au niveau international.

[340] Définition de l'approche suivie en terme de développement durable, de la méthodologie de développement des indicateurs pour le pôle, construction de ces indicateurs : ces étapes devaient être franchies pour appuyer l'étude de cas sur une démarche solide et argumentée.

PROPOSITION SOUMISE AUX DECIDEURS DU SITE DE BAZANCOURT-POMACLE

Les échanges avec Bazancourt-Pomacle, tout particulièrement à mi-chemin des travaux, en été 2007, se sont avérés globalement positifs, même si tous les décideurs du site ne se sont pas prononcés. Fin 2007, les travaux portant sur la conception de l'outil IDDAgro étant achevés, une proposition précise pour la réalisation de l'étude au cours du premier semestre 2008 a été soumise aux partenaires. Cette proposition, reprise dans l'encadré ci-dessous, présentait les objectifs de l'étude, les résultats attendus, la méthodologie proposée, les données nécessaires à sa réalisation ainsi qu'un programme prévisionnel.

Etude de la durabilité de la production d'éthanol du site de Bazancourt-Pomacle

Proposition de travail

22/11/07

Objet de l'étude

Cette étude porte sur la production d'éthanol réalisée au sein du site de Bazancourt-Pomacle (51), et plus particulièrement sur la durabilité de cette production. Le système étudié inclut les filières en amont et en aval de l'étape de production de l'éthanol : production des ressources agricoles et approvisionnement, distribution de l'éthanol et combustion de l'éthanol carburant.

Objectifs de l'étude

Cette étude a deux objectifs :

- Tester la grille d'indicateurs développée par A.-L. Fèvre pour le pôle IAR (Industrie et Agro-Ressources). Cette grille est un outil d'évaluation de la durabilité des projets candidats à une labellisation par le pôle IAR ;
- Analyser l'impact des caractéristiques du site sur la durabilité de la production d'éthanol, par rapport aux enjeux et principes du développement durable et par rapport à la production d'éthanol d'un site classique. Cette analyse sera basée sur :
    - L'étude des caractéristiques de la raffinerie végétale de Bazancourt-Pomacle ;
    - Des données de référence concernant la production d'éthanol.

Méthodologie

Cette étude va tout d'abord nécessiter un recueil de données auprès des partenaires du site, afin de calculer les indicateurs de la grille d'évaluation et d'étudier les impacts du site. Ces données concerneront les caractéristiques du site. Le fonctionnement de la raffinerie végétale (son « métabolisme ») sera modélisé à l'aide de la méthode Material Flow Analysis (MFA), sur la base de ce recueil de données.
Le test de la grille d'indicateurs nécessitera également de recourir à des données de référence, recherchées dans la littérature ainsi qu'auprès de membres du pôle de compétitivité IAR.
L'évaluation de la durabilité de la production d'éthanol du site reposera par ailleurs sur une définition des enjeux et principes du développement durable retenue comme référence.

Proposition pour l'analyse de l'impact des caractéristiques du site sur la durabilité de la production d'éthanol :
- *Cadre de l'analyse* : enjeux globaux et locaux du développement durable et du développement du secteur des biocarburants.
- *Référence utilisée* : une distillerie de même type mais non implantée au sein d'une bioraffinerie : celle d'Arcis-sur-Aube (groupe Cristal Union, site utilisé comme référence pour l'éthanol ex-betterave par l'étude ADEME – DIREM 2002).
- *Analyse des enjeux environnementaux de la production d'éthanol, en particulier les enjeux climat / énergie* : utilisation des méthodologies ACV et IPPC : étude de l'impact des caractéristiques de Bazancourt-Pomacle par rapport à la raffinerie classique (Arcis-sur-Aube), approfondissement des questions d'affectation (co-produits) et de l'influence des filières amont et aval.
- *Analyse des autres enjeux de durabilité* : basée sur l'analyse des enjeux globaux et locaux.

Résultats attendus

Tous ces éléments contribueront à l'évaluation de la durabilité de la production de biocarburants pour les transports et de l'éthanol ex-betterave en particulier, au regard des enjeux du développement durable. Ils permettront par ailleurs d'estimer l'impact des caractéristiques du site de Bazancourt sur la durabilité de cette production, par rapport à une distillerie non implantée au sein d'une bioraffinerie.
Cette analyse, ainsi que les éventuelles perspectives d'évolution qui auront pu être identifiées pour la durabilité, feront l'objet d'un rapport final remis à l'ensemble des partenaires du site ainsi qu'au pôle de compétitivité IAR.

Données nécessaires

Comme évoqué ci-dessus, trois types de données (quantitatives et/ou qualitatives) seront recherchées :

- Des données de référence, issues de la littérature d'une part et fournies par des acteurs régionaux d'autre part (membres du pôle IAR) :
- Filières et techniques de production des agroressources ;
- Spécificités et sensibilité du territoire et des milieux ;
- …

- Des données concernant les caractéristiques et le fonctionnement du site de Bazancourt-Pomacle :
- Caractéristiques des procédés utilisés ;
- Types, quantités et provenances des matières premières utilisées, synergies en place ;
- Types, quantités et destinations des produits et des co-produits, synergies en place ;
- Quantités d'eau consommée ;
- Types et quantités d'énergie consommée ;
- Types et quantités de rejets et émissions vers l'eau, l'air et le sol ;
- Types et quantités de déchets produits, voies de valorisation / élimination ;
- Modalités de stockages, consommations induites ;
- Modalités d'approvisionnement et de distribution : types de transport, distances… ;
- …

- Des données concernant les caractéristiques et le fonctionnement du site d'Arcis-sur-Aube, issues de l'étude ADEME-DIREM (2002) et si possible mises à jour avec l'aide des responsables du site d'Arcis.

Modalités

Cette étude sera réalisée par Anne-Lise Fèvre et Anthony Benoist (pour la réalisation de l'ACV), dans le cadre de leur thèse. Les travaux seront suivis par l'UTT, l'INERIS et l'ENSMP, et en particulier :
- Par Nicolas Buclet pour le Centre de Recherches et d'Etudes Interdisciplinaires sur le Développement Durable (CREIDD) de l'UTT ;
- Par Jean-Marc Brignon pour l'unité de recherche Modélisation et Analyse Economique pour la Gestion des Risques (MECO) de l'INERIS ;
- Par Dominique Dron pour le Centre Energétique et Procédés (CEP) de l'ENSMP.

Seront également amenés à suivre la réalisation des travaux :
- Dominique Bourg, directeur de thèse d'A.-L. Fèvre et directeur de l'Institut de Politiques Territoriales et d'Environnement Humain (IPTEH) à l'Université de Lausanne ;
- Laurence Rouïl, responsable de l'équipe MECO à l'INERIS ;
- Denis Clodic, directeur de thèse d'A. Benoist et directeur du CEP à l'ENSMP.

Etapes et calendrier des travaux

Etape	Date	Description	Qui ?
1	Déc. 07	Recueil de l'accord de l'ensemble des partenaires	A.L. Fèvre
2	Déc. 07 - Janv. 08	Réunion de lancement : - validation de la démarche et du calendrier - validation de l'approche proposée - identification des personnes ressources pour chaque entité	A.L. Fèvre A. Benoist J.M. Brignon N. Buclet J.M. Chauvet Représentants des différentes entités du site de Bazancourt
3a	1er semestre 08	Recueil des données nécessaires	A.L. Fèvre, avec l'appui des personnes ressources désignées par les différentes entités de Bazancourt
3b	1er semestre 08	Exploitation des données : - test de la grille d'indicateurs développée par A.L. Fèvre pour le pôle IAR - modélisation du métabolisme industriel du site - analyse de l'impact des caractéristiques du site sur la durabilité de la production d'éthanol	A.L. Fèvre A. Benoist
4	Eté 08	Présentation des résultats	A.L. Fèvre A. Benoist

Cette proposition a été reprise et détaillée au cours d'une présentation réalisée le 24 janvier 2008, lors d'une réunion se déroulant dans les locaux de Chamtor, en présence de représentants de Chamtor, Champagne Céréales et Cristal Union. Le support de cette présentation se trouve en annexe (cf. Annexe 18). Les principaux points marquants de la proposition sont l'implication de l'ENSMP (Ecole des Mines de Paris)[341] et l'utilisation d'un site de référence, en l'occurrence la distillerie d'Arcis-sur-Aube.

FIN DE NON-RECEVOIR

Accueillie favorablement par Chamtor et les entités relevant de Champagne Céréales, ce projet a suscité un blocage ferme de la part des représentants du groupe Cristal Union et de Cristanol. Les interventions extérieures, en particulier celles du pôle IAR et des autres acteurs du site, n'ont pas permis de faire évoluer le fond de la position du groupe sucrier : un refus de communiquer toutes données propres à Cristanol et à la sucrerie ainsi que d'autoriser l'accès à ces unités, y compris dans le cadre d'un accord de confidentialité parrainé par le pôle IAR, auquel Cristanol est pourtant fortement lié.

[341] En particulier d'Anthony Benoist, doctorant du Centre Energétique et Procédés (CEP).

Notre interlocuteur Paul Credoz, directeur industriel de Cristal Union, justifie cette confidentialité totale par la concurrence très aiguë qui caractérise le secteur industriel des sucreries – distilleries. Pour P. Credoz, la structure du pôle IAR ne permet pas à Cristal Union de s'affranchir de cette concurrence, notamment dans la mesure où le groupe Tereos[342] en est également membre. La communication de quelques données que ce soit sur Cristanol, site très récent et à la pointe de la technologie, est donc bloquée par le groupe, y compris dans le cadre de travaux de recherche. Le déficit de confiance est évident. Début 2008, le projet d'étude de la durabilité de la production d'éthanol du site agro-industriel de Bazancourt – Pomacle débouche ainsi sur un constat d'échec.

Des causes…

Le caractère très sensible du sujet « biocarburants de première génération », tout particulièrement à la fin de l'année 2007[343], n'est pas étranger à cette position, même s'il est moins mis en avant. Comme tous les industriels du secteur, Cristal Union doit faire face à une remise en question récurrente de ses activités.

Début 2008, la polémique sur le bilan réel de la production de biocarburants bat son plein. Aucune étude d'analyse de cycle de vie réalisée sur le bioéthanol et le biodiesel de première génération ne fait l'unanimité auprès des parties prenantes, qu'elles aient des intérêts industriels ou qu'elles relèvent de la société civile ou du monde de la recherche. Ces différents tiennent principalement à des questions méthodologiques relatives à l'analyse de cycle de vie (ACV)[344] : frontières du système, évaluation absolue ou relative, mode d'allocation choisi pour les co-produits, etc. En France, suite au Grenelle de l'Environnement et pour répondre à ces controverses, un projet de recherche est confié à l'ADEME et l'IFP fin 2007 dans le but de revoir les résultats de l'étude ADEME-DIREM de 2002, en particulier sur le plan méthodologique. Les résultats de cette étude peuvent avoir un impact fort sur les orientations de la politique énergétique et agricole française, et donc sur les conditions de développement de la production de biocarburants en France. Pour les industriels du secteur comme pour les autres parties prenantes, l'enjeu est hautement stratégique.

[342] Groupe sucrier historiquement implanté en Picardie et principal concurrent de Cristal Union.
[343] Cf. 1.2.2.
[344] Cf. 2.2.1.b.

Ce contexte de concurrence acharnée et d'actualisation des références, sur fond de polémique houleuse, rend notre projet d'étude clairement inopportun aux yeux de Cristal Union : c'est pour eux un facteur de risques supplémentaire.

Ce qui en revanche ne nous est pas dit par Cristal Union, lorsque le blocage se confirme en janvier 2008, c'est que le groupe sucrier est au même moment déjà engagé dans un projet d'ACV actualisée de l'éthanol de betterave, en particulier celui produit par le site d'Arcis-sur-Aube. Cette étude est réalisée par Ecobilan (du groupe PricewaterhouseCoopers), pour le compte de FCB[345] et de Cristal Union. Son existence et ses résultats sont rendus publics en mai 2008, au cours d'une conférence de presse se déroulant sur le site de Cristanol. Les résultats sont tout à fait positifs pour le site d'Arcis-sur-Aube mais aussi celui de Cristanol, qui met en œuvre de technologies relativement similaires. En effet, Ecobilan met en avant :

- Une absence totale de responsabilité de la production d'éthanol de betterave dans la modification de l'usage des sols en France ;
- Par rapport à la production d'essence, une économie d'énergie fossile de 60% ainsi qu'une réduction de l'impact sur l'effet de serre de 63% ;
- Une amélioration potentielle, en cas de valorisation énergétique de la biomasse interne (méthanisation des vinasses), de respectivement 12% et 10% pour l'énergie et l'effet de serre, soit une réduction d'impact sur l'effet de serre de 67% par rapport à la production d'essence[346].

Le télescopage entre notre projet et cette étude, dont l'existence n'est pas mentionnée lors de nos échanges, est évident, et le refus opposé par Cristal Union d'autant plus explicable. Reste à déplorer un grand manque de transparence et de confiance, qui fit perdre un temps précieux à tous les partenaires du projet.

… et des conséquences

Ce blocage constitue avant tout un obstacle infranchissable à la réalisation de l'étude sur la durabilité de la production d'éthanol de Cristanol. En l'absence de toutes données caractérisant les deux principales unités du site (la distillerie et la sucrerie) et le cœur de l'étude (la production d'éthanol), ces travaux ne peuvent être menés.

[345] FCB : Fédération Nationale des Coopératives de Transformation de la Betterave.
[346] **Ecobilan, FCB, et al.** (2008). *Bioéthanol de betterave : résultats des analyses de cycle de vie. Résultat de l'étude Ecobilan / PricewaterhouseCoopers sur l'éthanol de betterave du site d'Arcis-sur-Aube.* Ecobilan, 4 p.

Ce constat demeure cependant intéressant en lui-même quant à la faisabilité et la transparence de l'analyse de la production de biocarburants aujourd'hui : alors que la polémique est toujours intense, il semble fort difficile d'analyser précisément les caractéristiques et les performances d'un site, dont on peut pourtant penser a priori que le potentiel est important, et qu'il présente d'ores et déjà, en raison de ses particularités, un bilan intéressant sur de nombreux points. En outre nous ne serions pas les seuls à rencontrer ces difficultés : P. Credoz nous a en effet expliqué que les données fournies par son groupe pour la réalisation de l'étude faisant suite au Grenelle de l'Environnement, lancée en 2007, dataient de plusieurs années[347]. Quand on connaît la vitesse d'évolution des technologies, force est de constater que les études dont nous disposons non seulement n'ont pu être réalisées dans la transparence, du fait des contraintes de confidentialité, mais ne reposent pas non plus sur des informations représentatives du savoir-faire actuel. Or ce sont ces mêmes études qui sont à la base des orientations prises par les décideurs publics à un niveau national voire européen. Dans ces conditions, il paraît difficile d'avancer vers une réduction de la défiance des associations environnementales et de l'opinion publique quant au bien fondé des mesures de soutien au développement de la production de biocarburants de première génération.

Mais d'autres leçons sont à tirer de cet échec, tant pour la mise en œuvre d'une réelle stratégie de développement durable par le pôle IAR, et pour sa capacité d'action au sein d'un territoire, que pour l'éventuel développement d'une démarche complémentaire d'évaluation de la durabilité, cette fois-ci « ex-post ». Nous les développerons en seconde partie de ce chapitre (cf. 5.2).

5.1.2 Test d'IDDAgro avec des projets labellisés par le pôle IAR : mise en œuvre et analyse de l'exercice

5.1.2.a Mise en œuvre d'un test de l'outil IDDAgro avec deux projets soutenus par le pôle IAR

A la demande et avec l'appui du pôle IAR, la première version développée de l'outil IDDAgro a pu être testée sur deux projets déjà labellisés et en cours de réalisation. Le pôle IAR a en effet souhaité disposer d'un premier retour sur la faisabilité des analyses réalisables

[347] Toujours en raison de ce manque de confiance et de ces inquiétudes face à la concurrence.

avec l'outil développé, ainsi que sur l'intérêt des résultats dégagés. Il s'agit bien cette fois de cas d'évaluation « ex-ante », pour lesquels l'outil IDDAgro a été conçu et auxquels il est parfaitement adapté.

OBJECTIFS DE L'EXERCICE POUR LE POLE IAR ET POUR L'OUTIL IDDAGRO

Le pôle IAR a décidé au printemps 2008 d'engager des exercices d'analyse de la durabilité de quelques projets « types » déjà labellisés par ses soins, dont la raison d'être et la portée lui étaient relativement bien connues. L'enjeu de tels exercices était avant tout de faire fonctionner l'outil en conditions proches des conditions d'utilisation réelles, puis d'en tirer tous les enseignements utiles afin de disposer d'éléments tangibles pour décider de la poursuite de la démarche. L'intérêt des résultats en termes de positionnement des projets analysés au regard des enjeux de développement durable restaient un objectif secondaire.

En ce qui concerne l'outil IDDAgro, ces exercices avaient pour objectif de tester tout d'abord sa capacité à fonctionner en conditions réelles, sa facilité d'utilisation ainsi que l'accessibilité de la démarche pour les porteurs de projets. Il s'agissait ensuite d'observer plus précisément la pertinence des questions posées par les indicateurs et de relever les éventuels points de blocage dans la mise en œuvre de l'analyse, sachant que les projets testés n'auraient pas été sélectionnés en fonction de critères censés a priori faciliter l'exercice.

CONDITIONS ET DEROULEMENT DE L'EXERCICE

La réalisation de ces exercices a été envisagée au départ sur une demi-journée de travail, demandant l'implication du porteur de projet que nous accompagnions. L'objectif était de s'appuyer sur les informations dont pouvait disposer le pôle IAR, contenues dans le dossier de candidature du projet en vue de la labellisation. Ces informations devaient permettre de renseigner tous les indicateurs et de faire fonctionner l'outil, en simulant son utilisation dans le cadre de la procédure de labellisation du pôle. S'agissant de projets labellisés de 2005 à 2007, les porteurs de projet devaient donc retrouver les informations et les dossiers communiqués à l'époque. Ces consignes ont été transmises par le pôle IAR à un certain nombre de porteurs de projets labellisés, leur demandant de soutenir nos travaux et de confirmer ou non leur accord pour participer à l'exercice. La signature d'un accord de confidentialité était prévue afin de garantir des bonnes conditions à la réalisation de ces tests.

Au final, deux cas d'étude ont pu être menés à bien dans les temps imposés par la fin des travaux de thèse. Les deux projets testés avaient été labellisés par le pôle IAR entre 2005 et 2007. Le premier relève du secteur de la chimie verte : il porte sur l'étude et la synthèse de nouvelles molécules, à partir de plusieurs agro-ressources et de plusieurs types de procédés, valorisables en substitution des solvants d'origine pétrochimique utilisés dans la formulation de produits phytosanitaires et dans le dégraissage. Le second relève du secteur des ingrédients alimentaires : il vise à étudier et produire à l'échelle pré-industrielle des fibres d'origine végétale, issues du fractionnement de sous-produits de meunerie, d'amidonnerie et de glucoserie, et destinées à être incorporées dans des recettes pour l'alimentation humaine.

Les tests ont été réalisés en trois temps : une demi-journée de travail avec le porteur de projet pour faire fonctionner l'outil sur la base des informations à disposition, l'analyse des résultats obtenus concernant le projet, et enfin la synthèse et l'analyse des enseignements tirés permettant de faire évoluer l'outil. L'analyse du projet s'est à chaque fois déroulée en quatre étapes :

1. Présentation de l'outil, de son champ d'application, de son fonctionnement et, de façon plus rapide, de sa conception. Cette présentation s'est appuyée sur le visionnage de quelques transparents, présentés en annexe (cf. Annexe 19) ;
2. Présentation du projet, de sa raison d'être, de son contexte et de son déroulement par le porteur de projet ;
3. Application de l'outil d'analyse : renseignement de tous les indicateurs ;
4. Discussion, autour des résultats, de l'outil ainsi que de la pertinence et de l'intérêt de la démarche pour le pôle IAR et pour le porteur de projet.

Comme prévu initialement, le tout a pu se dérouler en une demi-journée, soit environ quatre heures. Les deux exercices se sont déroulés le 9 juillet 2008 à Verneuil-en-Halatte (60) et le 11 juillet 2008 à Dury (80).

5.1.2.b Quels enseignements tirer de ces cas d'étude ? Des perspectives d'évolution pour l'outil IDDAgro

La mise en œuvre de la démarche d'analyse et d'évaluation, ainsi que les discussions qui suivirent, ont permis de dégager de nombreuses pistes de réflexion pour améliorer l'outil IDDAgro. Leur synthèse est présentée ci-après.

SUR L'ADEQUATION DE L'OUTIL ET L'INTERET DE LA DEMARCHE POUR LE PORTEUR DE PROJET ET POUR LE POLE IAR

Les deux porteurs de projet s'étaient déjà intéressés à certains aspects de la durabilité de leur projet, comme l'impact climatique et énergétique ou encore l'impact sanitaire et environnemental. Leur sensibilité personnelle aux enjeux du développement durable a permis des échanges de réflexions sur la pertinence de la démarche et les résultats calculés par l'outil.

L'exercice en lui-même s'est globalement montré très satisfaisant : l'intérêt principal de l'outil et de la démarche, exprimé par les porteurs de projet, est de leur donner l'occasion d'envisager leur projet sous un angle nouveau, et de se poser un certain nombre de questions qu'ils n'avaient encore jamais envisagées. Ces questions portaient notamment sur l'existence et la valorisation des co-produits, ou encore sur les déchets générés par la production, l'utilisation et la fin de vie des produits. L'idée est apparue que si certaines de ces questions avaient été soulevées par le pôle IAR lors des échanges précédant la labellisation de leur projet, elles auraient pu déboucher sur l'ajout de volets d'étude et de recherches complémentaires afin d'y répondre.

SUR L'ERGONOMIE DE L'OUTIL

En dépit d'un certain nombre d'aménagements apportés en vue de ces cas d'étude, la manipulation du tableur Excel est encore assez lourde, ce qui reste un obstacle à la compréhension rapide de la démarche par le porteur de projet. Un meilleur niveau d'automatisation peut être atteint, par exemple pour renseigner certains indicateurs en fonction d'informations sur les caractéristiques du projet obtenues au début de l'analyse. De manière générale, même si certains aménagements peuvent être apportés dans l'immédiat, l'outil doit évoluer vers une forme beaucoup plus interactive, idéalement sous une version

logicielle. Aujourd'hui, une utilisation « en solo » de cette version de l'outil par un porteur de projet, reste difficilement envisageable.

SUR L'ADAPTATION DE L'OUTIL AUX DIFFERENTS TYPES DE PROJETS

L'outil est très bien adapté aux projets de type « industriel » ou « pré-industriel » : application et développement d'un procédé en phase industrielle, voire mise au point d'un procédé, réalisation d'un pilote, etc. Dans la version testée, il peut être mal adapté à certains projets de type « R&D », qui présenteront souvent un contour beaucoup plus flou en termes de débouchés. Un des deux projets testés porte par exemple sur plusieurs ressources agricoles, plusieurs types de procédés mais également plusieurs familles de molécules visées. D'autres projets labellisés par le pôle IAR se positionnent encore plus en amont par rapport à une ultime phase de commercialisation, et visent la formalisation de nouveaux projets de recherche. Dans ce genre de cas il est très difficile d'identifier les contours d'un cycle de vie, mais l'outil doit pouvoir s'y adapter, afin que le pôle IAR soit en mesure d'avoir un retour sur la durabilité de tous les types de projets qui lui sont soumis, même si leur impact réel reste peu concret ou hypothétique. L'outil peut être adapté pour répondre à ce problème, via l'intégration de modules correspondant aux grands types de projets labellisables par le pôle :

- Les projets industriels ou pré-industriels ;
- Les projets de recherche et développement portant sur le développement de procédés pour exploiter une agro-ressource ou pour obtenir un débouché bien caractérisé ;
- Ou encore les projets de recherche portant sur l'amont du cycle de vie : la phase agricole.

Les catégories de projets labellisables par le pôle IAR ont évolué depuis sa création en 2005, et pourront être amenées à encore évoluer. Il est important que pour chacune soit développé un module adapté à ses caractéristiques, notamment en termes de cycle de vie et d'informations disponibles. Certains volets doivent pouvoir être automatiquement adaptés ou désactivés selon la nature du projet, afin que l'utilisation de l'outil IDDAgro reste la plus simple possible et que le calcul d'un résultat pertinent puisse être obtenu dans tous les cas.

SUR LA REALISATION DE L'ANALYSE : LES DIFFICULTES LIEES AU PERIMETRE DE L'ETUDE ET CELLES RENCONTREES POUR RENSEIGNER LES INDICATEURS

La principale difficulté rencontrée pendant la réalisation de l'analyse a porté sur les imprécisions concernant la définition de son périmètre. Lorsqu'il ne s'agit pas d'un projet à vocation directement industrielle, l'analyse doit-elle porter sur le projet en lui-même ou sur ses débouchés potentiels ? Le porteur de projet peut considérer qu'il n'est pas directement responsable des débouchés potentiels de son projet s'il n'a pris aucun engagement les concernant ; le projet en lui-même n'a cependant qu'une courte durée de vie, et a bien pour vocation essentielle de contribuer à l'obtention de ces débouchés. Il semble donc pertinent, dans la plupart des cas et lorsqu'il ne s'agit pas d'un projet industriel, de faire porter l'analyse et donc les indicateurs sur les débouchés potentiels du projet. Ce point doit absolument être précisé dès le début de l'exercice. Il semble là aussi possible de le traiter automatiquement pour chaque type de projet étudié, en fonction de son degré de maturation : le périmètre de l'étude serait d'emblée déterminé par la nature, la vocation et les ambitions du projet. Mais ce point pourrait aussi être confié au porteur de projet ou encore être assumé par le pôle IAR.

En ce qui concerne les réponses apportées aux indicateurs, les plus difficiles à déterminer ont concerné les émissions, rejets et déchets des procédés, ainsi que l'impact énergétique et climatique des procédés. Ces indicateurs reposent actuellement sur des références aux BREF, aux MTD et au registre iREP, donc à la directive IPPC. Il apparaît que ces références restent encore peu connues des porteurs de projet, surtout au sein de PME-PMI. Si la pertinence et la fiabilité de ces sources ne sont pas remises en cause, aide et accompagnement sont nécessaires pour les utiliser de manière plus approfondie et en tirer des informations utiles à l'analyse.

SUR LA PRISE EN COMPTE DES SUBSTITUTIONS : UNE ANALYSE « DANS L'ABSOLU » OU « RELATIVE » ?

La vocation première de nombreux projets est la substitution de produits ou de substances issus de la pétrochimie par d'autres issus d'agro-ressources. Dans sa version actuelle, l'analyse réalisée par l'outil ne prend en compte les substitutions réalisées par le projet que pour deux étapes de son cycle de vie :

- L'utilisation des produits : lorsque le produit obtenu grâce au projet est censé être utilisé à la place d'un produit déjà sur le marché, généralement d'origine pétrochimique ;
- La valorisation des co-produits : lorsque le projet génère des co-produits qui seront valorisés dans des filières où ils remplaceront des matières premières ou des produits généralement d'origine pétrochimique.

Outre le fait que ce choix – ne considérer que deux étapes du cycle de vie – manque de cohérence, il peut sembler désavantageux aux porteurs de projets, du fait qu'il ne permet pas de mettre en évidence certains des impacts évités par le projet. Pour prendre un exemple, dans le cas d'un projet visant à produire des molécules ou des matériaux censés en remplacer d'autres d'origine pétrochimique, les procédés de fabrication peuvent être beaucoup plus sobres en énergie que ceux utilisés pour obtenir les produits qu'ils sont censés remplacer. Ces consommations ne sont pas nulles en elles-mêmes pour autant, et nécessiteront souvent de recourir à des sources d'énergies fossiles. Dans ce type de cas, évaluer « dans l'absolu » la consommation énergétique associée aux procédés de production débouchera par exemple sur un impact « MD ». Analyser le projet dans une logique de substitution peut cependant amener à considérer les anciens procédés, donc à réaliser une évaluation de type « relative » pour laquelle l'impact sera alors noté « MF » voire « F », puisque les nouveaux procédés sont plus sobres en énergie que les anciens. La différence de perspective prise pour analyser un projet peut donc avoir un impact important sur le résultat de l'évaluation, en l'occurrence ici sur la performance du projet au regard des enjeux énergétique et climatique.

Ce constat renvoie aux choix effectués lors de la conception de l'outil, concernant les évaluations relatives ou absolues. La première leçon à en tirer est que l'analyse doit avant tout être cohérente tout au long de la démarche : le choix de réaliser une évaluation « relative » pour certains indicateurs, et une évaluation « absolue » pour d'autres semble finalement peu défendable. Mais dans ce cas laquelle choisir ?

Pour une société ou un organisme, devenir « durable » ou « faire du développement durable » signifie effectuer un certain nombre de mutations et de transitions vers des voies de développement bien précises : celles qui permettront de satisfaire les besoins humains, tout en maîtrisant le changement global et l'accroissement des inégalités dans la répartition des richesses. Pour s'orienter vers ces voies de développement vertueuses, la société ou l'organisme va devoir sélectionner des itinéraires et leur allouer des ressources : des moyens financiers et humains mais aussi des ressources naturelles. Deux contraintes majeures se

présentent à ce stade : la disponibilité de ces ressources et le temps. Les ressources financières, humaines et naturelles mobilisables sont en effet inévitablement limitées, voire rares dans certains cas. Le temps est lui aussi limité : pour éviter d'atteindre des seuils d'irréversibilité ou des degrés de dégradation trop avancés de certains écosystèmes par exemple, certains modes de production ou de consommation doivent évoluer avant une échéance parfois très proche. On ne peut aujourd'hui ignorer le fait que, parmi les défis à relever, certains sont assortis d'un fort degré d'urgence. En plus d'être légitimes, dans un souci de bonne gouvernance, les prises de décisions et l'allocation des ressources disponibles pour s'orienter vers les transitions nécessaires doivent donc être efficaces. La labellisation par le pôle IAR et le financement, en tant que conséquence, des projets de valorisations agro-industrielles, participent de cette prise de décisions et de cette allocation des ressources par la société : ces deux processus sont soumis à cette exigence d'efficacité face aux enjeux du développement durable et à leur degré d'urgence.

C'est bien face à ce constat que la démarche d'analyse et d'évaluation « relative » des projets n'est pas totalement satisfaisante : s'il est essentiel de faire mieux qu'avant, encore faut-il que l'amélioration soit suffisante au regard des objectifs à atteindre. L'évaluation relative reste cependant nécessaire pour quantifier un écart par rapport à une situation antérieure. L'évaluation « dans l'absolu » des activités, autrement dit uniquement au regard des problèmes à résoudre, n'est pour sa part pas totalement satisfaisante non plus : elle néglige en effet toute analyse du présent et donc du « point de départ », se plaçant ainsi d'emblée dans une position idéaliste peu encourageante pour les acteurs et notamment les industriels. Au final, prises individuellement, ni l'une ni l'autre ne sont totalement satisfaisantes : elles semblent nécessairement complémentaires.

Pour répondre à ce constat, il semble possible de faire évoluer les indicateurs vers un mode d'évaluation en deux étapes, comme le font déjà certains indicateurs[348] :

- Une estimation de l'impact propre au projet, puis de l'impact propre à la situation antérieure dans un premier temps ;
- Pour aboutir dans un second temps à l'évaluation de l'impact net du projet en croisant ces deux performances.

[348] Par exemple les indicateurs relatifs aux impacts de l'utilisation ou de la consommation des produits issus du projet.

Il est ensuite important que la présentation des résultats permette d'envisager le projet sous ces deux angles différents : la performance « dans l'absolu » du projet face aux enjeux du développement durable, et sa performance au regard de la situation initiale, à laquelle il a vocation à se substituer. Il est évident à ce stade que dans le cas d'un projet ne visant pas, par ses débouchés, à remplacer des produits déjà sur le marché, donc ne cherchant pas à réaliser une substitution, l'évaluation « relative » de ses impacts par rapport à une situation antérieure n'a pas de sens[349].

SUR LA PERTINENCE DES INDICATEURS RELATIFS A L'ENERGIE ET AU CLIMAT ET LE CARACTERE QUALITATIF VS. QUANTITATIF DE L'ANALYSE

L'évaluation qualitative des impacts du projet sur les enjeux énergétique et climatique, en dehors d'être compliquée à mettre en œuvre, a semblé au final trop légère pour un cas d'étude en particulier ; et ce notamment pour l'étape correspondant aux procédés de production. Le porteur de projet a estimé qu'il était incontournable de s'appuyer sur des estimations quantitatives des consommations énergétiques (en tep) et des émissions de GES associées au projet analysé, dans le but de démontrer son intérêt face à ces enjeux cruciaux. Lui-même avait déjà dû répondre à des appels d'offre AGRICE exigeant de tels calculs. L'exercice est cependant à son avis difficile, surtout dans la mesure où très peu de caractéristiques du projet sont chiffrables et connues avec précision au moment du dépôt pour labellisation. Il estime que le pôle IAR devrait pour cela fournir un appui aux porteurs de projet, afin d'obtenir des résultats signifiants et pertinents. Cette aide pourrait concerner la méthodologie à suivre ainsi que la mise à disposition de données de références utiles et homogènes, afin de permettre l'analyse de tous les projets sur une base comparable.

Ces propositions rejoignent parfaitement l'esprit dans lequel l'outil a été développé, mais aussi la démarche actuellement suivie par le pôle IAR. L'outil a en effet été conçu dans un contexte de très faible implication du pôle. Cela a contribué à l'orientation de la démarche vers les options les plus simples et les moins demandeuses de temps possible, pour le pôle comme pour le porteur de projet. L'approche se voulait avant tout pragmatique, et l'enjeu était tout autant de convaincre que de fournir une réponse pertinente aux besoins identifiés du pôle.

[349] Ce qui sera rarement le cas : on répond en général toujours à un besoin déjà identifié par le marché, même si on le fait sous des modalités différentes.

C'est dans ce contexte notamment que la possibilité d'intégrer dans la démarche la méthodologie du Bilan Carbone, pour traiter des impacts énergétiques et climatiques des projets, a été envisagée puis abandonnée. Cette option est aujourd'hui à reconsidérer. Enfin la position du pôle IAR elle-même a beaucoup évolué : la prise de conscience a bel et bien eu lieu sur la nécessité d'intégrer et de démontrer l'intérêt des activités du pôle, et donc des projets soutenus, au regard des enjeux du développement durable. Le pôle est aujourd'hui dans une phase d'identification de ses besoins et surtout de recherche de solutions, donc notamment d'outils, pour y répondre. Le souhait de disposer systématiquement d'analyses du cycle de vie des projets considérés est aujourd'hui formulé avec récurrence. La méthodologie ACV, telle que définie par la norme ISO 14040, présente cependant des limites dans ce cas précis, notamment du fait du peu de données chiffrées disponibles pour caractériser les projets candidats à la labellisation IAR. L'outil développé ici présente une base intéressante pour une telle analyse des projets, et son renforcement semble souhaitable.

SUR L'AGREGATION PARTIELLE DES INDICATEURS

L'agrégation partielle permet de calculer l'impact global du projet sur chacun des sept enjeux du développement durable identifiés. Ce calcul se fait pour l'instant par le biais d'une moyenne simple[350]. Tous les indicateurs renseignés sont pris en compte dans le calcul des indices, selon les impacts potentiels auxquels ils correspondent[351]. Les indicateurs désactivés ainsi que ceux pour lesquels le porteur de projet a répondu « NS » ne sont pas pris en compte dans ce calcul. A l'issue des cas d'étude, deux réflexions sont apparues sur cette étape de calcul des résultats.

L'inventaire des impacts potentiels et des enjeux du développement durable sur lesquels ces impacts ont une influence doit être revu : quelques imprécisions sont apparues qui pouvaient être rapidement corrigées, mais il est nécessaire d'aller plus loin. Cet inventaire détermine en effet quels indicateurs vont être intégrés dans le calcul de chaque indice, donc quels aspects du projet vont influencer sa performance au regard de chaque enjeu du développement durable. Certains indicateurs analysent par exemple simultanément l'impact environnemental et sanitaire d'une activité, du fait d'un manque de données de référence permettant de les

[350] Il a été mentionné que cette moyenne simple pouvait évoluer vers une moyenne pondérée si une procédure garantissant une manière légitime de le faire était mise en place par le pôle IAR (cf. 3.2.2.a).
[351] Pour chaque impact potentiel du projet correspondant à une des neuf catégories d'impacts et influant sur un ou plusieurs des sept enjeux du développement durable (cf. Figure n°19, Tableau n°9, Figure n°20), un indicateur a été sélectionné (parfois deux, voire trois).

distinguer. Ces indicateurs sont donc aujourd'hui intégrés dans le calcul des indices des enjeux « environnementaux » (écosystème, eau, biodiversité) ainsi que dans celui de l'indice « santé et dignité humaine ». Cependant si un projet ne génère qu'un seul de ces deux impacts (environnemental ou sanitaire), le calcul des indices tel que prévu actuellement devient faux. Il est donc nécessaire de pouvoir intervenir sur la liste des indicateurs pris en compte pour le calcul de chaque indice, au cours de l'analyse et en fonction des caractéristiques du projet. Ce point peut être traité aisément si IDDAgro est développé sous une forme logicielle.

Le second point concerne les indicateurs non pris en compte dans le calcul des indices. Dans la version actuelle d'IDDAgro, le porteur de projet peut indifféremment décider de « désactiver » un indicateur s'il estime qu'il ne concerne pas son projet, ou répondre « NS » s'il ne connaît pas ou ne peut déterminer la réponse. Les conséquences sur les résultats sont les mêmes : les indicateurs concernés sont laissés de côté. Ce fonctionnement autorise une certaine complaisance dans l'analyse : si un porteur de projet est peu volontaire pour rechercher des informations pour répondre aux indicateurs et a plutôt tendance à sélectionner souvent « NS », le résultat final risque d'être plus favorable au projet qu'il ne l'aurait été si les indicateurs avaient été honnêtement renseignés. Si le porteur de projet utilise IDDAgro seul, aucune garantie sérieuse ne peut être apportée sur ce point. C'est alors au pôle IAR d'y porter une attention particulière ; il peut être aidé en cela si les résultats de l'analyse présentés par IDDAgro mettent en évidence la liste des indicateurs non renseignés via les réponses NS, ainsi que celle des indicateurs désactivés car ne concernant pas le projet. Le pôle sera alors en mesure de solliciter de nouveau le porteur de projet, s'il juge que l'analyse manque de profondeur ou d'honnêteté dans les réponses apportées.

SUR LA PRESENTATION DES RESULTATS

Dans sa version actuelle, IDDAgro ne fournit qu'une seule représentation graphique des résultats : un diagramme en étoile, présentant sur sept axes le score de chacun des sept indices révélateurs de la performance du projet au regard des enjeux du développement durable. Il s'avère cependant que pour exploiter au mieux les résultats de l'analyse, il serait intéressant de disposer des représentations suivantes, pouvant prendre la même forme que celle développée à l'origine, celle d'un diagramme en étoile :

- En lieu et place du graphique actuel, deux représentations : celle pour la performance « dans l'absolu » du projet au regard des enjeux du développement durable, ainsi que celle

pour sa performance « relative », par rapport à la situation antérieure identifiée (ce que le projet a vocation à remplacer) ; comme présenté ci-dessus ;

- A nouveau ces deux résultats, mais en ne prenant en compte que les indicateurs correspondant aux impacts sur lesquels le porteur de projet peut réellement agir. Certains impacts, pour des étapes du cycle de vie du projet comme la distribution, peuvent en effet être liés à des filières dont le projet est complètement dépendant mais qu'il ne peut que difficilement éviter, contourner ou modifier. Le système de distribution et de commercialisation des produits agro-alimentaires destinés au grand public en France en est un bon exemple[352]. Cette représentation permettrait de visualiser plus précisément l'impact des options prises par le porteur de projet, sur lesquelles il peut agir relativement facilement. Elle ne doit cependant pas se substituer aux deux représentations précédentes, et n'offre qu'une vision partielle de la performance du projet ;
- Enfin un troisième type de représentation graphique utile correspondrait aux résultats de simulations pour la mise en œuvre d'actions correctives. Il serait en effet intéressant de développer pour IDDAgro un module spécifique permettant de simuler les évolutions du projet, notamment suite à des actions correctives, et d'en visualiser l'impact sur la performance globale du projet en terme de développement durable.

Enfin il serait intéressant d'envisager une visualisation complémentaire à celles-ci, appuyée sur les schémas mettant en évidence, pour toutes les étapes du cycle de vie du projet, les liens entre impacts potentiels et enjeux du développement durable (cf. Figure n°19, Figure n°20). Elle permettrait ainsi de visualiser les impacts positifs, négatifs ou neutres du projet sur les sept enjeux du développement durable, et ce pour chaque étape du cycle de vie.

[352] Même s'il existe toujours des alternatives. Dans le cas de l'agroalimentaire justement, certaines alternatives influent sur la distribution et la commercialisation (par exemple les AMAP (Associations pour le Maintien de l'Agriculture Paysanne) ou certains producteurs bio qui desservent un marché exclusivement local).

5.2 VERS DES VALORISATIONS AGRO-INDUSTRIELLES DURABLES : UNE ANALYSE ET DES PROPOSITIONS POUR LE POLE IAR

Cette seconde partie de chapitre va nous permettre de revenir sur les points bloquants rencontrés dans la réalisation de ces travaux, puis de les analyser pour en retirer une série de recommandations à destination du pôle IAR.

5.2.1 Quelques leçons du développement d'IDDAgro et des cas d'étude

5.2.1.a Au cœur du problème : l'accès aux informations pour l'analyse de la durabilité

La lecture des pages précédentes traitant de la conception et du développement d'IDDAgro, ainsi que des études de cas, met en évidence un thème largement dominant parmi les difficultés rencontrées au fur et à mesure de l'avancement de ces travaux de thèse : celui de l'accès aux informations nécessaires à l'analyse de la durabilité. Les problèmes de disponibilité, de qualité et de fiabilité des données se sont en effet présentés tant au niveau de la conception, du développement et du test – sur des projets labellisés par le pôle IAR – de l'outil IDDAgro, que pour le projet d'étude du site agro-industriel de Bazancourt-Pomacle.

Bien des caractéristiques sont recherchées pour construire de bons outils d'évaluation, en particulier les indicateurs : pertinence, précision, adaptation à l'échelle et au public visé, mesurabilité et comparabilité, simplicité d'utilisation… Ces exigences conditionnent la base informationnelle qui sera définie ; mais avant tout, l'existence même de l'indicateur dépend du caractère à la fois disponible et fiable des données sur lesquelles il repose. Quels sont les obstacles à la disponibilité et à la fiabilité des données ? Dans bien des cas, leur inexistence ou leur caractère trop aléatoire, lorsque l'état des connaissances ou des dispositifs de mesure ne permet pas un recueil correct. Mais les mesures de confidentialité – justifiées ou non – dont les informations peuvent faire l'objet sont un autre obstacle de taille. La disponibilité et

surtout la fiabilité des données sont également très liées aux situations d'asymétrie d'information. Lorsque l'information est nécessaire, en particulier pour qu'un régulateur oriente les choix économiques et stratégiques dans une direction collectivement plus favorable qu'une autre, et que celle-ci est détenue par des acteurs qui considèrent au contraire que ces informations représentent pour eux un intérêt stratégique, se pose un problème classique tel que décrit par la théorie du principal agent, modélisée en sciences économiques (cf. 3.2.1.c).

PRISE EN COMPTE ET IMPACT DE LA CONTRAINTE LIEE AUX INFORMATIONS DANS LES TRAVAUX REALISES

IDDAgro et les indicateurs sélectionnés ont été conçus et paramétrés en tenant compte dès le départ de ces contraintes (cf. 3.2.1) : les indicateurs devaient reposer sur peu d'informations fournies par les porteurs de projet (des informations limitées au contenu du dossier déposé auprès du pôle IAR pour labellisation), ces informations étant principalement qualitatives. Les tests d'IDDAgro réalisés sur des projets labellisés ont montré que si ces critères n'ont pas empêché de construire un outil opérationnel et efficace, ils ont tout de même représenté un obstacle pour l'obtention de résultats précis et signifiants (cf. 5.1.2). En outre, ces tests n'ont pu se réaliser qu'avec la caution du pôle IAR et après signature d'un accord de confidentialité protégeant les données relatives au projet. Comme nous l'avons vu, cette contrainte de confidentialité a également impacté lourdement le projet d'étude préparé pour le site de Bazancourt-Pomacle, au point de constituer un obstacle indépassable à sa réalisation.

Le problème de la fiabilité des données est plus épineux. IDDAgro est un système d'évaluation conçu pour fonctionner de manière transparente : les informations transmises et les estimations réalisées par le porteur de projet doivent être clairement identifiables dans le résultat de l'évaluation, afin que le pôle IAR puisse demander d'éventuels éclaircissements à leur sujet. Le pôle dispose cependant de peu de moyens pour vérifier l'exactitude des informations transmises. Le caractère qualitatif et relativement peu précis des informations demandées, en relativisant leur caractère stratégique, limite ce risque ; nous sommes toutefois loin d'un système garantissant la fiabilité des données de manière totalement satisfaisante.

DES CONSEQUENCES PLUS LARGES : VERS UNE DEMARCHE « EX-POST » ?

L'échec du projet d'étude à Bazancourt-Pomacle laisse présager de grandes difficultés dans la mise en œuvre ultérieure d'une démarche complémentaire d'évaluation « ex-post » des projets labellisés par le pôle (cf. 3.1.1.c), alors même que cette voie avait été identifiée, par le pôle IAR et au début de cette thèse, comme importante.

Une telle démarche, qui nécessiterait davantage de données quantitatives, serait en effet plus sensible encore à ces problèmes de disponibilité et de fiabilité des données que la démarche « ex-ante ». Par ailleurs les projets susceptibles d'être concernés présenteront un caractère innovant et un degré de confidentialité élevé, la plupart s'inscrivant dans un contexte concurrentiel sensible. Dans ces conditions, il est à prévoir que la communication de données présentera fréquemment un caractère fortement stratégique, dans la mesure où le contexte sera sans doute souvent assez similaire à celui de Cristanol – et ce quel que soit le secteur concerné.

Les problèmes relatifs aux données sont bien évidemment des problèmes de fond, caractéristiques des démarches et des outils d'analyse et d'évaluation ; ils dépendent cependant fortement des conditions dans lesquelles ces démarches et ces outils sont mis en œuvre. Ces conditions sont en l'occurrence celles créées, autorisées ou rendues possibles par le pôle IAR. Une part de responsabilité dans l'existence même de ces obstacles revient donc à ce dernier.

5.2.1.b Le pôle IAR : quels moyens d'action ?

Face à ces enjeux liés à l'analyse de la durabilité de ses activités, le pôle IAR dispose-t-il de réels moyens d'action, tirés de ses caractéristiques ou de la volonté et de l'action de ses dirigeants pour avancer, avec les porteurs de projets, dans le sens du développement durable ?

Le pôle de compétitivité IAR intervient auprès de ses membres et des acteurs économiques régionaux en tant que conseil dans le montage des projets, au niveau des aspects administratifs et financiers et de l'orientation vers les bons organes de financement. Il joue aussi un rôle important dans la mise en relation d'acteurs partageant des intérêts communs en vue de favoriser l'émergence de projets innovants dans le domaine des agro-ressources. Un des principaux objectifs qu'il se donne pour garantir la crédibilité de son action est d'obtenir

le financement de tous les projets qu'il labellise – éventuellement à l'issue de plusieurs appels d'offres. Une fois les projets financés cependant, il ne suit leur évolution que de façon très extérieure.

Depuis sa création en 2005, la compréhension des enjeux du développement durable et de la nécessité d'apporter une réponse à ces défis a réellement progressé au sein du pôle IAR. Il exprime aujourd'hui clairement sa volonté de disposer d'Analyses de Cycle de Vie (ACV) pour les projets candidats à la labellisation (cf. 5.1.2), mais aussi d'apporter une contribution au débat méthodologique sur les ACV. La prise de conscience de la nécessité de disposer d'analyses sérieuses sur la performance des projets au regard du développement durable a donc clairement progressé[353].

L'échec du projet d'étude à Bazancourt est cependant en lui-même révélateur de limites intrinsèques au pôle de compétitivité, à sa structure et aux contours de son action, tels qu'ils ont été définis. Ce résultat illustre en effet l'incapacité du pôle à obtenir des industriels partenaires les conditions nécessaires[354] à la réalisation d'un projet de recherche portant sur la durabilité de valorisations agro-industrielles. Cette incapacité tend à réduire le rôle du pôle IAR à celui d'un guichet, dont l'aide est utile pour obtenir des financements mais auquel on ne devrait rien en retour. Par ailleurs l'observation de l'évolution et du fonctionnement du pôle IAR tout au long de ces trois années de recherche nous amène à considérer qu'il lui est difficile d'adopter une position réellement indépendante des intérêts industriels de ses partenaires[355]. Sa crédibilité et sa légitimité sur nombre de questions en sont dès lors sensiblement affectées. Enfin il faut noter que si la prise de conscience et la volonté de mieux prendre en compte les enjeux du développement durable a progressé au sein du pôle au cours de ces trois dernières années, elle semble peu homogène et en particulier faiblement atteindre les plus hauts niveaux décisionnels du pôle. C'est ainsi que le groupe de travail sur les enjeux de l'évaluation des choix technologiques en matière de développement durable[356], actif dès

[353] Même si cela est également révélateur d'une certaine tendance à considérer l'ACV comme l'outil par excellence en matière d'analyse de la durabilité – tendance répandue dans les milieux industriels et notamment due à la relative simplicité et souplesse d'exploitation qu'offrent ses résultats. L'ACV présente cependant des limites (cf. 2.2.1.b), dont celle de devoir reposer sur une base de données quantitatives relativement pointue.

[354] En particulier un positionnement transparent.

[355] Le pôle a créé des commissions thématiques portant sur certaines de ses activités. Celle dédiée aux biocarburants est ainsi présidée depuis début 2008 par Bernard Chaud, directeur de projets chargé du développement des biocarburants et des secteurs connexes (industrie, commerce et recherche) depuis le printemps 2007 au sein du groupe sucrier Tereos. Cette entreprise est un acteur industriel majeur de la production d'éthanol en France et au Brésil.

[356] Transformé courant 2007 en Commission d'Orientation Stratégique « Agro-Ressources et Développement Durable ».

les premiers jours du pôle et rassemblant à l'origine un nombre important de participants, est aujourd'hui – faute de relais et de réelle prise en compte de son travail – particulièrement démobilisé.

Toutes ces observations interrogent notamment quant à la capacité du pôle d'exiger un jour des porteurs de projets des évolutions allant dans le sens des recommandations qu'il pourrait émettre, en particulier celles allant vers une amélioration du bilan écologique ou social des projets. Dans une telle négociation, le pôle IAR ne dispose en effet que de peu de moyens, se limitant en réalité à sa décision de labelliser ou non un projet candidat – sachant qu'un refus de sa part n'est pas rédhibitoire pour l'obtention de financements. C'est pire encore pour un éventuel suivi de l'évolution post-financement des projets, inexistant aujourd'hui mais que le pôle IAR pourrait un jour vouloir réaliser : si les partenaires et porteurs des projets n'ont rien à obtenir de lui, le suivi de ses recommandations reposera uniquement sur leur bonne volonté – motivation notoirement insuffisante dans le monde des affaires.

Le pôle IAR doit aujourd'hui davantage prendre conscience du rôle qu'il a à jouer dans l'accompagnement des porteurs de projets vers des itinéraires durables, notamment au regard des enjeux de développement territorial. Il doit également inventer et se donner les moyens de cet accompagnement et de faire respecter ses recommandations.

5.2.2 Pistes pour des conditions favorables à la durabilité des activités agro-industrielles au sein du territoire

5.2.2.a Vers plus d'efficacité : faire émerger une vision et de nouveaux équilibres entre les filières agricoles et industrielles

UNE STRATEGIE DE DEVELOPPEMENT DURABLE POUR LE POLE IAR

Nous avons insisté depuis le début de ces travaux sur la nécessité pour le pôle IAR de définir sa position en matière de développement durable, en rédigeant sa propre stratégie de développement durable. Proposer sa vision et les objectifs qu'il se donne pour répondre aux défis identifiés, au niveau local comme au niveau global, permettrait au pôle de s'appuyer sur une position forte et stable pour garantir la durabilité des activités qu'il contribue à développer. Fédérateur d'acteurs majeurs au sein des régions Picardie et Champagne-

Ardenne, le pôle porte en effet une grande responsabilité vis-à-vis de la durabilité du développement territorial.

Il est primordial que ce travail aille bien au-delà d'une simple stratégie de communication, mais qu'il permette aussi de s'assurer que la communication du pôle IAR soit responsable et repose sur des éléments solides et approfondis en matière de développement durable[357].

Plusieurs tentatives ont déjà vu le jour concernant la définition d'une telle stratégie de développement durable : une ébauche de projet avec TNS France en 2007 (cf. 3.1.1.c) et le travail de quelques membres de la commission d'orientation stratégique « Agro-ressources et développement durable » au printemps 2008, qui n'a à ce jour pas débouché sur une prise de position de la part du pôle IAR lui-même.

Le pôle retirerait de nombreux intérêts à mettre en place une telle démarche. Elle constituerait en effet une base solide pour :

- Compléter la démarche d'évaluation des projets candidats à la labellisation, développée dans ces travaux de thèse : intégrer comme référentiel une telle vision du développement durable et les objectifs que le pôle définirait permettrait d'améliorer considérablement la cohérence et l'efficacité de l'outil IDDAgro ;
- Obtenir des porteurs de projets de suivre les recommandations que le pôle pourrait émettre au moment de la labellisation, mais aussi lors d'un éventuel suivi de l'évolution des projets : communiquer dès le départ, de façon concrète et stable dans le temps sur sa position et ses exigences en matière de développement durable faciliterait sans doute la position du pôle auprès des acteurs agro-industriels ;
- Orienter de nouveaux développements en matière d'activités agro-industrielles innovantes : une prise de conscience et des objectifs partagés par l'ensemble des membres et des partenaires du pôle serait une excellente base de travail pour définir de futurs projets toujours plus performants en matière de développement durable ;
- Renforcer l'ancrage territorial du pôle, notamment auprès des acteurs institutionnels, en intégrant dans cette stratégie des perspectives de développement territorial ;

[357] Un slogan tel que « Exploiter l'or vert », émis un temps par le pôle IAR en 2006, était en la matière particulièrement malheureux.

- Renforcer la clarté et la légitimité de la position du pôle dans les débats de société auxquels il est de toutes façons confronté, les valorisations agro-industrielles soulevant de récurrents problèmes d'acceptabilité sociale ;
- Communiquer plus efficacement ;
- De façon plus générale, contribuer à l'évolution de la société dans son ensemble vers des modes de développement plus durables – un élément toujours valorisable en terme d'image.

OPTIMISER LA DISPONIBILITE, LA QUALITE ET LA FIABILITE DES INFORMATIONS LIEES AUX CARACTERISTIQUES DU PROJET

Parmi les problèmes liés à la base informationnelle du système d'analyse de la durabilité, un grand nombre concernait les caractéristiques de la production agricole des agro-ressources requises pour le projet[358]. Améliorer la réponse aux problèmes de disponibilité, de qualité et de fiabilité des données que nous avons soulevés ci-dessus (cf. 5.2.1.a) nous semble possible si le pôle IAR s'implique au niveau de l'équilibre entre les filières agricoles et industrielles, en cherchant à renforcer les liens entre ces acteurs.

Les aspects liés aux conditions de production des agro-ressources sont jusqu'à présent très peu pris en compte dans la définition des projets, alors que comme nous l'avons vu les impacts agricoles sont fondamentaux dans le bilan d'une filière agro-industrielle. Le pôle IAR peut-il chercher à remédier à cette situation en s'impliquant entre les porteurs de projets, issus des filières industrielles, et les agriculteurs ? Quelles négociations sont réellement possibles entre ces deux acteurs ?

La question du lien entre filières agricoles et filières industrielles est une question difficile. Les produits agricoles, matières premières pour les projets de valorisations agro-industrielles, ne peuvent être traités par l'industrie comme des ressources traditionnelles. Les aléas climatiques et les fluctuations toujours plus fortes des prix des produits agricoles imposent aux agriculteurs de rechercher des garanties pour la vente de leur production. La question de la qualité et des spécifications des récoltes est également à prendre en compte : si les industriels recherchent traditionnellement des fournisseurs leur proposant des matières

[358] *« Les porteurs de projet ne connaissent pas avec suffisamment de précision les itinéraires techniques mis en œuvre par les agriculteurs qui leur fournissent les agro-ressources, ni les caractéristiques des sites de culture »* (cf. 4.1.1).

premières aux caractéristiques constantes, les agriculteurs eux travaillent sur du vivant, et doivent composer entre ces exigences d'un côté et celles de la société de l'autre, leur demandant de restreindre l'usage des moyens que l'agriculture intensive et la pétrochimie avaient mis à leur disposition.

La contractualisation entre producteurs agricoles et industrie est une voie déjà empruntée par certaines filières[359]. Elle offre à la fois une garantie de débouchés aux agriculteurs et davantage de moyens à l'industrie pour maîtriser les conditions de production des agro-ressources, améliorant ainsi sa capacité à fonder son activité sur des ressources produites dans de bonnes conditions. Elle retire cependant aux agriculteurs la possibilité de fixer eux-mêmes le prix de vente de leur production, au gré des fluctuations des marchés[360], et peut, dans certains cas, leur faire supporter des cahiers des charges très stricts et contraignants, définis par l'industrie – celle-ci se déchargeant ainsi d'une large partie de sa responsabilité quant aux impacts de la filière agro-industrielle. Ces inconvénients, unilatéralement supportés par les producteurs agricoles, rendent ces derniers réticents à adhérer à ce schéma : des garanties supplémentaires du respect de leurs intérêts doivent leur être apportées.

Le pôle IAR pourrait aujourd'hui s'impliquer dans la recherche d'une nouvelle définition de ces liens entre industrie et agriculture, en vue d'améliorer les échanges d'informations fiables et de qualité entre ces filières et au final la compréhension et la maîtrise des impacts des valorisations agro-industrielles. Ce faisant, l'enjeu est cependant de ne pas trop bouleverser les relations entre acteurs et l'équilibre entre intérêts au sein de la filière : de telles mesures auront en effet des implications socio-économiques qu'il s'agit de maîtriser.

5.2.2.b Vers plus de légitimité : des propositions pour renforcer le pôle IAR dans son rôle d'acteur du développement durable – conclusion du chapitre 5

Au-delà de la définition d'une stratégie de développement durable et de l'implication du pôle dans la recherche d'un nouvel équilibre entre les filières agricoles et industrielles, d'autres pistes de réflexion nous semblent importantes à soumettre au pôle IAR.

[359] Notamment dans la filière agro-alimentaire.
[360] Cette situation s'est présentée à certains producteurs français en 2007 : ceux qui avaient contractualisés avec des filières industrielles sur la base des prix 2006 ont vendu leur production bien moins cher que ceux qui appliquèrent les prix 2007.

FAIRE DU DEVELOPPEMENT DURABLE UN PROCESSUS

En plus d'un objectif, le développement durable de tout système se doit d'être aussi un processus pour la prise en compte et la réponse aux besoins des parties prenantes. La participation apparaît dans ce cadre comme un outil privilégié, même si elle peut se décliner de la simple consultation sans garantie de prise en compte des avis recueillis à l'intervention directe de toutes les parties prenantes dans la prise de décision. Le pôle IAR a organisé une consultation régulière de ses membres sur divers sujets par le biais des commissions sectorielles et des commissions d'orientations stratégiques, dans lesquelles tous les représentants de ses membres et partenaires sont invités à s'exprimer. Le pôle travaille à affermir les bases de cette consultation en améliorant sa communication autour des évènements, des missions et des rendus de ces différents groupes de travail. Cette structure de participation gagnerait cependant à être poussée au-delà de la simple consultation, en permettant aux différentes parties prenantes du pôle d'être mieux impliquées dans ses circuits de prise de décision, ou tout au moins en faisant apparaître plus clairement l'influence du travail des commissions sur la prise de décision. Une telle évolution déboucherait en outre sur une nouvelle mobilisation des différents membres et partenaires du pôle pour chacune des thématiques. La définition de la stratégie de développement durable du pôle pourrait constituer un excellent exercice de mise en œuvre de ce type de processus participatif.

Parallèlement à l'amélioration de la participation des parties prenantes et toujours dans un souci de renforcer la légitimité du pôle IAR, deux autres pistes de réflexion gagneraient à être étudiées :

- Poursuivre une exigence de transparence dans les circuits décisionnels mais aussi dans la communication du pôle, envers l'ensemble de ses parties prenantes ;
- Rechercher une plus grande indépendance entre les positions du pôle IAR et les intérêts directs de ses membres et partenaires.

REPOSITIONNER LE DEVELOPPEMENT ECONOMIQUE DES ACTIVITES DU POLE IAR AU SEIN DES TERRITOIRES

Nous terminerons ce chapitre et ce mémoire en soumettant au pôle IAR quelques propositions moins conventionnelles. Nous croyons que leur soumission à un débat au sein du pôle, impliquant les parties prenantes, serait l'occasion d'une prise de conscience renouvelée de

l'importance de rechercher des solutions toujours plus innovantes aux défis posés par le développement durable, et pourquoi pas d'une nouvelle impulsion pour la dynamique du pôle. Ces propositions ont été en partie présentées dans un article rédigé par Nicolas Buclet et Anne-Lise Fèvre, consacré à la durabilité de l'agriculture au sein d'un territoire compétitif à dominante agricole[361] (Buclet et Fèvre).

Nous proposons au pôle IAR les trois pistes de réflexion suivantes pour améliorer l'intégration de ses activités au sein de voies de développement locales et globales plus durables :

- Agir sur la portée géographique des activités du pôle :
    - *Au niveau de l'approvisionnement en agro-ressources :* se donner des critères permettant de privilégier les ressources produites localement et de façon écologiquement et socialement responsable, et de limiter le recours à des ressources importées. L'objectif est de ne pas contribuer à l'existence ou à l'émergence de dégradations des écosystèmes mais aussi de conditions de vie et de travail non satisfaisantes dans d'autres régions du monde. C'est également un moyen de réduire l'impact des transports – sur le plan de la durabilité, et de favoriser des productions locales – sur le plan du développement ;
    - *Au niveau des débouchés :* remettre en cause l'objectif général d'atteindre un marché mondialisé pour toutes les activités, pour se concentrer sur l'apport de réponses à des besoins localisés sur des marchés de proximité. Une telle décision impacterait positivement le développement et la durabilité des territoires d'implantation et proches du pôle IAR, tout en réduisant significativement l'impact des transports liés aux filières de production ;
- Orienter le développement international du pôle non plus sur l'exportation de produits mais sur celle de savoir-faire développés dans le cadre du pôle. Ce repositionnement permettrait au pôle de développer une expertise pour des savoir-faire hautement qualifiés, et de dématérialiser ses activités – d'où un effet environnemental globalement positif. La recherche de l'adaptation de ces savoir-faire aux différents contextes écologiques et socio-économiques dans lesquels ils peuvent être amenés à être mis en œuvre ouvre de plus une perspective intéressante de réponse adaptée aux besoins humains ;

[361] **Buclet, N. et A.-L. Fèvre** *Comment concilier agriculture durable et compétitivité d'un territoire à dominante agricole? (Article soumis).*

- Favoriser les activités agro-industrielles sortant du schéma de production de masse, où la rentabilité repose sur des volumes de production élevés, pour se concentrer sur le développement d'activités de production à haute valeur ajoutée reposant à la fois sur de petits volumes et sur des emplois hautement qualifiés. Cette évolution serait en faveur du développement socio-économique des territoires via des activités rentables et génératrices d'emplois de qualité. Elle permettrait également de minimiser la pression portant sur la demande en agro-ressources ainsi que le risque de concurrence entre leurs usages, mais aussi d'encourager la mise en place d'une production agricole écologiquement responsable.

CONCLUSION GENERALE

Nous avons cherché tout au long de cette thèse à apporter des éléments de réponses aux problèmes posés par les valorisations non alimentaires d'agro-ressources, au regard des enjeux du développement durable, en nous penchant tout particulièrement sur les critères auxquels les acteurs agro-industriels devaient être vigilants dans la conception de nouveaux projets. Nous avons ainsi développé une méthodologie d'analyse de la durabilité des projets soutenus par le pôle de compétitivité Industrie et Agro-Ressources (IAR), qui constitue un outil d'aide à la décision à usage du pôle IAR et que nous avons baptisée IDDAgro (Indicateurs de Développement Durable pour les Agro-ressources). Pour conclure ce mémoire, nous allons présenter ici une analyse des résultats obtenus au cours de ces trois années, puis tenter de dégager quelques perspectives pour l'avenir, à destination du pôle IAR et de ses partenaires mais aussi de la recherche.

Analyse des résultats

Partie A : « Analyser la durabilité des valorisations non alimentaires d'agro-ressources : des enjeux complexes ».

La première partie de ce mémoire rassemble les bases contextuelles et méthodologiques sur lesquelles reposent ces travaux de recherche. **Nous avons tout d'abord analysé les principaux enjeux pour lesquels une réponse est aujourd'hui recherchée dans le cadre du développement durable**. Le système terrestre subit depuis plus d'un siècle déjà des perturbations d'origine anthropique grandissantes, annonçant aujourd'hui une crise écologique majeure puisqu'elle atteint désormais les mécanismes de régulation terrestre, sur lesquels reposent le fonctionnement et l'équilibre du système planétaire, tels le système climatique et les grands cycles biogéochimiques. Les activités humaines sont également à la source de l'épuisement annoncé de nombreuses ressources naturelles, énergies fossiles en tête, mais qui concerne également de nombreux minerais, les réserves d'eau douce, les sols de très nombreuses régions du monde et une grande partie des ressources halieutiques. La biodiversité mondiale ne sort pas indemne de ces bouleversements et subit les conséquences directes des atteintes aux écosystèmes – au point de traverser une sixième crise d'extinction, la première à être d'origine anthropique. Son équilibre est également fortement fragilisé par la

dispersion, dans l'environnement, d'un nombre grandissant de substances chimiques de synthèse, dont la maîtrise de la toxicité et de l'écotoxicité – en particulier celles de leurs interactions – souffre de graves lacunes. De nombreuses initiatives internationales[362] sont aujourd'hui en projet ou mises en œuvre pour tenter de comprendre et d'apporter des solutions concertées à ces problèmes ; elles se heurtent cependant aux difficultés qu'impliquent le déclenchement et la coordination d'une action globale, rendues plus ardues encore par les interrelations qui caractérisent la plupart de ces phénomènes. L'agriculture est à la fois un vecteur important et une victime de premier plan de toutes ces perturbations. Les pratiques agricoles intensives sont en effet responsables d'un recours massif à l'irrigation, à la mécanisation et à des produits de synthèse (engrais et produits phytosanitaires), mais aussi de la déforestation de zones couvertes de forêts primaires telles l'Amazonie et l'Asie du Sud-Est. Ce faisant, l'agriculture contribue à l'échelle mondiale à l'ensemble des perturbations écologiques que nous avons présentées. La plupart des systèmes agricoles risquent en retour de rencontrer des difficultés majeures face à l'appauvrissement des sols, à la perturbation des précipitations et au durcissement des conditions climatiques locales, mais aussi, pour les modes de cultures qui en dépendent – et ils sont répandus – à l'épuisement des ressources énergétiques fossiles et à terme des ressources naturelles de potasse et de phosphates. L'Homme, concerné au premier plan par les enjeux alimentaires et socio-économiques de l'agriculture, est au cœur de ces évolutions à venir, en partie déjà observables, comme l'illustre bien la crise alimentaire mondiale de 2008, première du genre et qui déclencha, suite à une spectaculaire flambée des prix des denrées alimentaires, des « émeutes de la faim » dans de nombreux pays où les conditions de vie sont toujours fragiles[363]. Le renchérissement du prix du baril de pétrole, de mauvaises récoltes céréalières survenues dans plusieurs régions du monde mais aussi un accroissement non négligeable de la demande en produits agricoles pour des usages non alimentaires – la production de biocarburants a ainsi été montrée du doigt – ont été identifiés comme étant à l'origine de cet épisode. Il a permis, par un retour sur le devant de la scène de difficultés d'accès à la nourriture pour de larges pans de la population mondiale, de rendre un peu plus concrètes les menaces pesant aujourd'hui sur l'équilibre géopolitique mondial et bien sûr tout particulièrement sur les populations les plus démunies.

[362] Telles le GIEC depuis 1988 (Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat), le MEA en 2005 (Millenium Ecosystem Assessment) et le projet de création de l'IPBES depuis 2008 (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services), ou encore le règlement européen REACH depuis 2006 (Réglementation sur l'Enregistrement, l'Autorisation et la restriction des produits Chimiques).
[363] Par exemple en Egypte, au Maroc, en Indonésie, aux Philippines, ou encore à Haïti.

Ces préoccupations viennent renforcer les enjeux sanitaires, sociaux et sociétaux qui défient toujours le développement dans la plupart des régions du monde. L'accès aux soins reste un problème majeur dans de nombreux pays, alors que la dispersion dans l'environnement de substances présentant un fort risque de toxicité pour l'Homme est loin d'être sous contrôle. La dégradation de la santé humaine est aujourd'hui un sujet de préoccupation qui concerne toutes les populations, bien au-delà de celles fragilisées par de grandes difficultés d'accès à une nourriture suffisante et à une eau propre. La pauvreté, une notion qu'il conviendrait d'élargir, dans son acceptation la plus répandue, à une dimension dépassant le cadre strictement matériel, reste le dénominateur commun de toutes ces lacunes du développement.

De l'ensemble de ces constats s'impose aujourd'hui la nécessité de suivre de nouvelles voies de développement, respectueuses de l'Homme et de l'Environnement. Si cette prise de conscience date déjà des années 1970[364], beaucoup reste encore à faire pour sa mise en œuvre. Parmi les pistes explorées en ce sens figure en bonne place le recours à la biomasse, tout particulièrement aux agro-ressources, pour des usages industriels élargis au non alimentaire et allant des énergies renouvelables à la production de nouveaux matériaux ou encore de molécules d'origine végétale. Mais si ces nouvelles applications présentent le grand intérêt de substituer le carbone d'origine fossile par du carbone d'origine organique, de mettre en œuvre des procédés souvent moins consommateurs d'eau et d'énergie et rejetant moins de substances polluantes, elles ne s'affranchissent pour autant pas de tous les enjeux présentés précédemment. Le prétendre et faire l'impasse sur l'analyse objective de la durabilité de ces nouvelles filières fait courir le risque de conduire à des erreurs d'affectation de ces ressources – dont la disponibilité est par nature limitée –, d'aggraver la situation environnementale, sanitaire et sociale mondiale, mais aussi, pour les acteurs de ces filières, de rencontrer des problèmes d'acceptabilité sociale récurrents. Le renforcement, dans plusieurs grandes régions du monde – Etats-Unis, Brésil et Europe en tête –, des capacités et des objectifs de production de biocarburants agricoles pour les transports, et l'importante controverse que fait naître le bilan de cette production en terme de durabilité, illustre particulièrement bien ce propos.

Comment mener l'analyse de la durabilité de ces filières ? Selon quels critères, avec quelles méthodes ?

A ce stade, nous avons cherché à comprendre les apports proposés par plusieurs démarches méthodologiques identifiées par le pôle IAR, en commençant par les **indicateurs de**

[364] En particulier depuis le Sommet des Nations Unies de Stockholm pour l'Homme et l'Environnement en 1972.

développement durable. Outils très largement répandus pour le pilotage des systèmes, les indicateurs servent à représenter des phénomènes complexes pour en faciliter la compréhension. A partir d'observations, ils permettent de dégager, tout en reflétant la subjectivité de leurs concepteurs, des informations quantitatives ou qualitatives que leurs utilisateurs pourront intégrer dans leurs activités. Les indicateurs peuvent ainsi répondre à plusieurs usages relevant de l'aide à la décision ou de la communication. Dans le domaine du développement durable, le recours aux indicateurs prend sa source dans le programme d'action instauré par l'ONU lors du Sommet de Rio en 1992 : l'Agenda 21. Son dernier chapitre, traitant de « l'information pour la prise de décision », met en effet en évidence un vaste besoin d'informations en matière d'actions en faveur du développement durable, et désigne les indicateurs comme les outils privilégiés de la fourniture d'informations utiles à la décision. L'usage des indicateurs de développement durable s'inscrit également dans l'évolution du mouvement des indicateurs sociaux, qui prend sa source dans les années 1960 sous l'effet d'un effort visant à contrebalancer l'usage des seuls critères économiques comme instruments de pilotage social, et prolongé par les travaux relatifs à la mesure du bien-être et du développement humain.

L'étude des usages qui sont faits des indicateurs de développement durable enseigne que tout recours à ces instruments passe – ou devrait passer – par la définition de la vision du développement durable sur laquelle ils reposent. Celle-ci détermine la construction des indicateurs, processus permettant de traduire un concept et ses dimensions en outils opérationnels, ainsi que l'usage qui pourra en être fait. Quatre approches différentes du développement durable peuvent être identifiées à partir des indicateurs mis en œuvre dans des travaux nationaux ou internationaux, en commençant par une approche sectorielle, recouvrant la définition consensuelle du développement durable par les trois « piliers » [365], mais aussi les approches thématiques pouvant en découler et parfois s'en affranchir. Vient ensuite une vision centrée sur la conception de la durabilité en termes de ressources nécessaires à la production de biens et de services, dite aussi approche des capitaux. On repère également une vision centrée cette fois sur le bien-être humain, dans toutes ses dimensions intra et intergénérationnelles, et enfin une approche dite normative du développement durable, sans doute la plus difficile à mettre en œuvre. Sous un angle plus pragmatique, un certain nombre de critères ont été proposés pour construire de « bons » indicateurs de développement durable,

[365] Ou quatre piliers, lorsqu'aux dimensions environnementale, économique et sociale est ajoutée une dimension institutionnelle.

parmi lesquels : la sélection d'un nombre d'indicateurs approprié aux usages visés, des caractéristiques de pertinence, fidélité, sensibilité et spécificité, la capacité de réaliser des comparaisons dans le temps et dans l'espace, et un mode de construction participatif. Enfin certains travaux ont débouché sur la sélection d'une liste plus ou moins longue d'indicateurs, tandis que d'autres ont portés sur le calcul d'un ou de plusieurs indices[366] agrégeant ces listes d'indicateurs primaires. Ces deux types de travaux présentent des avantages comme des inconvénients, les deux pouvant répondre à différents usages de manière satisfaisante en fonction de leurs conditions de construction et d'utilisation. Au final, pour une organisation, c'est sans doute le processus de construction d'indicateurs de développement durable en lui-même qui servira le mieux sa progression vers une meilleure intégration de la durabilité dans son activité – peut-être même davantage que l'usage de ces indicateurs.

Nous nous sommes ensuite penchés sur l'initiative **« The Natural Step » (TNS)**, aujourd'hui portée par une organisation internationale après avoir vu le jour en Suède. Ces travaux proposent à la fois une vision du développement durable et une méthodologie pour accompagner la transition des systèmes vers la durabilité. Parmi les principaux apports de TNS, on trouve la définition de l'état de durabilité d'un système par un ensemble de quatre conditions universelles, fruit d'un large échange interdisciplinaire. TNS propose également plusieurs règles à suivre pour mettre un système en accord avec ces conditions de la durabilité, ainsi qu'une méthode en quatre étapes pour l'accompagnement d'un système ou d'une organisation vers la durabilité. Au final, les travaux de TNS ne sont pas à positionner sur le même plan que les divers outils existants et dédiés au développement durable. Ils fournissent plutôt un cadre global pour la mise en œuvre de ces différents outils, et cherchent avant tout à répondre à un besoin de planification stratégique du développement durable. Le résultat est une approche appréciée de nombreux décideurs à travers le monde, pour la compréhension et l'intégration des enjeux du développement durable dans leurs activités. Si **l'Analyse de Cycle de Vie (ACV)**, sur laquelle nous nous sommes ensuite arrêtés, n'est pas un outil focalisé sur la durabilité des systèmes, le résultat qu'elle vise – une analyse environnementale multicritère de l'ensemble du cycle de vie d'un produit – lui permet de faire partie des outils pouvant être combinés avec la démarche proposée par TNS. Cette intégration peut aboutir à une vision globale de la durabilité du cycle de vie du produit, complétant ainsi avantageusement la méthodologie de l'ACV telle que définie par les normes ISO. Celle-ci est

[366] Un indice, aussi appelé indicateur synthétique, agrège par le biais d'une moyenne simple ou pondérée plusieurs indicateurs préalablement normalisés.

en effet aujourd'hui très largement utilisée par nombre d'organisations poursuivant des fins tant internes (comme l'aide à la décision) qu'externes (plutôt de l'ordre de la communication), mais reste caractérisée par un certain nombre de limites que les usages actuels tendent trop souvent à occulter.

Le choix d'outils et d'approches dédiés à l'analyse de la durabilité des systèmes nous semble au final devoir reposer sur plusieurs éléments, et notamment la définition préalable, pour l'organisation étudiée et ses activités, d'une vision stratégique du développement durable, mais aussi la prise en compte dès le départ de la nature, de la qualité et de la fiabilité des données sur lesquelles il sera possible de s'appuyer. Il est également nécessaire de positionner l'analyse qui sera réalisée en terme de référentiel exploité par l'outil choisi : une situation initiale dans le cas d'une analyse dite « relative », et un objectif à atteindre s'il s'agit d'une analyse « absolue ».

Partie B : « Conception et développement d'un outil d'analyse de la durabilité des projets de valorisation d'agro-ressources soutenus par le pôle de compétitivité Industries et Agro-Ressources ».

Les travaux présentés dans la seconde partie de ce mémoire s'appuient sur l'ensemble des résultats présentés ci-dessus. Ils portent sur la construction d'un outil d'analyse de la durabilité dédié au pôle de compétitivité Industrie et Agro-Ressources (IAR) et aux projets de valorisation non alimentaires d'agro-ressources qu'il soutient.

Conception d'IDDAgro

L'outil que nous avons développé, IDDAgro (Indicateurs de Développement Durable pour les Agro-ressources), est le fruit d'une volonté, exprimée dès 2005 par le pôle IAR, de disposer de méthodes pour l'aider à comprendre et intégrer les exigences du développement durable dans son activité. L'analyse du fonctionnement et des ambitions du pôle IAR nous a conduit à proposer un outil d'aide à la décision, appuyé sur la procédure et les critères de labellisation utilisés par le pôle pour l'étude des projets de valorisation d'agro-ressources qui lui sont proposés. IDDAgro, qui repose sur une grille d'indicateurs de développement durable, vise à compléter cette procédure préexistante pour en faire émerger une démarche d'évaluation « ex-ante » de la performance des projets en terme de durabilité. Il cherche à s'adapter à tous les projets que le pôle IAR peut être amené à étudier, quel que soit le secteur d'activité concerné – le pôle étant actif au sein de plusieurs secteurs, dans une logique de « valorisation de la plante entière ». IDDAgro vise par ailleurs à répondre au besoin de sensibilisation aux enjeux du développement durable identifié au sein du pôle IAR et chez ses partenaires. Un certain

nombre d'options ont été envisagées pour sa construction ; certaines ont finalement été abandonnées lorsque les conditions nécessaires à leur mise en œuvre au sein du pôle n'étaient pour l'heure pas réunies. Le suivi des projets labellisés via une démarche d'évaluation « ex-post » de leur durabilité, ainsi que l'articulation de nos travaux avec la définition d'une vision stratégique de la durabilité par le pôle IAR, reposant sur les travaux de TNS, sont les deux principales pistes laissées de côté.

L'outil IDDAgro repose sur une vision du développement durable articulée autour d'une finalité, de deux défis et de sept enjeux. Nous avons considéré que la finalité du développement durable ciblait avant tout le bien-être humain, dans la perspective des travaux de A. Sen et de M. Max-Neef, ainsi que dans un souci d'équité intra et intergénérationnelle. Nos travaux reposent ainsi sur la définition suivante : « Le développement durable est un mode (ou l'ensemble des modes) de développement ciblant le bien-être du plus grand nombre, en apportant une réponse aux deux défis majeurs auxquels nos sociétés doivent faire face : la maîtrise du changement global et la réduction des inégalités ». Le changement global rassemble cinq composantes ou enjeux, et la réduction des inégalités en désigne trois – dont une (la dégradation des ressources en eau) qu'elle partage avec le changement global. A ce stade, l'économie en tant qu'outil – et non finalité ou enjeu – du développement, ne constitue pas une composante de cette approche du développement durable. Un certain nombre de liens peuvent par contre être établis entre cette définition et la démarche proposée par TNS, étudiée dans la première partie de ce mémoire ; en particulier avec les quatre conditions de la durabilité. Ce parallèle pourra être exploité si le pôle IAR souhaite mener des travaux s'appuyant plus directement sur le cadre proposé par TNS.

Nous nous sommes ensuite concentrés sur l'étude des projets de valorisation d'agro-ressources, en définissant tout d'abord les effets que ces projets pouvaient générer. Nous avons ainsi dégagé neuf catégories d'impacts potentiels. Des liens permettent de modéliser l'effet positif ou négatif de ces impacts sur les sept enjeux du développement durable identifiés. Sur cette base a été réalisé un inventaire des impacts potentiels qu'un projet-type de valorisation d'agro-ressources pouvait générer tout au long de son cycle de vie – un cycle de vie en sept étapes, allant de la production agricole des agro-ressources à la fin de vie des produits issus du projet. Quarante-neuf impacts potentiels ont ainsi été identifiés, en même temps que le ou les enjeux du développement durable sur le(s)quel(s) chacun d'entre eux agit.

Les indicateurs de développement durable que nous avons ensuite sélectionnés s'appuient directement sur cette analyse, et visent à caractériser ces quarante-neuf impacts potentiels.

IDDAgro est conçu pour une utilisation simple, en trois étapes : le recueil d'informations sur les caractéristiques générales du projet, le renseignement des indicateurs et pour finir l'interprétation des résultats obtenus. Les indicateurs ont été sélectionnés en s'appuyant sur une série de critères simples : tous ont été spécifiquement mis au point pour IDDAgro et doivent pouvoir s'adapter sans distinction à tous les secteurs d'activité du pôle IAR, ils ont été choisis en nombre raisonnable (nous ne voulions pas plus de cinquante indicateurs), et s'appuient sur une base informationnelle que nous avons identifiée avec précision. Ils cherchent également à mener l'évaluation la plus pertinente possible, malgré d'éventuelles faiblesses de la base informationnelle, et se doivent d'être renseignés de manière transparente. Les indicateurs reposent sur trois types de données : des informations sur les caractéristiques du projet, fournies par le porteur de projet et présentées au pôle IAR lors de la candidature en vue d'une labellisation, des estimations sur les caractéristiques du projet, également demandées au porteur de projet, et enfin des données de référence, qui ont été recherchées chaque fois que cela s'est avéré nécessaire. Ce dernier type d'informations intervient en particulier lorsque la capacité du porteur de projet à fournir des données fiables et exploitables risque de limiter l'intérêt du résultat fourni par l'indicateur. La disponibilité et la fiabilité des données constituent en effet la principale difficulté rencontrée dans la construction de cette méthode d'analyse de la durabilité, la première conséquence étant le recours à des informations majoritairement qualitatives.

Lorsqu'ils peuvent être renseignés, les indicateurs finalement sélectionnés ne peuvent prendre que cinq valeurs qualitatives caractérisant l'effet, sur la durabilité du projet, de l'impact qu'ils cherchent à évaluer : « favorable », « moyennement favorable », « neutre », « moyennement défavorable » et enfin « défavorable ». Le calcul du résultat final en termes de durabilité se fait via l'agrégation partielle des indicateurs renseignés, les réponses recueillies étant converties en valeurs numériques et synthétisées par le biais d'une moyenne simple. Pour chacun des sept enjeux du développement durable que nous avons identifiés, tous les indicateurs ciblant cet enjeu sont agrégés au sein d'un même indice. Le résultat final fourni par IDDAgro se présente sous la forme d'un tableau de bord de sept indices, dont l'interprétation doit être faite en tenant compte de plusieurs informations complémentaires,

concernant en particulier les caractéristiques principales du projet et les incertitudes associées aux indicateurs renseignés.

L'ensemble des indicateurs sélectionnés est présenté dans le chapitre 4. Pour chacune des étapes du cycle de vie d'un projet de valorisation d'agro-ressources, tous les impacts potentiels identifiés sont traités par un indicateur. Lorsque la faiblesse des connaissances ou des données mobilisables l'impose, un même indicateur peut analyser plusieurs impacts ; enfin sur les quarante-neuf impacts potentiels répertoriés, trois n'ont pas donné lieu à la sélection d'un indicateur. Chaque indicateur se présente sous la forme d'une question pour laquelle plusieurs réponses sont proposées, accompagnées des informations sur lesquelles il repose et des cas auxquels correspond chaque possibilité de réponse. Certains indicateurs ne peuvent reposer que sur des informations très limitées ; le porteur de projet qui utilise IDDAgro doit alors appuyer sa réponse sur sa propre observation de la situation, en présentant les éléments qui le guident. Pour donner un exemple, c'est le cas de l'indicateur n°4, relatif à l'impact sur les paysages de la conversion des sols éventuellement nécessaire à la culture des agro-ressources. Pour répondre à la question : « La culture des agro-ressources occasionne-t-elle un impact sensible sur le paysage ? », le porteur de projet est invité à choisir parmi les cas suivants, tout en présentant les éléments sur lesquels s'appuie sa réponse :

- Impact jugé positif ou très positif sur les paysages : réponse MF ou F (pour moyennement favorable ou favorable) ;
- Pas d'impact significatif sur les paysages : réponse N (pour neutre) ;
- Impact jugé négatif ou très négatif sur les paysages : réponse MD ou D (pour moyennement défavorable ou défavorable).

Dans d'autres cas, les indicateurs reposent sur des données de référence relativement complètes, issues de sources telles que la méthode Bilan Carbone proposée par l'ADEME. C'est le cas par exemple de l'indicateur n°27 : « Quel est l'impact sur le climat de l'élimination des rejets et déchets issus du produit ? ». Cet indicateur s'appuie sur le tableau suivant, rassemblant des facteurs d'émissions tirés de la méthode Bilan Carbone :

Emissions (en kg équ. C / tonne)		**Mode de traitement**					
Nature du déchet		Mise en décharge sans valorisation du méthane	Mise en décharge avec valorisation du méthane	Incinération sans valorisation énergétique	Incinération avec valorisation énergétique	Recyclage	Valeur moyenne
Inertes	métaux, minéraux	4	4	4	4	4	4
Non fermentescibles mais combustibles	plastiques	4	4	474	401	4	156
Fermentescibles et combustibles	déchets alimentaires	290	-37	4	-5	4	96
	papiers / cartons	280	-36	4	-22 / -23	4	61 / 42
DIS	déchets dangereux (solides / minéraux très peu réactifs, évolutifs et solubles) ***(enfouissement)***	/	/	/	/	/	125
Valeur moyenne des émissions liées au transport : 4 kg équ. C / tonne							

Emissions de GES associées à l'élimination des déchets. Emissions exprimées en kg éq. C / tonne de déchet.

Les réponses proposées distinguent deux cas : si le produit issu du projet n'est pas censé se substituer à un autre produit identifié, les réponses sont fournies par le tableau suivant :

Emissions (en kg équ. C / tonne)		**Mode de traitement**					
Nature du déchet		Mise en décharge sans valorisation du méthane	Mise en décharge avec valorisation du méthane	Incinération sans valorisation énergétique	Incinération avec valorisation énergétique	Recyclage	Valeur moyenne
Inertes	métaux, minéraux	N	N	N	N	N	N
Non fermentescibles mais combustibles	plastiques	N	N	D	D	N	MD
Fermentescibles et combustibles	déchets alimentaires	D	F	N	MF	N	MD
	papiers / cartons	D	F	N	MF	N	MD
DIS	déchets dangereux (solides / minéraux très peu réactifs, évolutifs et solubles) (enfouissement)	/	/	/	/	/	MD

Réponses admises par l'indicateur relatif à l'impact climatique de l'élimination des rejets et déchets issus de l'utilisation du produit, hors cas de substitution.

En cas de substitution, c'est le tableau suivant qui s'applique :

Impact après substitution			Impact climatique de l'élimination des rejets et déchets générés par l'utilisation du nouveau produit					
			L'utilisation du produit ne génère pas de rejets ou de déchets	F	MF	N	MD	D
			x					
Impact climatique de l'élimination des rejets et déchets générés par l'utilisation du produit remplacé	L'utilisation du produit ne génère pas de rejets ou de déchets	x	x	F	MF	N	MD	D
	F		D	F	MF	N	D	D
	MF		MD	F	MF	N	D	D
	N		N	F	MF	N	MD	D
	MD		MF	F	F	MF	MD	D
	D		F	F	F	F	MF	D

Réponses admises par l'indicateur relatif à l'impact climatique de l'élimination des rejets et déchets issus de l'utilisation du produit, en cas de substitution.

Pour chaque indicateur, une marge de liberté est laissée au porteur de projet, qui peut toujours fournir une réponse non prévue dans les indications dans la mesure où il la justifie. Il est par ailleurs systématiquement invité à présenter les éléments sur lesquels s'appuient ses réponses, afin que les résultats fournis par IDDAgro soient transparents.

L'outil IDDAgro se présente au final sous la forme d'un tableur Excel, dont les onglets rassemblent les grilles permettant de rappeler les principales caractéristiques du projet et de renseigner les indicateurs, et où sont présentés la démarche d'inventaire des impacts potentiels, le calcul des indices et le résultat final. Ce résultat est accompagné d'une présentation graphique donnant une vision globale de la performance du projet en termes de durabilité, ainsi qu'un nouvel angle d'analyse des points forts et des points faibles du projet. Les résultats obtenus peuvent au final déboucher sur des évolutions à plus ou moins long terme, telles l'émission de recommandations par le pôle ou la définition de nouveaux axes de développement pour le projet. Utilisable en l'état par un porteur de projet accompagné d'un expert capable de l'aider dans la mise en œuvre de la méthode, cet outil a vocation à évoluer vers une forme logicielle plus souple. A ce stade, trois points nous ont semblé devoir être ultérieurement approfondis : intégrer à IDDAgro les critères socio-économiques utilisés par le pôle IAR dans sa procédure de labellisation, afin de compléter la démarche, rechercher ou mettre au point des données de référence permettant de combler les défaillances identifiées lors de la construction d'IDDAgro et en particulier de la sélection des indicateurs, et améliorer la représentation graphique des résultats finaux. Enfin l'analyse des incertitudes caractérisant les résultats fournis par IDDAgro montre qu'elles découlent directement de celles qui caractérisent la base informationnelle des indicateurs, et sont principalement liées à

la maîtrise que le porteur de projet a des caractéristiques de son projet d'une part, et à la fiabilité des estimations qu'il donne d'autre part.

Partie C : « Etudes de cas autour de l'analyse de la durabilité au sein du pôle de compétitivité Industrie et Agro-Ressources ».

La dernière partie de ce mémoire présente les travaux réalisés en vue de tester la démarche que nous avons conçue au cours de cette thèse. Pour répondre au souhait du pôle IAR et des partenaires de ces travaux de voir notre approche appliquée à un site de production existant, nous nous sommes tout d'abord orientés vers **l'étude d'une site de production d'éthanol d'origine agricole** : le site de Bazancourt-Pomacle (Marne, 51). Emblématique du pôle IAR depuis sa création en 2005, ce site est un exemple de raffinerie végétale, principalement à base de blé et de betterave sucrière – la thématique des bioraffineries étant par ailleurs un des thèmes de recherche que le pôle IAR soutient tout particulièrement au niveau européen. Une usine de production d'éthanol, Cristanol, y est implantée et en fonctionnement depuis 2007. L'organisation du site permet à ses différents acteurs de mutualiser leurs outils et moyens de production pour l'exploitation de ressources végétales. L'ensemble de ces arguments, en plus de l'intérêt d'approfondir le cas de la production de biocarburants, nous a conduit à solliciter les acteurs implantés à Bazancourt-Pomacle pour un projet d'étude de la durabilité de la production d'éthanol réalisée au sein de ce complexe agro-industriel. Cette étude devait reposer sur les indicateurs développés pour IDDAgro, complétés par une analyse plus approfondie mettant à profit des données plus précises sur les caractéristiques du site. Après plusieurs mois de discussions, une proposition en ce sens a été soumise fin 2007 aux décideurs du site, afin de leur présenter en détails les objectifs et la méthode que nous envisagions de suivre dans cette démarche, les résultats que nous recherchions et les informations dont nous aurions besoin pour mettre en œuvre notre projet en 2008. Ce dernier point suscita cependant un véritable blocage, tout particulièrement auprès du groupe sucrier Cristal Union et de l'unité de production d'éthanol : Cristanol. Les données nécessaires à notre étude ne purent être obtenues, pour des raisons évoquées de l'ordre de la confidentialité et du manque de confiance envers les acteurs de la recherche. Le caractère très sensible du sujet biocarburants en France, en 2007 et au début de l'année 2008, explique sans doute également pour partie ce refus. Enfin l'étude commandée à Ecobilan par Cristal Union et la Fédération nationale des coopératives de transformation de la betterave (FCB), en cours à la même époque et dont les résultats ont été rendus publics en mai 2008, a certainement représenté un troisième facteur non négligeable dans cette décision. En conséquence, le projet

d'étude de la durabilité de la production d'éthanol de Cristanol n'a pas pu aboutir pendant cette thèse. Cette situation est en outre peu encourageante pour l'ensemble des recherches qui restent à mener pour faire avancer la compréhension et la maîtrise du bilan de la production de biocarburants, au regard des enjeux du développement durable.

Un second volet applicatif a été mis en place dans le cadre de cette thèse, en vue de **tester le fonctionnement d'IDDAgro sur plusieurs cas de projets existants**. Avec l'aide du pôle IAR, nous nous sommes tournés vers deux projets labellisés entre 2005 et 2007, afin de faire fonctionner IDDAgro en conditions réelles. L'objectif était de tester la pertinence de notre approche et l'adéquation de l'outil aux projets soutenus par le pôle IAR, et de comprendre comment IDDAgro pouvait être amélioré. Ces tests se sont déroulés en quatre étapes : pour commencer une présentation d'IDDAgro et de notre démarche au porteur de projet, la présentation, en retour, du projet et de ses caractéristiques, puis l'utilisation d'IDDAgro proprement dite et enfin une discussion autour des résultats obtenus et de la pertinence de la démarche. Plusieurs enseignements ont pu être dégagés à l'issue de ces deux tests. Le premier est qu'un des intérêts essentiels de la méthode réside dans le fait qu'elle permet au porteur de projet de considérer son projet sous un angle nouveau, et de se poser davantage de questions sur son bilan : IDDAgro complète ainsi la compréhension que les porteurs de projet peuvent avoir des enjeux du développement durable et de la manière dont on peut essayer d'y répondre. Nous avons cependant constaté que lorsque le projet étudié s'apparente davantage à un projet de recherche et développement qu'à un projet de production industrielle, le cycle de vie prédéfini dans notre approche peut s'avérer mal adapté. Il doit toutefois être possible de dégager, avec le pôle IAR, une typologie pour les projets susceptibles d'être candidats à une labellisation, et de développer au sein d'IDDAgro un module spécifique pour chacun de ces types. Au niveau des indicateurs, certains se sont révélés difficiles à renseigner, en particulier lorsque les références auxquelles ils faisaient appel étaient en réalité peu connues des porteurs de projet – un accompagnement par le pôle IAR peut aider à lever cet obstacle. D'autres difficultés ont également été rencontrées, du fait d'une certaine imprécision dans la définition du périmètre de l'étude : il apparaît que cette définition doit impérativement intervenir au démarrage de l'analyse, et faire porter l'exercice non sur le projet en lui-même, mais sur les débouchés qu'il vise, qu'ils soient directs (pour un projet de production industrielle) ou seulement potentiels (pour un projet de type R&D). La prise en compte des substitutions réalisées par le projet, dans le cas où une situation antérieure de référence peut être identifiée, est également un point pouvant être approfondi. Dans cette première version développée

d'IDDAgro, seuls quelques indicateurs prennent en compte ces substitutions, adoptant ainsi une posture d'évaluation de type « relative » puisque se référant à une situation initiale. Il serait sans doute plus pertinent et plus signifiant de faire évoluer l'ensemble des indicateurs vers une évaluation de l'impact net du projet, en croisant les impacts propres au projet avec les impacts propres à cette situation antérieure. Par ailleurs le choix de ne faire reposer les indicateurs que sur des données qualitatives a semblé discutable dans certains cas, en particulier pour les indicateurs relatifs aux impacts énergétiques et climatiques. Ce choix reflète une volonté, lors de la conception d'IDDAgro, de limiter les risques que certains indicateurs se révèlent être trop souvent difficiles à renseigner. Un plus grand accompagnement des porteurs de projets par le pôle pourrait cependant contribuer à affiner les données quantitatives disponibles pour ces indicateurs. L'implication du pôle dans le processus d'analyse des projets permettra également d'apporter une certaine garantie pour la fiabilité des réponses données par les porteurs de projets, en particulier dans le cas où ils seraient tentés de désactiver un trop grand nombre d'indicateurs – introduisant ainsi un biais dans l'analyse. Enfin la présentation graphique des résultats peut elle aussi être davantage approfondie, afin de mieux visualiser la performance « nette » du projet en cas de substitution, la portée de la capacité d'action directe du porteur de projet sur son projet, ainsi que la simulation de l'effet d'éventuelles actions correctives.

La dernière partie de ces travaux rassemble une synthèse des leçons que nous pouvons tirer de la construction d'IDDAgro et des études de cas, ainsi qu'un certain nombre de pistes visant à faire émerger, au sein du territoire et pour le pôle IAR, des conditions favorables à la durabilité des activités agro-industrielles. Le problème de l'accès aux informations nécessaires à l'analyse de la durabilité s'impose comme l'un des fils conducteurs de ces travaux, jalonnés par des obstacles à la disponibilité, à la qualité et à la fiabilité des données. Les précautions prises dans la conception de notre approche – qu'il s'agisse de la construction d'IDDAgro ou de la préparation des études de cas – ont certes permis de limiter les risques d'échec, elles n'ont pu empêcher une certaine restriction de la portée des analyses réalisées par IDDAgro (restriction que nous avons préférée au risque d'inapplicabilité), ainsi que l'impossibilité de mener notre étude sur la durabilité de la production d'éthanol à Bazancourt. Ce dernier point laisse planer une ombre sur la perspective pourtant identifiée de compléter IDDAgro par un volet dédié au suivi et à l'analyse « ex-post » de la durabilité des projets labellisés par le pôle IAR : dans un tel contexte de confidentialité, comment disposer de données autorisant la réalisation de ce type d'analyse ? A ce stade, ce sont bien les

capacités mêmes du pôle à obtenir, de la part des porteurs de projets agro-industriels, des informations exploitables pour l'analyse de la durabilité, qui doivent être questionnées. Une prise de conscience plus poussée du rôle que le pôle IAR peut jouer dans l'accompagnement des projets agro-industriels vers la durabilité nous semble cependant susceptible d'améliorer ce bilan. Elle pourrait déboucher dans un premier temps sur la mise au point d'une véritable stratégie de développement durable, assortie d'objectifs à plus ou moins long terme pour le pôle IAR aux niveaux local et global. Une telle stratégie permettrait au pôle d'ancrer l'ensemble de son action dans une position claire, connue de l'ensemble de ses partenaires et parties prenantes, améliorant ainsi son efficacité et sa cohérence en même temps que sa légitimité. Une plus grande implication du pôle IAR pour la durabilité des valorisations agro-industrielles pourrait également se concrétiser par sa participation à la recherche de nouveaux équilibres entre les acteurs de ces filières – en particulier les acteurs agricoles et industriels – visant à faciliter les échanges d'informations et à favoriser au final la maîtrise du bilan de ces valorisations. Pour finir, ces travaux rassemblent plusieurs propositions soumises au pôle IAR dans le but de renforcer la durabilité de son action, via la transparence et l'implication des parties prenantes dans l'ensemble de ses processus de décision et de communication, ainsi que l'approfondissement de son positionnement stratégique au sein des territoires – par la redéfinition de la portée géographique de son action, la dématérialisation de ses exportations et la concentration d'une partie de ses projets sur des activités à haute valeur ajoutée.

Quelques perspectives

A l'heure de terminer cette thèse, une mise en perspective des travaux réalisés au cours de ces trois années s'impose. L'intégration dans l'ensemble de la thèse du travail réalisé sur le sujet des biocarburants, présenté dans le premier chapitre, peut tout d'abord sembler discutable. Il est cependant important de comprendre que cette étape a été primordiale pour rassembler un maximum de connaissances actualisées sur ce sujet, de façon à avoir une bonne compréhension des enjeux de ces développements en France, en Europe et dans le monde. Le travail réalisé à Bazancourt-Pomacle s'appuie bien sûr sur ces recherches, mais c'est aussi le cas de l'ensemble de l'analyse portant sur les impacts potentiels des filières agro-industrielles, sur laquelle repose la construction de l'outil IDDAgro.

Il nous semble par contre important de souligner une lacune dans l'ensemble de ce travail, concernant la façon dont ces recherches ont été menées. Nous aurions en effet souhaité réaliser ces travaux de manière beaucoup plus participative, en impliquant davantage

l'ensemble des parties prenantes du pôle IAR, concernées par son processus de labellisation des projets agro-industriels. Si le pôle IAR a été tenu régulièrement informé de l'avancement de nos recherches, notamment par l'intermédiaire de réunions du groupe de travail sur le développement durable[367] mais aussi lors de présentations réalisées dans ses locaux, aucun processus de consultation ou de participation réellement consistant n'a pu être mis en place. Un soutien du pôle pour la mise en œuvre d'un tel processus, ou pour la réalisation de certaines étapes de ces travaux, par le gain de temps qu'il aurait permis, aurait sans doute contribué à éviter cet écueil – même s'il aurait du être évité de toutes manières.

Dans l'ensemble, ces travaux nous semblent ouvrir un certain nombre de perspectives pour le pôle IAR lui-même et ses partenaires agro-industriels. Le test de l'outil IDDAgro a en effet mis en évidence l'intérêt des apports de notre démarche pour avancer vers une plus grande durabilité des filières de valorisations industrielles des agro-ressources. Ces travaux gagneraient à être poursuivis, de manière à faire émerger une méthodologie réellement complète et opérationnelle pour l'analyse de la durabilité des projets soumis au pôle IAR, mais aussi pour mettre en place un accompagnement des projets labellisés vers des trajectoires durables. L'ensemble des recommandations et des analyses rassemblées dans ces travaux a été présenté dans l'optique de faciliter l'implication du pôle IAR dans la poursuite de la mise en œuvre de la démarche que nous avons conçue. En ce sens, une première étape consisterait sans doute à intégrer à IDDAgro les critères de labellisation actuellement utilisés par le pôle[368]. Le test d'IDDAgro sur un plus grand nombre de projets labellisés, ainsi que son évolution vers une version logicielle plus souple d'utilisation et tenant compte des recommandations que nous avons émises, s'avérerait ensuite indispensable.

Plus largement, cette thèse soulève aujourd'hui plusieurs questions relatives à l'évaluation de la durabilité des activités de valorisations industrielles des agro-ressources, également valables cependant pour d'autres secteurs.

Il est clair aujourd'hui que la conception et la mise en œuvre des activités humaines nécessitent de réaliser des arbitrages entre les différents enjeux du développement durable sur lesquels ces activités influent : en effet toute activité est génératrice d'impacts, et ces impacts ne peuvent être tous vertueux à la fois à court, moyen et long terme, à l'échelle locale comme

[367] La commission d'orientation stratégique « Agro-ressources et développement durable », qui succéda à partir de mi-2007 au groupe de travail sur l'évaluation des choix technologiques et du développement durable.
[368] Le pôle IAR a entamé en 2008 une réflexion pour faire évoluer les critères de labellisation qu'il utilise depuis 2005 (cf. Annexe 6). Les résultats de cette thèse ont pleinement vocation à être intégrés dans cette démarche.

à l'échelle globale. Les décideurs publics et privés, qui font face à ces arbitrages, ont avant tout besoin d'informations complètes et précises pour éclairer et mettre en perspective leurs prises de positions. Un effort doit encore être fait à ce stade pour permettre à l'ensemble de ces acteurs d'assimiler et de traduire, dans leurs domaines d'activité, les marges de manœuvre et les évolutions impératives qui caractérisent les différents enjeux du développement durable[369]. En matière de durabilité en effet, tout n'est pas négociable pour décider de ces arbitrages, même s'ils restent inévitables et nécessaires.

Pour finir, il nous semble nécessaire d'ouvrir le débat sur une question aujourd'hui encore quelque peu tabou : celle de la légitimité de modes de production visant à répondre à tous les besoins exprimés sur un marché. Si le développement durable vise à satisfaire les besoins essentiels du plus grand nombre, partout dans le monde, aujourd'hui et demain, le facteur limitant que constituent les capacités du système terrestre impose de questionner ces besoins. Le fonctionnement suivi jusqu'ici par nos systèmes de production et de consommation a en effet conduit à la surexploitation et à la dégradation de la plupart des ressources naturelles et des écosystèmes terrestres, au point de menacer aujourd'hui non pas les conditions de toute vie sur Terre, mais bien les conditions de vie d'un grand nombre d'êtres humains. Dès lors, une remise en cause de certains de nos « besoins » n'est-elle pas inévitable pour des trajectoires de développement vraiment durables ? Rétablir une réelle distinction entre désirs et besoins humains essentiels, tels que ceux définis par M. Max-Neef (Max-Neef 1991), constitue sans doute la première étape de cette nécessaire clarification de la légitimité des besoins. Les projets agro-industriels actuels – ceux soutenus par le pôle de compétitivité Industrie et Agro-Ressources ne font pas exception – s'inscrivent dans cette même logique de non questionnement et de réponse à tous les « besoins » qui s'expriment sur un marché aujourd'hui mondialisé. Face aux contraintes fortes pesant sur la production des agro-ressources – en terme de concurrence pour les sols et face à l'alimentation, qui fait que tous les besoins en agro-ressources exprimés par des projets agro-industriels ne pourront être satisfaits –, peut-on envisager que ces projets atteignent un jour des itinéraires réellement durables en faisant l'économie de cette réflexion ?

[369] Pour nombre de ces enjeux, des seuils caractérisant les effets des perturbations d'origine anthropique peuvent par exemple être identifiés. Lorsqu'ils seront dépassés, le comportement des mécanismes terrestres sur lesquels ces perturbations influent risque d'être fondamentalement et irréversiblement modifié. De tels seuils caractérisent par exemple la hausse de la concentration de gaz à effet de serre dans l'atmosphère, et le changement climatique qui en découle.

BIBLIOGRAPHIE

Convention européenne du paysage (2000). Conseil de l'Europe.

Arrêté du 24 décembre 2002 relatif à la déclaration annuelle des émissions polluantes des installations classées soumises à autorisation (2002).

Directive européenne restructurant le cadre communautaire de taxation des produits énergétiques et de l'électricité. (2003a). Conseil de l'Europe.

Directive européenne visant à promouvoir l'utilisation des biocarburants et autres carburants renouvelables dans les transports. (2003b). Parlement et Conseil Européen.

(2008a). *Electricité verte : le projet marnais C5D retenu*. Champagne Céréales, Chamtor, Crédit Agricole Nord Est, Caisse des Dépôts, Dalkia.

Proposal for a directive of the European Parliament and of the Council on the promotion of the use of energy from renewable sources (2008b). Commission of the European Communities.

Publication de la première carte mondiale des réserves d'eaux souterraines transfrontalières. Centre d'Actualités de l'ONU, http://un.org/apps/newsFr/storyF.asp?NewsID=17608&Cr=UNESCO&Cr1=eau, accès: 04/12/08.

ADEME (2006). *Bilan Carbone® : Calcul des facteurs d'émissions et sources bibliographiques utilisées (version 4.0).* Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie, Ministère Interministériel de l'Effet de Serre, 227 p.

ADEME, DIREM, et al. (2002). *Bilans énergétiques et gaz à effet de serre des filières de production de biocarburants*. Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie, Direction des ressources énergétiques et minérales, PriceWaterhouseCoopers, 132 p.

AEE (2004a). *Indicator factsheet. TERM 2003 27 EEA 31 — Overall energy efficiency and specific CO2 emissions for passenger and freight transport*. Agence Européenne de l'Environnement, 11 p.

AEE (2004b). *Indicator factsheet. TERM 2003 28 EEA 31 — Specific emissions of air pollutants*. Agence Européenne de l'Environnement, 9 p.

AEE (2007). *Estimating the environmentally compatible bioenergy potential from agriculture*. Agence Européenne de l'Environnement, 138 p.

AEE (2008). *Climate for a transport change. TERM 2007: indicators tracking transport and environment in the European Union*. Agence Européenne de l'Environnement, 56 p.

AFP (2008). *"Croissance brutale" du travail forcé dans les champs de canne à sucre au Brésil*. Le Monde, p. 5.

AGRESTE (2008). *Dans le sillon du non-labour. Agreste Primeur n°207*. AGRESTE, 4 p.

AIE et OCDE (2006). *World Energy Outlook 2006. Résumé et conclusions*. Agence Internationale de l'Energie, 15 p.

Almunia, M. (2005). *Communication de M. ALMUNIA aux membres de la Commission : Indicateurs de développement durable pour suivre la mise en oeuvre de la stratégie de développement durable de l'UE*. Commission des Communautés Européennes.

Ayong Le Kama, A., C. Lagarenne, et al. (2004). *Indicateurs Nationaux du Développement Durable : Lesquels retenir ?* 240 p.

Azar, C., J. Holmberg, et al. (1996). *Socio-ecological indicators for sustainability*. Ecological Economics **18**: p. 89-112.

Barrera-Roldan, A. et A. Saldivar-Valdes (2002). *Proposal and application of a Sustainable Development Index*. Ecological Indicators **2**(3): p. 251-256.

Bauer, R. A., A. Biderman, et al. (1966). *Social Indicators*, MIT Press. 380 p.

Benoist, A., D. Dron, et al. (2008a). *Analyse critique des études existantes sur la production et l'utilisation des carburants végétaux : Critique des analyses de cycle de vie et bilans énergétiques, et recommandations d'approfondissement. Rapport final, 2nde partie*. Centre d'énergétique, Mines Paris, 154 p.

Benoist, A., D. Dron, et al. (2008b). *Analyse critique des études existantes sur la production et l'utilisation des carburants végétaux. Résumé à l'intention des décideurs*. Centre d'énergétique, Mines Paris, 18 p.

Benoist, A., D. Dron, et al. (2008c). *Méthodologie de l'Analyse de Cycle de Vie : Normes et méthodes courantes. Rapport final, 1ère partie*. Centre d'énergétique, Mines Paris, 58 p.

Bordet, J. et J.-M. Michez (2006). *Mise en oeuvre du plan biocarburant au regard de la protection de la ressource en eau*. Conseil général de l'agriculture, de l'alimentation et des espaces ruraux, Inspection générale de l'environnement, 38 p.

Boughriet, R., *Eurobaromètre : 62% des Européens placent le changement climatique comme défi prioritaire*. Actu-Environnement.com (12/09/08), www.actu-environnement.com/ae/news/eurobarometre_ue_changement_climat_perception_5675.php4, accès: 18/09/2008.

Boulanger, P.-M. (2005). *Les indicateurs de développement durable : un défi scientifique, un enjeu démocratique*. Chaire développement durable EDF - Ecole Polytechnique, 27 p.

Boulanger, P.-M., P.-Y. Thomas, et al. (2003). *Mesurer le développement durable en Belgique : quels rôles pour les processus participatifs ?* Institut pour un développement durable, Centruum voor duurzame (CDO),167 p.

Bourgue, P. A., *Planète Terre*. Département de Géologie et de Génie géologique de l'Université de Laval, Québec, www.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/intro.pt/planete_terre.html, accès: 04/12/08.

Boutaud, A. (2003). *Fracture sociale, fracture écologique : la Terre est malade… et si on changeait de thermomètre ?* WWF, 19 p.

Bovar, O., M. Desmotes-Mainard, et al. (2008). *Les indicateurs de développement durable*. INSEE, 23 p.

Brown, L. R. (2006). *Plan B 2.0 : Rescuing a Planet Under Stress and a Civilization in Trouble*, Earth Policy Institute. 266 p.

Brundtland, G. H. (1987). *Our Common Future*. United Nations, 318 p.

Buclet, N. et A.-L. Fèvre *Comment concilier agriculture durable et compétitivité d'un territoire à dominante agricole? (Article soumis).*

CBD (2007). *New and emerging issues relating to the conservation and sustainable use of biodiversity : Biodiversity and liquid biofuel production. Convention on Biological Diversity, Note by the Executive Secretary.* 12 p.

CCE (2002). *Vers un partenariat mondial pour un développement durable. Communication de la Commission au Parlement Européen, au Conseil, au Comité Economique et Social et au Comité des Régions*. Commission des Communautés Européennes.

CCE (2005). *Plan d'action dans le domaine de la biomasse*. Commission des Communautés Européennes, 49 p.

CCE (2006). *Stratégie de l'Union Européenne en faveur des biocarburants*. Commission des Communautés Européennes, 30 p.

CCE (2007). *Rapport de situation sur les biocarburants : Rapport sur les progrès accomplis en matière d'utilisation de biocarburants et d'autres carburants renouvelables dans les États membres de l'Union européenne*. Commission des Communautés Européennes, 18 p.

Chen, S. et M. Ravallion (2008). *The Developing World Is Poorer Than We Thought, But No Less Successful in the Fight against Poverty*. Banque Mondiale, 46 p.

Colborn, T., D. Dumanoski, et al. (1998). *L'Homme en voie de disparition ?*, Terre Vivante. 316 p.

Coméliau, C. (2006). *La croissance ou le progrès? Croissance, décroissance, développement durable*. Paris, Seuil. 312 p.

Cook, D. (2004). *The Natural Step - Towards a Sustainable Society*, Green Books. 92 p.

Deprost, M., *Henry-Hervé Bichat: l'humanité devra relever le défi de la biomasse (27/05/2008)*. www.enviscope.com, www.enviscope.com/15121-Bichat-agriculture-agronomie-Afrique.html, accès: 04/12/2008.

Donner, S. D. et C. J. Kucharik (2008). *Corn-based ethanol production compromises goal of reducing nitrogen export by the Mississippi River*. PNAS **105**(11): p. 4513-4518.

Doornbosch, R. et R. Steenblik (2007). *Biofuels : is the cure worse than the disease?* OCDE, 57 p.

Dupont, G. (2008). *L'ONU tente de réguler la course à l'eau souterraine*. Le Monde, 31 octobre 2008, p. 4.

Ecobilan, FCB, et al. (2008). *Bioéthanol de betterave : résultats des analyses de cycle de vie. Résultat de l'étude Ecobilan / PricewaterhouseCoopers sur l'éthanol de betterave du site d'Arcis-sur-Aube.* Ecobilan, 4 p.

EEB (2005). *EEB position on Biomass and Biofuels: the need for well defined sustainability criteria*. European Environmental Bureau, 8 p.

Eickhout, B., G. J. van den Born, et al. (2008). *Local and global consequences of the EU renewable directive for biofuels. Testing the sustainability criteria*. Netherlands Environmental Assessment Agency, 70 p.

EPFL (2008). *Global principles and criteria for sustainable biofuels production : Version Zero*. Roundtable on Sustainable Biofuels, 9 p.

EurObserv'ER (2008). *Baromètre Biocarburants*. Systèmes solaires, le journal des énergies renouvelables, 2008/06, p. 49-66.

Eurostat (2005). *Rapport final de la Task-Force sur les Indicateurs de Développement Durable au Comité du Programme Statistique*. Eurostat, 33 p.

Eurostat (2006). *Mesure des progrès accomplis sur la voie d'une Europe plus durable : Les indicateurs de développement durable de l'Union européenne - Données 1990-2005*. Eurostat, 266 p.

Fabregat, S., *Reach : le grand défi de la mise en application du texte (25 avril 2008)*. www.actu-environnement.com, accès: 04/12/08.

FAO (2007). *Coping with water scarcity : challenge of the twenty-first century*. FAO, 29 p.

FAO (2008). *La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture*. FAO, 156 p.

Fargione, J., J. Hill, et al. (2008). *Land Clearing and the Biofuel Carbon Debt*. Sciencexpress, 4 p.

FarmEcon LLC (2008). *Biofuel Support Policy Costs to the U.S. Economy*. FarmEcon LLC, 37 p.

Fèvre, A.-L. (2008). *Biocarburants et développement durable*. Bulletin de veille de l'INERIS **n°18**(Juin 2008): p. 4.

Fèvre, A.-L., J.-M. Brignon, et al. (2007). *Sustainability Assessment for Biomass Valorisation Projects: Application to First Generation Biofuels Production*. International Congress on Biodiesel: The Science and the Technologies, Vienna.

Fo, S. (2008). *En 2008, le trou dans la couche d'ozone a culminé à 27.2 millions de km²*. Le Monde, 18 novembre 2008, p. 5.

Foulquier, E. (2007). *Le froid, les agrumes et la mer. Logiques de flux, logiques d'espace dans le bassin de la Plata (Argentine, Uruguay)*. Géographie, économie, société **9**(3): p. 315-327.

Gadrey, J. (2002). *De la croissance au développement : à la recherche d'indicateurs alternatifs*. Séminaire DARES (Direction de l'animation de la recherche, des études et des statistiques), Paris.

GIEC (2007). *Climate Change 2007 : Synthesis Report*. Intergovernemental Panel on Climate Change (IPCC), 52 p.

Gonzalez, R., A. Murarka, et al. (2008). *A new model for the anaerobic fermentation of glycerol in enteric bacteria: Trunk and auxiliary pathways in Escherichia coli*. Metabolic Engineering **10**(5): p. 234-245.

Greenpeace (2005). *Toxiques en héritage*. 57 p.

Hardi, P. et T. Zdan (1997). *Assessing Sustainable Development : Principles in Practice*. IISD, 175 p.

His, S. (2007). *Panorama 2007 : Les nouvelles filières biocarburants*. IFP.

Hurry, G. D., M. Hayashi, et al. (2008). *Rapport de l'évaluation indépendante. Commission Internationale pour la Conservation des Thonidés de l'Atlantique (ICCAT)*. Commission Internationale pour la Conservation des Thonidés de l'Atlantique, 115 p.

IAASTD (2008). *Agriculture et developpement : un résumé de l'Evaluation internationale des sciences et technologies agricoles pour le développement*. International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development, 6 p.

IFEN (1998). *Test des indicateurs de développement durable des Nations unies : Rapport de la France. Etudes et Travaux n° 17*. Institut Français de l'Environnement, 57 p.

INRA, *Le rôle positif des prairies dans le stockage du carbone*. INRA, www.inra.fr/presse/role_positif_prairies_stockage_carbone, accès: 17/07/08.

Jancovici, J.-M. et A. Grandjean (2006). *Le plein, s'il vous plait, la solution au problème de l'énergie*, Seuil. 185 p.

Kan, E. (2008). *L'inéluctable conversion à la chimie verte*. La Tribune, 3 septembre 2008, p. 30.

Klein, A. M., B. E. Vaissière, et al. (2006). *Importance of pollinators in changing landscapes for world crops*. Proceedings of the Royal Society of London Series B : Biological Science.

Kunstler, J. (2005). *La fin du pétrole : le vrai défi du XXIème siècle*, Plon. 370 p.

Levrel, H. (2006). *Biodiversité et développement durable : quels indicateurs ?* UMR 51-73, Département Ecologie et Gestion de la Biodiversité, Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales, 406 p.

Marlair, G., M. Demissy, et al. (2007). *Un nouveau challenge : offrir une alternative au kérosène*. La Lettre Techniques de l'Ingénieur - Energie(11): p. 10-11.

Marlair, G., P. Rotureau, et al. (2008). *Booming development of biofuels for transport: Is fire safety of concern?* Fire and Materials(published online : Jun 20 2008 (http://www3.interscience.wiley.com/journal/108568393/issue)): p. n/a.

Marlair, G., P. Rotureau, et al. (2007). *La maîtrise des risques technologiques comme indicateur de développement durable des nouvelles filières énergétiques : une réflexion assise sur le cas des biocarburants*. Premier congrès international sur l'ingénierie des risques industriels, Montreal, Canada.

Marris, E. (2007). *What to let go ?* Nature, 08/11/2007, p. 152-155.

Mastny, L. (2008). *Chaque année, l'industrie du cuivre utilise une base de ressources "non renouvelable"*. L'état de la planète n°31, mai-juin 2008, p. 24-25.

Max-Neef, M. (1991). *Human scale development : Conception, application and further reflections*. New York, The Apex Press. 114 p.

McNeil, J. R. et P. M. Kennedy (2001). *Something new under the sun : an environmental history of the Twentieth Century World*, Norton, W. W. & Company, Inc. 416 p.

Meadows, D. (1998). *Indicators and information systems for sustainable development*. Balaton Group, 95 p.

Millenium Ecosystem Assessment (2005). *Ecosystems and human well-being : Biodiversity synthesis*. World Resources Institute, 100 p.

Montagne, X. (2005). *Biocarburants - Les carburants liquides*. *La Chimie verte*. P. Colonna. Paris, Lavoisier**:** p. 419-439.

Nahon, D. (2008). *L'épuisement de la Terre*. Paris, Odile Jacob. 235 p.

Nussbaum, M. (1990). *Aristotelian Social Democracy*. *Liberalism and the Good*. R. B. Douglas, G. M. Mara et H. S. Ridchardson. New York & London, Routledge**:** p. 203-252.

Ny, H., J. P. MacDonald, et al. (2006). *Sustainability Constraints as System Boundaries : An approach to making life-cycle management strategic*. Journal of Industrial Ecology **10**(1-2): p. 61-77.

OCDE (2002). *Glossaire des principaux termes relatifs à l'évaluation et la gestion axée sur les résultats*, OCDE. 40 p.

OCDE (2008). *Évaluation économique des politiques de soutien aux biocarburants. Résumé*. OCDE, 8 p.

Office Fédéral de la Statistique Suisse, *MONET : Mesurer le développement durable*. Office Fédéral de la Statistique, http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/fr/index/themen/21/02/01.html, accès: 2006/08.

Ogier, T. (2008). *Le Brésil en croisade pour l'éthanol*. Les Echos, 6 mai 2008, p. 8.

OMM, *Communiqué de presse n° 829 : Le trou d'ozone plus grand en 2008 qu'en 2007*. Organisation Météorologique Mondiale, www.wmo.int/pages/mediacentre/press_releases/pr_829_fr.html, accès: 04/12/08.

ONU (2001). *Indicators of sustainable development : Guidelines and methodologies*. ONU, Commission on Sustainable Development, 315 p.

ONU (2002). *Rapport du Sommet mondial pour le développement durable de Johannesbourg*. ONU, 195 p.

ONU, *Agenda 21*. ONU, http://www.un.org/esa/sustdev/documents/agenda21/french/action0.htm, accès: octobre 2006.

ONU (2007). *Sustainable Bioenergy : a framework for decision makers*. UN-Energy, 57 p.

Paillet, Y., L. Bergès, et al. (en révision). *Biodiversity response to forest management varies widely with taxonomic and ecological groups: a meta-analysis in Europe*.

Perret, B. (2002). *Indicateurs sociaux. Etat des lieux et perspectives*. Conseil de l'Emploi, des Revenus et de la Cohésion sociale, 37 p.

Pingault, N. et B. Préault (2007). *Indicateurs de développement durable : un outil de diagnostic et d'aide à la décision. Notes et études économiques n°28*. Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, pp. 7-43.

Pinter, L., P. Hardi, et al. (2005). *Indicators of Sustainable Development: Proposals for a Way Forward - Discussion Paper Prepared under a Consulting Agreement on behalf of the UN Division for Sustainable Development*. International Institute for Sustainable Development, 42 p.

Pison, G. (2007). *Tous les pays du monde*. Institut National d'Eudes Démographiques (INED), 8 p.

PNUE (2008). *PNUE Annuaire 2008. Tour d'horizon d'un environnement en pleine mutation.* UNEP, 50 p.

Prieur-Vernat, A. et S. His (2007). *Panorama 2007 : Les biocarburants dans le monde*. IFP.

Robert, K.-H. (2000). *Tools and concepts for sustainable development, how do they relate to a general framework for sustainable development, and to each other?* Journal of Cleaner Production **8**(3): p. 243-254.

Robèrt, K.-H. (2000). *Tools and concepts for sustainable development, how do they relate to a general framework for sustainable development, and to each other?* Journal of Cleaner Production **8**(3): p. 243-254.

Robert, K.-H., B. Schmidt-Bleek, et al. (2002). *Strategic sustainable development -- selection, design and synergies of applied tools*. Journal of Cleaner Production **10**(3): p. 197-214.

Robèrt, K.-H., B. Schmidt-Bleek, et al. (2002). *Strategic sustainable development -- selection, design and synergies of applied tools*. Journal of Cleaner Production **10**(3): p. 197-214.

Rodrigues, A. (2007). *Premières victimes : les coupeurs de canne. Dossier spécial : Biocarburants, l'arnaque*. Courrier International, 24-30 mai 2007, p. 13.

Rossi, A. et Y. Lambrou (2008). *Gender and Equity Issues in Liquid Biofuels Production – Minimizing the Risks to Maximize the Opportunities*. FAO, 36 p.

Sacquet, A.-M. (2002). *Atlas mondial du développement durable*, Autrement. 77 p.

Sadones, P. (2006). *Les biocarburants : Quel intérêt ? Quelles perspectives ?* EDEN, 24 p.

Sen, A. (1999). *La possibilité du choix social - Conférence Nobel*. Revue de l'OFCE, n°70.

Sen, A. (2003). *L'économie est une science morale*, La Découverte. 125 p.

SOLAGRO (2006). *La monoculture et ses dangers pour l'environnement*. SOLAGRO, 4 p.

Theys, J. (1997). *A la recherche du développement durable : un détour par les indicateurs. Le développement durable, de l'utopie au concept. De nouveaux chantiers pour la recherche*. M. Jollivet**:** p. 269-279.

Thouvenot, T. (2007). *Newsletter empreinte écologique. Dossier spécial : les indicateurs de développement durable*. WWF, 13 p.

Tirole, J. (1988). *The Theory of Industrial Organization*. Cambridge, Massachussets, The MIT Press. 479 p.

Tirole, J. (1990). *L'économie politique de la réglementation*. L'Actualité économique **66**(3): p. 305-318.

Tuquoi, J.-P. (2008). *Une conférence internationale pour sauver le thon rouge, victime de surexploitation*. Le Monde, 19 novembre 2008, p. 4.

Turner, B. T., R. J. Plevin, et al. (2007). *Creating Markets for Green Biofuels*. University of California Berkeley, 62 p.

UNDESA, CSD, et al. (2006). *Global Trends and Status of Indicators of Sustainable Development : Background Paper submitted to the Commission on Sustainable Development.* UNDESA, CSD, DSD, 8 p.

Van de Kerk, G. et A. R. Manuel (2008). *A comprehensive index for a sustainable society: The SSI -- the Sustainable Society Index*. Ecological Economics **66**(2-3): p. 228-242.

Viveret, P. (2002). *Reconsidérer la richesse, Mission « Nouveaux facteurs de richesse »*. Secrétariat d'Etat à l'économie solidaire, 135 p.

WWF (2004). *Chemical Check Up : An analysis of chemicals in the blood of Members of the European Parliament*. 48 p.

WWF, Zoological Society of London, et al. (2006). *Rapport Planète Vivante 2006*. WWF, ZSL, GFN, 44 p.

Zaccaï, E. et T. Bauler (à paraître). *Indicateurs pour un développement durable. Dictionnaire du Développement Durable belge*, IDD**:** p. 8.

TABLE DES ANNEXES

ANNEXE 1 – LES GRANDS CYCLES BIOGEOCHIMIQUES TERRESTRES..... 333

ANNEXE 2 – L'APPEL DE PARIS 337

ANNEXE 3 – ROUNDTABLE ON SUSTAINABLE DEVELOPMENT (RSB) 343

ANNEXE 4 – PROPOSITION DE DIRECTIVE DU PARLEMENT EUROPEEN ET DU CONSEIL SUR LA PROMOTION ET L'USAGE DES ENERGIES RENOUVELABLES (2008). EXTRAIT : ARTICLES 15, 16 ET 17..... 353

ANNEXE 5 – LES 27 PRINCIPES DE LA DECLARATION DE RIO SUR L'ENVIRONNEMENT ET LE DEVELOPPEMENT 357

ANNEXE 6 – AGENDA 21 : SOMMAIRE DETAILLE..... 361

ANNEXE 7 – DETAIL DES CRITERES D'EVALUATION DES PROJETS UTILISES PAR LE POLE IAR DE 2005 A DEBUT 2008..... 363

ANNEXE 8 – PROGRAMME DU SEMINAIRE SUR LE DEVELOPPEMENT DURABLE ORGANISE EN JUIN 2006 POUR LES MEMBRES DU POLE IAR..... 365

ANNEXE 9 – CATEGORIES D'IMPACTS ET ENJEUX DU DEVELOPPEMENT DURABLE ATTRIBUES A CHAQUE IMPACT POTENTIEL RECENSE, POUR LES ETAPES B A G DU CYCLE DE VIE D'UN PROJET TYPE DE VALORISATION D'AGRO-RESSOURCES..... 367

ANNEXE 10 – LISTE DES INDICATEURS..... 379

ANNEXE 11 – ARRETE DU 31/01/08 RELATIF AU REGISTRE ET A LA DECLARATION ANNUELLE DES EMISSIONS POLLUANTES ET DES DECHETS 383

ANNEXE 12 – EXTRAIT DU CONTENU DE L'ONGLET « INDICATEURS » D'IDDAGRO, VERSION EXCEL : LES INDICATEURS A RENSEIGNER. 395

ANNEXE 13 – EXTRAIT DU CONTENU DE L'ONGLET « CORRESPONDANCE IMPACTS – ENJEUX » D'IDDAGRO, VERSION EXCEL. 403

ANNEXE 14 – EXTRAIT DU CONTENU DE L'ONGLET « RECAPITULATIF INDICATEURS » D'IDDAGRO, VERSION EXCEL. 409

ANNEXE 15 – BASE INFORMATIONNELLE DES INDICATEURS 411

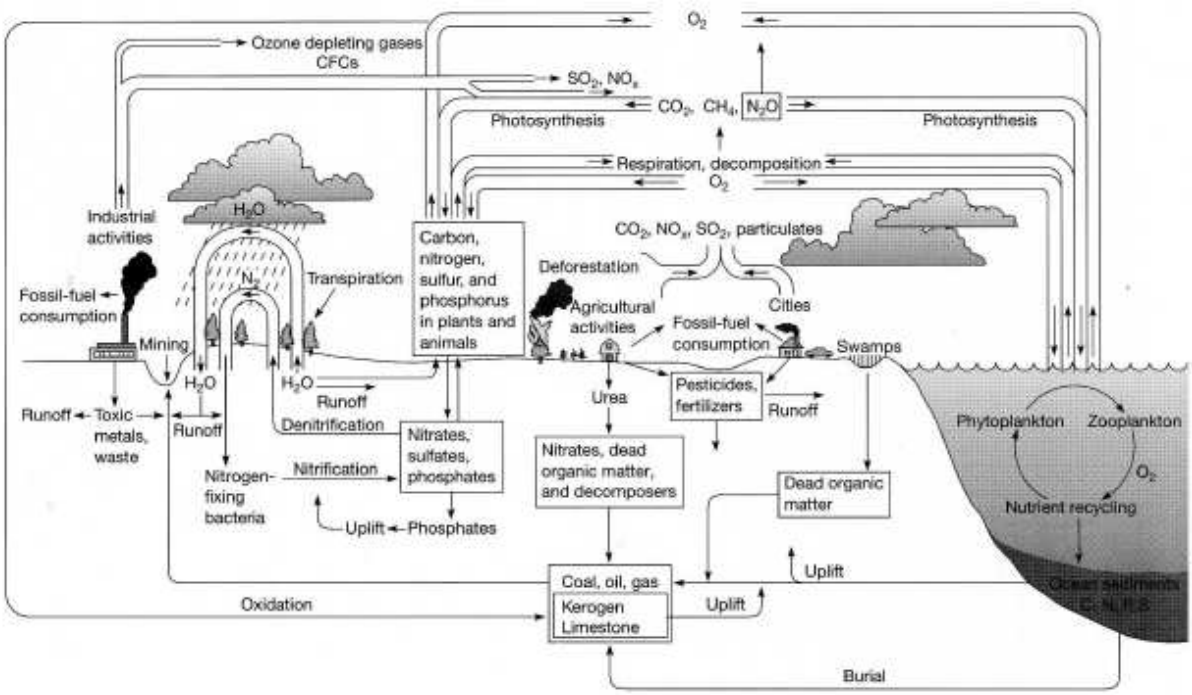
ANNEXE 16 – POSTER PRESENTE A LA CONFERENCE INTERNATIONALE DE VIENNE 417

ANNEXE 17 – CARTOGRAPHIES DE RAFFINERIES VEGETALES 419

ANNEXE 18 – PROPOSITION D'ETUDE DE CAS POUR LE SITE DE BAZANCOURT-POMACLE 423

ANNEXE 19 – PRESENTATION DE LA DEMARCHE D'ANALYSE ET D'EVALUATION 433

Annexe 1 – Les grands cycles biogéochimiques terrestres



Cycles biogéochimiques du Carbone (C), de l'oxygène (O), de l'azote (N), du soufre (S) et du phosphore (P). Source : Fonctionnement des systèmes naturels et perturbés, «Cycles biogéochimiques» Oxygène, Azote, Phosphore. Bruno Deflandre, Eric Viollier. www.ipgp.jussieu.fr/~viollier/enseignement/cours_fsnp_o2_2007.pdf.

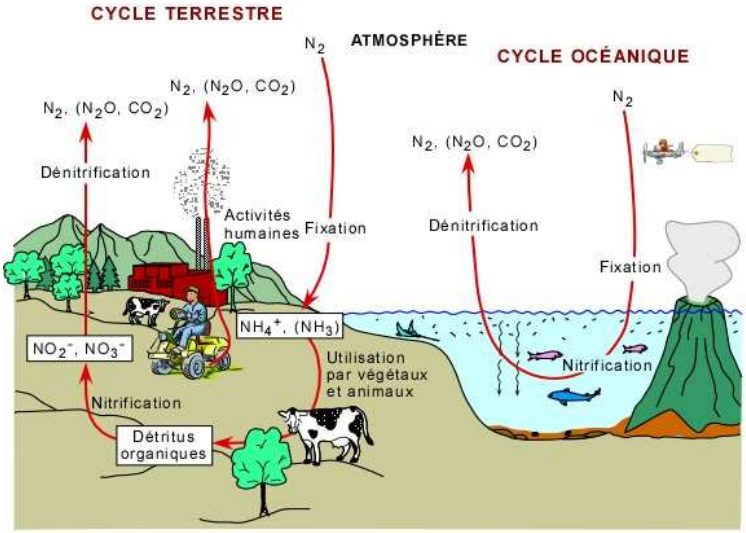


Schéma simplifié du cycle de l'azote. Source : Pierre-André Bourque, Université de Laval (http://www.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/intro.pt/planete_terre.html).

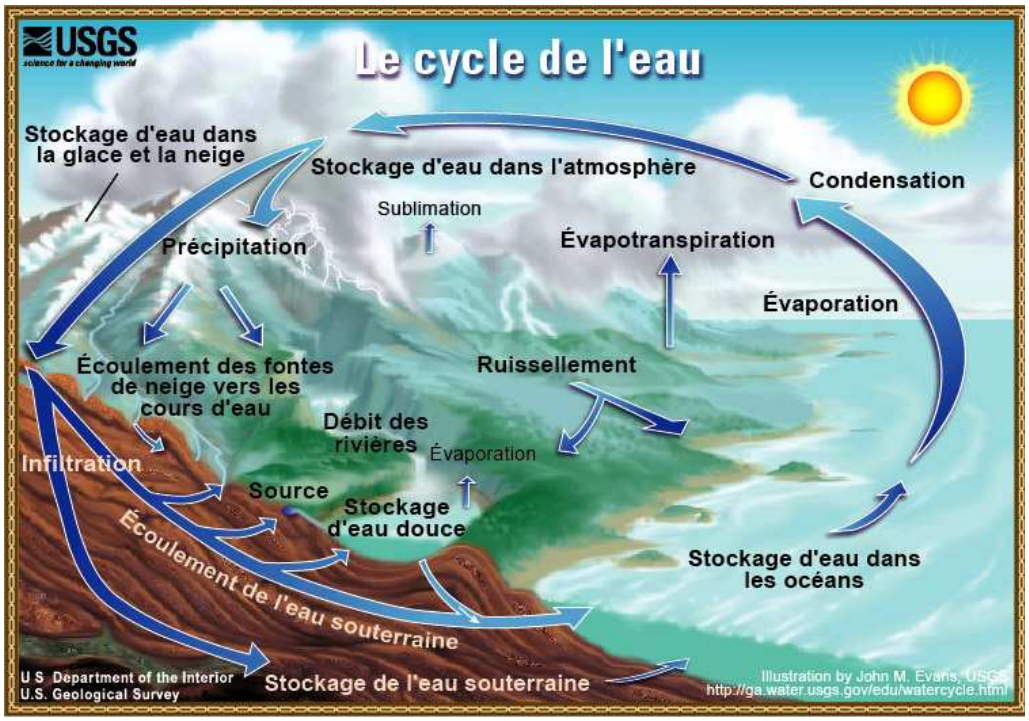


Schéma du cycle de l'eau. Source : http://ga.water.usgs.gov.

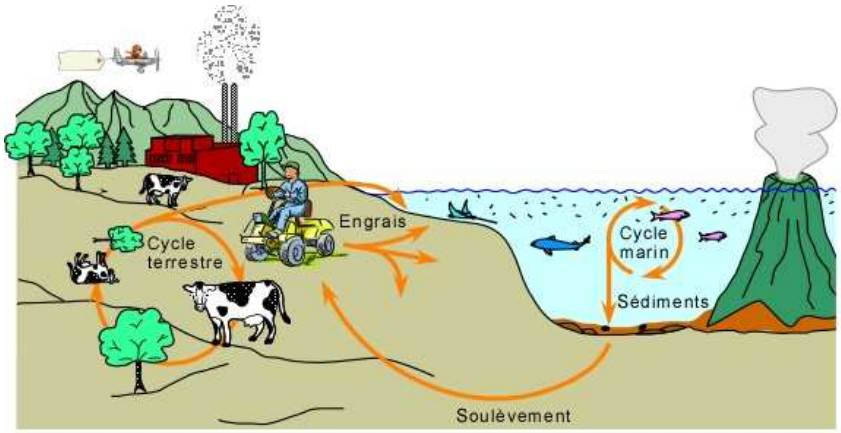


Figure n°27 Schéma simplifié du cycle du phosphore. Source : Pierre-André Bourque, Université de Laval (http://www.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/intro.pt/planete_terre.html).

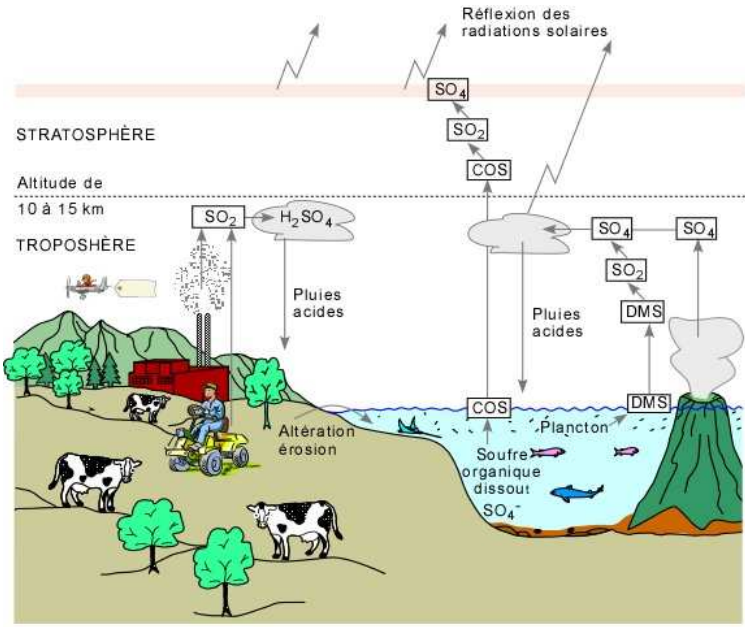


Schéma simplifié du cycle du soufre. Source : Pierre-André Bourque, Université de Laval (http://www.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/intro.pt/planete_terre.html).

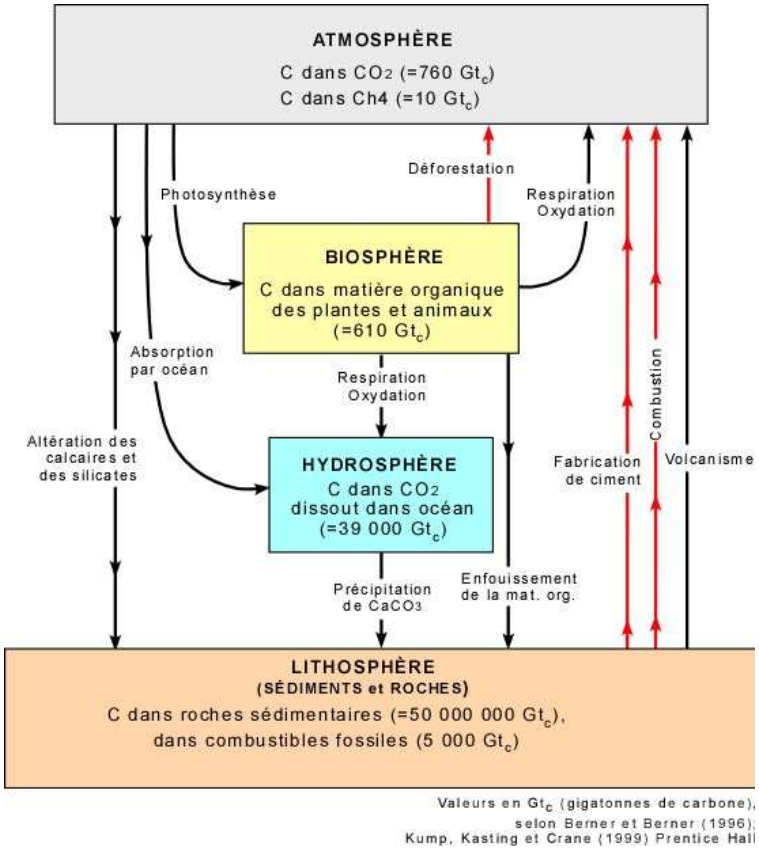


Schéma du cycle du carbone. Source : Pierre-André Bourque, Université de Laval (http://www.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/intro.pt/planete_terre.html).

Annexe 2 – L'Appel de Paris

Déclaration internationale sur les dangers sanitaires de la pollution chimique (2004).

L'Appel de Paris a recueilli l'adhésion et l'appui de personnalités éminentes telles que les deux Prix Nobel de Médecine français, les Professeurs François Jacob et Jean Dausset, de nombreux membres des Académies des Sciences et de Médecine parmi lesquels les Professeurs Jean Bernard, François Gros, Yves Coppens, Lucien Israel, Luc Montagnier, des personnalités médiatiques, humanistes comme Nicolas Hulot, Albert Jacquard, Boutros Boutros-Ghali (ancien secrétaire général de l'ONU).
L'Appel de Paris est un document de référence pour les instances européennes. Aujourd'hui, plusieurs centaines de scientifiques internationaux, près d'un millier d'ONG, et plus de 150 000 citoyens ont apporté leur signature à l'Appel. Il est signé par le Conseil national de l'Ordre des médecins ainsi que par l'ensemble des conseils nationaux de l'ordre des médecins et associations médicales représentatives des 25 Etats membres de l'Union européenne regroupés au sein du Comité permanent des médecins européens représentant deux millions de médecins européens.
L'objectif est de récolter, à l'échelle européenne, un million de signatures pour avoir du poids dans le processus décisionnel européen.

PREAMBULE

Rappelant que, selon la Constitution de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) du 7 avril 1948, la santé est un « état de complet bien-être physique, mental et social et ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité » ;
Rappelant l'attachement aux principes universels des Droits de l'Homme affirmés par la Déclaration universelle des Droits de l'Homme du 10 décembre 1948 et les deux pactes internationaux des Nations Unies relatifs aux droits économiques, sociaux et culturels et en particulier, son article 12.1, qui reconnaît le droit pour toute personne de jouir du meilleur état de santé physique et mentale qu'elle soit capable d'atteindre ;
Rappelant que la Conférence des Nations Unies sur l'environnement a affirmé dans la Déclaration de Stockholm du 16 juin 1972, que l'homme a un droit fondamental à la liberté, à l'égalité et à des conditions de vie satisfaisantes dans un environnement dont la qualité lui permette de vivre dans la dignité et le bien-être et que le droit à la vie même fait partie des droits fondamentaux ;
Rappelant que la Déclaration de La Haye sur l'environnement du 11 mars 1989, signée par 24 pays, a confirmé qu'il ne s'agit pas seulement du devoir fondamental de préserver l'écosystème, mais aussi du droit de vivre dignement, dans un environnement global viable et de l'obligation induite pour la communauté des nations vis à vis des générations présentes et futures d'entreprendre tout ce qui peut être fait pour préserver la qualité de l'atmosphère ;
Rappelant que la Convention relative aux droits de l'enfant du 20 novembre 1989 impose aux Etats parties dans son article 6 de reconnaître que « tout enfant a un droit inhérent à la vie » et d'assurer « dans toute la mesure possible la survie et le développement de l'enfant », et dans son article 24 de reconnaître « le droit de l'enfant de jouir du meilleur état de santé possible », et de prendre « les mesures appropriées pour (…) lutter contre la maladie (…) compte tenu des dangers et des risques de pollution du milieu naturel » ;
Rappelant que la Charte européenne sur l'Environnement et la Santé adoptée à Francfort le 8 décembre 1989 affirme que chaque personne est en droit de bénéficier d'un environnement permettant la réalisation du niveau le plus élevé possible de santé et de bien-être ;
Rappelant que la Résolution 45/94 de l'Assemblée générale des Nations Unies du 14 décembre 1990 sur la nécessité d'assurer un environnement salubre pour chacun déclare que chacun a le droit de vivre dans un environnement propre à assurer sa santé et son bien-être ;

Rappelant que la Convention sur la diversité biologique du 5 juin 1992 note dans son préambule que « lorsqu'il existe une menace de réduction sensible ou de perte de la diversité biologique, l'absence de certitudes scientifiques totales ne doit pas être invoquée comme raison pour différer les mesures qui permettraient d'en éviter le danger ou d'en atténuer les effets » ;
Rappelant que la Déclaration de Rio de Janeiro sur l'environnement et le développement du 13 juin 1992 a précisé, dans son premier principe, que les êtres humains sont au centre des préoccupations concernant le développement durable et qu'ils ont droit à une vie saine et productive en harmonie avec la nature et, dans son principe 15, que « pour protéger l'environnement, des mesures de précaution doivent être largement appliquées par les Etats selon leurs capacités. En cas de dommages graves ou irréversibles, l'absence de certitude scientifique absolue ne doit pas servir de prétexte pour remettre à plus tard l'adoption de mesures effectives visant à prévenir la dégradation de l'environnement » ;
Rappelant que les Etats parties à la Convention OSPAR pour la protection de l'Atlantique Nord-Est du 22 septembre 1992 doivent selon l'article 2 de l'Annexe 5 prendre « les mesures nécessaires à la protection de la zone maritime contre les effets préjudiciables des activités humaines, de manière à sauvegarder la santé de l'homme » avec un objectif de cessation des rejets, émissions et pertes de substances dangereuses dans l'environnement marin d'ici l'an 2020 ;
Rappelant que le Traité instituant la Communauté européenne précise dans son article 174 relatif à l'environnement que la politique de la Communauté dans le domaine de l'environnement contribue à la poursuite des objets suivants : la préservation, la production et l'amélioration de la qualité de l'environnement, la protection de la santé des personnes, l'utilisation prudente et rationnelle des ressources naturelles, la promotion sur le plan international des mesures destinées à faire face aux problèmes régionaux ou planétaires de l'environnement. Dans le § 2, cet article précise que la politique de la Communauté dans le domaine de l'environnement est fondée sur les principes de précaution et d'action préventive, sur le principe de la correction, par priorité à la source, des atteintes à l'environnement et sur le principe du pollueur-payeur ;
Rappelant que le protocole de Carthagène sur la prévention des risques biotechnologiques relatif à la convention sur la diversité biologique du 29 janvier 2000 réaffirme dans son préambule et son article premier l'approche de précaution consacrée par le principe 15 de la déclaration de Rio en considération des risques pour la santé humaine ;
Rappelant que la Convention de Stockholm du 22 mai 2001 reconnaît que « les polluants organiques persistants possèdent des propriétés toxiques, résistent à la dégradation, s'accumulent dans les organismes vivants et sont propagés par l'air, l'eau et les espèces migratrices » et précise dans son article 1 que l'objectif est de « protéger la santé humaine et l'environnement des polluants organiques persistants » ;
Rappelant que la Déclaration de Johannesburg sur le développement durable du 4 septembre 2002 a fustigé l'appauvrissement de la diversité biologique, la désertification, les effets préjudiciables du changement climatique, la fréquence accrue des catastrophes naturelles dévastatrices, la pollution de l'air, de l'eau et du milieu marin ;

CONSIDERATIONS SCIENTIFIQUES

§1. Considérant que la situation sanitaire se dégrade partout dans le monde ; que cette dégradation, bien que de nature différente, concerne aussi bien les pays pauvres que les pays riches ;
§2. Considérant que se développent des maladies chroniques recensées par l'OMS, en particulier des cancers ; que l'incidence globale des cancers augmente partout dans le monde ; qu'en ce qui concerne les pays fortement industrialisés, l'incidence des cancers est globalement croissante depuis 1950 ; que les cancers touchent toutes les tranches d'âge, aussi bien les personnes âgées que les personnes jeunes ; que la pollution chimique, dont l'amplitude exacte est encore inestimée, pourrait y contribuer pour une part importante ;
§3. Considérant que l'exposition à certaines substances ou produits chimiques provoque une augmentation du nombre de certaines malformations congénitales ;
§4. Considérant que la stérilité, en particulier masculine, qu'elle soit ou non la conséquence de malformations congénitales ou liée à une diminution de la qualité et/ou de la concentration en spermatozoïdes dans le sperme humain est en augmentation, notamment dans les régions fortement

industrialisées ; qu'aujourd'hui dans certains pays d'Europe, 15% des couples sont stériles ; que la pollution chimique peut être une des causes de stérilité ;
§5. Constatant que l'Homme est exposé aujourd'hui à une pollution chimique diffuse occasionnée par de multiples substances ou produits chimiques ; que cette pollution a des effets sur la santé de l'Homme ; que ces effets sont très souvent la conséquence d'une régulation insuffisante de la mise sur le marché des produits chimiques et d'une gestion insuffisamment maîtrisée des activités économiques de production, consommation et élimination de ces produits ;
§6. Constatant que ces substances ou produits sont de plus en plus nombreux : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP), dérivés organo-halogénés dont les dioxines et les PCB, amiante, métaux toxiques dont ceux qualifiés de métaux lourds comme le plomb, le mercure et le cadmium, pesticides, additifs alimentaires et autres etc.; que certains de ces produits ne sont pas ou peu biodégradables et persistent dans l'environnement ; qu'un grand nombre de ces produits contaminent l'atmosphère, l'eau, le sol, et la chaîne alimentaire ; que l'Homme est exposé en permanence à des substances ou produits toxiques persistants lesquels incluent les Polluants Organiques Persistants (POPs) ; que certaines de ces substances ou produits s'accumulent dans les organismes vivants, y compris dans le corps humain ;
§7. Considérant que la plupart de ces substances ou produits sont actuellement mis sur le marché sans avoir fait l'objet au préalable et de façon suffisante de tests toxicologiques et d'estimation des risques pour l'homme ;
§8. Considérant que ces nombreuses substances ou produits chimiques contaminent de façon diffuse l'environnement ; qu'elles peuvent interagir les unes avec les autres et exercer des effets toxiques additionnels et/ou synergiques dans les organismes vivants ; qu'il est dès lors devenu extrêmement difficile d'établir au plan épidémiologique la preuve absolue d'un lien direct entre l'exposition à l'une et/ou l'autre de ces substances ou produits et le développement des maladies ;
§9. Considérant qu'au plan toxicologique, un certain nombre de ces substances ou produits chimiques sont des perturbateurs hormonaux, qu'ils peuvent être cancérogènes, mutagènes ou reprotoxiques (CMR) chez l'homme, ce qui signifie qu'ils sont susceptibles d'induire des cancers, des malformations congénitales et/ou des stérilités ; que certaines de ces substances ou produits peuvent être en outre allergisants, induisant des maladies respiratoires, telles que l'asthme ; que certains d'entre eux sont neurotoxiques, induisant des maladies dégénératives du système nerveux chez l'adulte et une baisse de quotient intellectuel chez l'enfant ; que certains sont immunotoxiques, induisant des déficits immunitaires, en particulier chez l'enfant, et que ces déficits immunitaires sont générateurs d'infections, en particulier virales ; que les pesticides sont répandus volontairement en grande quantité dans l'environnement alors qu'un grand nombre d'entre eux sont des polluants chimiques toxiques pour l'animal et/ou pour l'homme et l'environnement ;
§10. Considérant que les enfants sont les plus vulnérables et les plus exposés à la contamination par ces polluants ; qu'un grand nombre de ces substances ou produits toxiques traversent la barrière placentaire et contaminent l'embryon ; qu'ils se concentrent dans le tissu graisseux et se retrouvent dans le lait des mères qui allaitent ; qu'en conséquence le corps de l'enfant présente le risque d'être contaminé dès la naissance ; que, de surcroît, l'enfant peut ingérer ces substances ou produits et/ou inhaler un air pollué par eux, en particulier dans l'habitat ;
§11. Considérant que ces substances ou produits polluants peuvent induire chez l'enfant des maladies dont celles citées au §9 ; qu'en particulier, un enfant sur sept en Europe est asthmatique, que l'asthme est aggravé par la pollution des villes et des habitations ; que l'incidence des cancers pédiatriques est croissante depuis ces 20 dernières années dans certains pays industrialisés ; qu'il résulte de ces considérations que l'enfant est aujourd'hui en danger ;
§12. Considérant que l'Homme est un mammifère consubstantiel à la flore et à la faune environnante ; qu'il est à l'origine de la disparition de plusieurs milliers d'espèces chaque année ; que toute destruction ou pollution irréversible de la flore et de la faune met en péril sa propre existence ;
§13. Considérant que la déclaration de Wingspread du 28 juillet 1991 signée par 22 scientifiques nordaméricains établit un lien entre la disparition d'espèces animales, sauvages ou domestiques et la contamination de l'environnement par certains de ces produits chimiques ; que l'Homme est exposé aux mêmes produits que les espèces animales sauvages ou domestiques ; que ces produits ont provoqué chez ces espèces animales des maladies (malformations congénitales, stérilités) ayant

entraîné leur disparition et que ces maladies sont comparables à celles observées aujourd'hui chez l'Homme ;
§14. Considérant que la pollution chimique sous toutes ses formes est devenue l'une des causes des fléaux humains actuels, tels que cancers, stérilités, maladies congénitales etc.; que la médecine contemporaine ne parvient pas à les enrayer ; que, malgré le progrès des recherches médicales, elle risque de ne pas pouvoir les éradiquer ;
§15. Considérant, en outre, que la pollution par émission des gaz à effet de serre provoque sans conteste une aggravation du réchauffement planétaire et une déstabilisation climatique ; que selon les prévisions scientifiques les moins pessimistes, en 2100, la température moyenne de la Terre risque d'augmenter de trois degrés centigrades ; que cette augmentation de température sera susceptible de favoriser la prolifération des virus, bactéries, parasites et vecteurs de ces agents infectieux ; que par conséquent, l'extension de leur niche écologique de l'hémisphère Sud à l'hémisphère Nord sera susceptible d'entraîner l'extension des maladies qu'ils induisent, et la réapparition dans les pays du Nord de maladies infectieuses et/ou parasitaires partiellement jugulées au siècle dernier, voire l'apparition de nouvelles maladies ;

DECLARATION

Nous, scientifiques, médecins, juristes, humanistes, citoyens, convaincus de l'urgence et de la gravité de la situation, déclarons que,

Article 1 : Le développement de nombreuses maladies actuelles est consécutif à la dégradation de l'environnement
Article 2 : La pollution chimique constitue une menace grave pour l'enfant et pour la survie de l'Homme
Article 3 : Notre santé, celle de nos enfants et celle des générations futures étant en péril, c'est l'espèce humaine qui est elle-même en danger.

Nous appelons les décideurs politiques nationaux, les instances européennes, les organismes internationaux, en particulier l'Organisation des Nations Unies (ONU), à prendre toutes les mesures nécessaires en conséquence, et en particulier :

Mesure 1 : interdire l'utilisation des produits dont le caractère cancérogène, mutagène ou reprotoxique (CMR) est certain ou probable chez l'Homme tel qu'il est défini par les instances ou organismes scientifiques internationaux compétents, et leur appliquer le principe de substitution ; exceptionnellement, lorsque la mise en oeuvre de ce principe est impossible et que l'utilisation d'un produit concerné est jugé indispensable, restreindre son utilisation au strict minimum par des mesures de contingentement ciblé extrêmement rigoureuses.

Mesure 2 : appliquer le principe de précaution vis à vis de tous produits chimiques pour lesquels, en raison de leur caractère toxique autre que celui défini dans la mesure 1 (voir §9 et 13), ou de leur caractère persistant, bioaccumulable et toxique (PBT), ou très persistant et très bioaccumulable (vPvB), tels que définis internationalement, il existe un danger présumé grave et/ou irréversible pour la santé animale et/ou humaine, et de façon générale pour l'environnement, sans attendre la preuve formelle d'un lien épidémiologique, afin de prévenir et d'éviter des dommages sanitaires ou écologiques graves et/ou irréversibles.

Mesure 3 : promouvoir l'adoption de normes toxicologiques ou de valeurs seuils internationales pour la protection des personnes, basées sur une évaluation des risques encourus par les individus les plus vulnérables, c'est à dire les enfants, voire l'embryon.

Mesure 4 : en application du principe de précaution, adopter des plans à échéance programmée et objectifs de résultat chiffrés, afin d'obtenir la suppression ou la réduction strictement réglementée de l'émission de substances polluantes toxiques et de l'utilisation de produits chimiques mis sur le

marché, tels que les pesticides sur le modèle de réduction d'utilisation de la Suède, du Danemark, ou de la Norvège.

Mesure 5 : en raison des menaces graves qui pèsent sur l'humanité, inciter les Etats à obliger toute personne publique ou privée à assumer la responsabilité des effets de ses actes ou de ses carences à agir, et lorsque cette responsabilité n'est pas du ressort d'un Etat, faire relever celle-ci d'une juridiction internationale.

Mesure 6 : S'agissant du réchauffement planétaire et de la déstabilisation climatique, cette responsabilité implique l'obligation pour les Etats de mettre en oeuvre des mesures fortes pour réduire les émissions de gaz à effet de serre sans attendre la mise en application effective du protocole de Kyoto.

Mesure 7 : concernant l'Europe, renforcer le programme REACH (Registration, Evaluation and Authorisation of CHemicals) de régulation de la mise sur le marché des produits chimiques de façon, notamment, à assurer la substitution des plus dangereux pour l'homme par des alternatives moins dangereuses, et concernant le monde, adopter une réglementation internationale de régulation de la mise sur le marché des produits chimiques sur le modèle du programme REACH dans une version renforcée.

Annexe 3 – Roundtable on Sustainable Development (RSB)

Global principles and criteria for sustainable biofuels production Version Zero (2008)

Preamble

In June 2007, the Steering Board of the Roundtable on Sustainable Biofuels (RSB) published draft principles for sustainable biofuels production, as the basis for a global stakeholder discussion around requirements for sustainable biofuels. Interested stakeholders were invited to join Working Groups and suggest criteria for achieving these principles, as well as rewording for the draft principles themselves. Over the past twelve months, stakeholders have discussed the criteria in about fifty Working Group and Expert Group teleconferences; four in-person stakeholder meetings in Brazil, China, South Africa, and India (totalling 200 participants); on-line via the Bioenergy Wiki; and via direct e-mails and phone calls to the Secretariat at the Swiss Federal Institute of Technology in Lausanne (EPFL).

The resulting draft standard – principles and criteria, along with key elements of the guidance for implementation – is presented in the following pages. While not every potentially interested stakeholder has been consulted on its content, the RSB Steering Board feels that a wide variety of stakeholder input has been gathered, such that interested parties could consider this a good first draft, or 'Version Zero' of a globallyapplicable standard for sustainable biofuels. Throughout this feedback process, the RSB has remained **committed to an equitable, open and transparent standards-setting process,** following the ISEAL Code of Good Practice for Standards-Setting and involving various stakeholder interests from many different countries and from all parts of the supply chain.

The standard was drafted largely based on work already conducted by the Forest Stewardship Council, the Dutch Cramer Commission, the Low Carbon Vehicle Partnership in the UK, the Roundtable on Sustainable Palm Oil, the ILO's Decent Work agenda, the Sustainable Agriculture Network, the Better Sugarcane Initiative, and other sustainable agriculture initiatives. The RSB remains committed to incorporating and recognizing other sustainability standards work, and to harmonizing and reducing any eventual reporting burdens as much as possible.

The standard below includes *principles* – general tenets of sustainable production – and *criteria* – conditions to be met to achieve these tenets. We have not yet developed *indicators*, the elements which enable evaluation as to whether a farm, producer, or company is meeting a particular criterion, but many of the Working Group discussions did start to develop the guidance for indicators and implementation. Due to space requirements of this overview document, we could not include all of the detailed guidance, nor the definitions of key terms, the good practices identified by stakeholders, or the exact scope/focus of responsibilities (farm, factory, etc.) for each criterion. We have only highlighted a few elements of the guidance which we thought essential to understanding the direction of the standard. Please refer to the http://EnergyCenter.epfl.ch/Biofuels website for the background documents with the full draft of each principle for the full guidance, scope, and the lists of terms to be defined. In general, we aim to be as practical as possible and focus responsibility for compliance with each criterion on the steps in the chain with the most potential impacts.

Finally, the standard does not attempt to quantify an amount of biofuels which could be consumed globally or whether, *as a whole*, biofuels are sustainable. Biofuels cannot replace all of our transport fuel consumption without significant changes in lifestyle and efficiency of use. We hope that these

standards will be used in conjunction with new, sustainable consumption patterns for all the planet's energy needs.

Next steps
The Steering Board is proposing a **further six-month round of global stakeholder feedback** on Version Zero of this draft standard, to ensure that producers, workers, farmers, financial institutions, NGOs, governments, and traders have been given ample opportunities to input into the process. The RSB will be organizing or co-organizing a series of stakeholder workshops around the world through February 2009, and encourages any stakeholder to collect feedback from colleagues, organize group discussions, and send any suggestions to the RSB Secretariat (e-mail: rsb@epfl.ch or telephone: +41 21 693 0079) during this time. All of the suggestions received by the Secretariat and resulting from stakeholder workshops will be synthesized by the Secretariat and will form the basis for the Steering Board's re-drafting of 'Version One' of the standard, to be published in April, 2009.

The RSB will also develop generic protocols and processes to guide companies and farmers so that they can field test the draft standard in their own supply chains in cooperation with third parties. Lessons learnt from these pilot and field tests will be shared in the Implementation Working Group, which will then make recommendations to modify the standard based on these lessons.

These six months will certainly not be the last round of feedback - as the science and understanding of biofuels progress, our understanding of biofuels' sustainability must be updated and the standard adapted periodically, at announced intervals so that business can plan accordingly. Similarly, the full indicators and definitions will need to be developed by the respective Working Groups, including perhaps national-level interpretations through a process yet to be determined by the Steering Board.

Finally, while continuous improvement and the eventual adoption of good agricultural practices is the goal of many stakeholders in the RSB, there is a recognition that small producers may have difficulties complying with some criteria. When discussing the implementation of the standard over the next months, there will be a need to balance some of the aspirational elements of the standard with practical business realities on the ground. Similarly, as part of a new and expanding sector subject to highly variable agricultural pricing, biofuels projects require significant investments that might limit their initial capacity to invest substantially in sustainability measures. Depending on the feedstock and on the level of development of the country of production, the investment required to comply with the RSB standard might vary significantly, especially where producers do not benefit from public support and where capital is scarce and expensive. For these reasons, the RSB's approach will favor gradual and balanced improvements in compliance with the standard.

A note on economic sustainability
According to the triple bottom line approach of sustainability, biofuels shall be environmentally sound, socially fair, and economically viable. While some aspects of the economic sustainability of biofuel projects can be assessed at the production unit level, others depend on national macro-economic policies. To ensure a level playing field for global biofuel production, domestic use and trade, macro-economic policies such as trade barriers and distortive subsidies that disrupt global food and biofuel markets should also be addressed by the appropriate authorities. If produced sustainably, biofuels can create opportunities for developing countries with a comparative advantage in their production to, in some cases, even export biofuels to countries that need them.

A note on direct vs. indirect impacts
Throughout the course of this first year of standards development, it became clear that many of the concerns about the sustainability of biofuels' production can be addressed by direct behaviours of farmers, traders, and processors. However, potentially large impacts can result from off-farm, macroeconomic interactions amongst food, fodder, fuel, and fiber markets. Complying with Principle 3 on greenhouse gas emissions and Principle 7 on conservation is compromised if converting currently productive land into biofuel production results in other lands with high amounts of stored carbon and/or High Conservation Values being converted into productive activities for food, fodder,

fuelwood, or other markets. Complying with Principle 6 on food security can also be beyond the control of the producer, if increased demand for biofuels results in higher global market prices for feedstocks and increased vulnerability for people who spend large amounts of their income on food.

As awareness about these potential impacts is only just developing, there is little consensus about their magnitude and what might be done to mitigate them. Recent agricultural commodity price increases can, for the most part, be attributed to factors unrelated to biofuel production, such as increasing food and fodder demand, speculation on international food markets, and incidental poor harvests due to extreme weather events. High oil prices and related high costs of fertilizers also have an impact on the price of agricultural commodities. Deforestation and loss of biodiversity had already reached unsustainable levels before the recent surges in biofuel demand, and it is difficult to link direct causality of land use changes in one region or country to biofuel production in another. Nevertheless, the potential for negative indirect impacts is high, and within the spirit of the Precautionary Principle, sustainable biofuel supporters should be assured that their good intentions do not have unintended consequences.

Unfortunately, there is to date no scientific consensus as to how to quantify the amount of land use change or food price increases attributable to biofuel production. As stated in the Sustainable Biofuel Consensus (*Available at :* http://EnergyCenter.epfl.ch/Biofuels) reached by a group of biofuels experts who met in Bellagio, Italy in April 2008, "addressing indirect impacts explicitly requires:

- continued global research to identify and quantify links between biofuels and land use change;
- mechanisms to promote biofuels that do not have negative land use change impacts;
- mechanisms that mitigate these negative impacts but do not unduly increase transaction costs for producers; and
- social safeguards at the national level, that ensure that vulnerable people are not further disadvantaged through food and energy price increases and other potential negative economic side effects."

The criteria below aim to address the *direct* activities that farmers and producers can undertake to prevent some of these unintended consequences. However, the Steering Board recognizes that many efforts to minimize these risks must be taken by governments in their policies that affect land use, land protection, biofuel promotion, and food security even in countries far away. Over the next year, the RSB shall collaborate with governments, international organizations, inter-governmental agencies, and concerned stakeholders to better understand the nature of these impacts and achieve consensus on how to measure and mitigate them.

Roundtable on Sustainable Biofuels – Standard for Sustainable Biofuels
'Version Zero' for global stakeholder feedback

Legality

1. Biofuel production shall follow all applicable laws of the country in which they occur, and shall endeavour to follow all international treaties relevant to biofuels' production to which the relevant country is a party.
Key guidance: Includes laws and treaties relating to air quality, water resources, soil conservation, protected areas, biodiversity, labor conditions, agricultural practices, and land rights, including for instance ILO, CBD, UNFCCC, and the Universal Declaration of Human Rights. This standard can go beyond national law, but cannot contradict or contravene national law.

Consultation, planning, and monitoring

2. Biofuels projects shall be designed and operated under appropriate, comprehensive, transparent, consultative, and participatory processes that involve all relevant stakeholders.

Key guidance: 'Biofuel projects' refers to farms and factories producing biofuels. The intent of this principle is to diffuse conflict situations through an open, transparent process of stakeholder consultation and acceptance, with the scale of consultation proportionate to the scale, scope, and stage of the project, and any potential conflicts. The RSB will develop a scoping process to help determine the extent of the stakeholder consultation based on key criteria. Where many farmers are engaging in the same activity in the same area, there should be flexibility for a group of farmers to combine their work.

2.a For new large-scale projects, an environmental and social impact assessment, strategy, and impact mitigation plan (ESIA) covering the full lifespan of the project shall arise through a consultative process to establish rights and obligations and ensure implementation of a long-term plan that results in sustainability for all partners and interested communities. The ESIA shall cover all of the social, environmental, and economic principles outlined in this standard.

Key guidance: The ESIA shall include the identification of High Conservation Value areas, biodiversity corridors, buffer zones, and ecosystem services; shall evaluate soil health; shall identify potential sources of air, water and soil pollution; shall evaluate potential impacts on water availability; shall cover a baseline social indicator assessment; shall include an economic feasibility study for all key stakeholders; shall identify potential positive and negative social impacts including job creation and potential loss of livelihoods; shall establish any existing water and land rights.

Small-scale producers or cooperatives unable to perform ESIAs will need support and/or modified ESIAs. 'Large-scale producers' and 'relevant stakeholders' will be defined in the indicators.

2.b For existing projects, periodic monitoring of environmental and social impacts outlined in this standard is required.

2.c The scope, length, participation and extent of the consultation and monitoring shall be reasonable and proportionate to the scale, intensity, and stage of the project and the interests at stake.

Key guidance: The focus of this principle shall be on mitigating any potential negative impacts of large-scale projects in regions where stakeholder conflict is potentially high.

2.d Stakeholder engagement shall be active, engaging and participatory, enabling local, indigenous, and tribal peoples and other stakeholders to engage meaningfully.

2.e Stakeholder consultation shall demonstrate best efforts to reach consensus through free prior and informed consent. The outcome of such consensus-seeking must have an overall benefit to all parties, and shall not violate other principles in this standard.

Key guidance: 'Free prior and informed consent' and 'consensus' will be carefully defined. Consensus-seeking will be used to find the best solutions and iron out any potential problems that may arise over the lifetime of the project. Consensus can be sought from a group selected from stakeholders, to prevent decision-blocking by any one group or individual.

2.f Processes linked to this principle shall be open and transparent and all information required for input and decision-making shall be readily available to stakeholders.

Key guidance: Good practices for stakeholder consultation will be developed. Smallholders will need support for complying.

Greenhouse gas emissions

3. Biofuels shall contribute to climate change mitigation by significantly reducing GHG emissions as compared to fossil fuels.

Key guidance: The aim of this principle is to establish an acceptable standard methodology for comparing the GHG benefits of different biofuels in a way that can be written into regulations and enforced in standards. The overriding requirement is therefore a methodology that is not susceptible to subjective assumptions or manipulation.

The fossil fuel reference shall be global, based on IEA projections of fossil fuel mixes.

3.a Producers and processors shall reduce GHG emissions from biofuel production over time.

Key guidance: The RSB shall investigate incentive mechanisms to promote those biofuels with significantly higher reductions than others, for instance by introducing performance categories based on percentage reductions as compared to fossil fuels.

3.b Emissions shall be estimated via a consistent approach to lifecycle assessment, with system boundaries from land to tank.

Key guidance: The scope shall include carbon embedded in the fuel but exclude vehicle technology. Carbon sequestered in the soil and plant matter and carbon emissions from direct and indirect land use change shall all be accounted for whenever accepted methodologies are available – per 3d and 3e. Lifecycle assessment tools that go beyond this scope (for instance that include vehicle technology) shall be recognized as long as any extra elements can be isolated to facilitate comparisons.

3.c At the point of verification, measured or default values shall be provided for the major steps in the biofuel production chain.

Key guidance: The RSB will develop criteria for the quality of acceptable default values and measurements, and work with other institutions to develop default values for typical supply chains in different regions to help small producers comply with this criterion.

3.d GHG emissions from **direct land use change** shall be estimated using IPCC Tier 1 methodology and values. Better performance than IPCC default values can be proven through models or field experiments.

3.e GHG emissions from **indirect land use change**, i.e. that arise through macroeconomic effects of biofuels production, shall be minimized. There is no broadly-accepted methodology to determine them. Practical steps that shall be taken to minimize these indirect effects will include:

o Maximising use of waste and residues as feedstocks; marginal, degraded or previously cleared land; improvements to yields; and efficient crops;

o International collaboration to prevent detrimental land use changes; and

o Avoiding the use of land or crops that are likely to induce land conversions resulting in emissions of stored carbon.

Key guidance: The use of residues and waste shall not violate Principle 8 on Soil. Careful definitions and guidelines for identifying preferred land (marginal, degraded, underutilized, etc.) will be needed. The RSB will work with key international and national agencies and experts to try to provide a methodology to measure the indirect impacts of biofuels production for inclusion in the assessment of compliance with this standard, and to give guidance to producers.

3.f The preferred methodology for GHG lifecycle assessment is as such:

o The functional unit shall be CO2 equivalent (in kg) per Giga Joule [kgCO2equ/GJ].

o The greenhouse gases covered shall include CO2, N2O and CH4. The most recent 100-year time horizon Global Warming Potential values and lifetimes from the IPCC shall be used.

Key guidance: The RSB will develop guidelines for how substitution, allocation by energy content, and allocation by market value should be used, as there is a risk of mistakes and variability in results. Waste products (defined by the IPCC as having no economic value) will have zero allocation of historical emissions. It is possible that the definition of 'waste' will be expanded beyond the IPCC definition

.

Human and labour rights

4. Biofuel production shall not violate human rights or labor rights, and shall ensure decent work and the well-being of workers.

Key guidance: Key international conventions such as the ILO's core labor conventions and the UN Declaration on Human Rights shall form the basis for this principle. Employees, contracted labour, small outgrowers, and employees of outgrowers shall all be accorded the rights described below. 'Decent work', as defined by the ILO, will be the aspirational goal for this principle.

4.a Workers will enjoy freedom of association, the right to organise, and the right to collectively bargain.

Key guidance: In countries where the law prevents collective bargaining or unionisation, special measures must be developed within the framework of the project implementation plan to ensure that workers can engage with the project owners or partners while being protected from breaking the law.

4.b No slave labour or forced labour shall occur.

4.c No child labour shall occur, except on family farms and then only when work does not interfere with the child's schooling.

4.d Workers shall be free of discrimination of any kind, whether in employment or opportunity, with respect to wages, working conditions, and social benefits.

4.e Workers' wages and working conditions shall respect all applicable laws and international conventions, as well as all relevant collective agreements. They shall also be determined by reference to, at a minimum, the conditions established for work of the same character or offered by comparable employers in the country concerned.

4.f Conditions of occupational safety and health for workers and communities shall follow internationally-recognised standards.

Key guidance: Applicable standards will be referenced by the RSB in the full guidance.

Rural and social development

5. Biofuel production shall contribute to the social and economic development of local, rural and indigenous peoples and communities.

5.a The ESIA carried out under 2a and monitoring required under 2b shall result in a baseline social assessment of existing social and economic conditions and a business plan that shall ensure sustainability, local economic development, equity for partners, and social and rural upliftment through all aspects of the value chain.

Key guidance: Small producers will need support or reduced requirements for this criterion. Large producers and processors shall work with local governmental and non-governmental agencies to ensure the proper application of this criterion. There should be measured improvements in the social and economic indicators as set against the baseline and targets, in proportion to the scale and extent of the project and the region in which it is located. The ILO's Decent Work Agenda is a recommended tool for assessing local impacts. The following best practices should be aimed for in the projects: Local ownership, local employment and livelihood opportunities, opportunities for the labour force in the off-season to ensure stable local communities, diversification of crops if shown to improve local economic conditions of communities, training, value added products, credit facilities for local communities and small outgrowers (e.g. through micro credit schemes supported by buyers and/or financial institutions), and/or provision of biofuel or bioenergy to local communities to promote energy security. Appropriate institutional structures should be developed, such as co-operatives that encourage and maximize local involvement and management.

5.b Special measures that benefit women, youth, indigenous communities and the vulnerable in the affected and interested communities shall be designed and implemented, where applicable.

Key guidance: Large producers and processors shall work with local governmental and non-governmental agencies to ensure the proper application of this criterion in proportion to the scale of the project

.

Food security

6. Biofuel production shall not impair food security.

6.a Biofuel production shall minimize negative impacts on food security by giving particular preference to waste and residues as input (once economically viable), to degraded/marginal/underutilized lands as sources, and to yield improvements that maintain existing food supplies.

Key guidance: Clear definitions are needed for waste, residues, and degraded/marginal/underutilized land. ESIA should ensure that these lands were not used for livelihoods support, or that benefits of use for biofuels outweigh any loss of livelihoods. All of these definitions are time-dependent; unused land might come into production anyway given climate change as well as population and wealth growth. These criteria and definitions should be periodically re-assessed. The RSB will examine different tools for incenting the use of these preferred sources of biofuels.

6.b Biofuel producers implementing new large-scale projects shall assess the status of local food security and shall not replace staple crops if there are indications of local food insecurity.

Key guidance: The RSB will work with other actors to develop tools for assessing local food insecurity. To mitigate local food security impacts, the biofuel project could, for instance: take the

maximum food value from the crop and use the remainder as an energy stock, offset impacts via economic instruments, and/or intercrop food and fuel.

Conservation

7. Biofuel production shall avoid negative impacts on biodiversity, ecosystems, and areas of High Conservation Value.

Key guidance: HCV areas, native ecosystems, ecological corridors and public and private biological conservation areas can only be exploited as far as conservation values are left intact and can in no case be converted. Definitions of these terms and an appropriate cut-off date will be developed by the RSB.

7.a High Conservation Value areas, native ecosystems, ecological corridors and other public and private biological conservation areas shall be identified and protected.

Key guidance: Identification and mapping of HCV areas should be undertaken by governmental, inter-governmental, and conservation organizations, as part of larger processes involving non-biofuel sectors. Where such mapping is occurring, the results shall be respected by producers. Where such maps do not exist, large-scale producers shall use existing recognized toolkits such as the HCV toolkit or the IBAT. Producers or cooperatives unable to perform an environmental impact assessment and/or a land management plan will need support. The use of native crops shall be preferred. Hunting, fishing, ensnaring, poisoning and exploitation of endangered and legally protected species are prohibited on the production site.

7.b Ecosystem functions and services shall be preserved.

Key guidance: Ecosystem (ecological) functions are described in other systems, for instance FSC criterion 6.3. Ecosystem services are provisioning, regulating, cultural and supporting services obtained by people from ecosystems, as described in the Millennium Ecosystem Assessment. Specific ecosystem functions and services relevant to an area of production shall be locally defined.

7.c Buffer zones shall be protected or created.

7.d Ecological corridors shall be protected or restored.

Soil

8. Biofuel production shall promote practices that seek to improve soil health and minimize degradation.

8.a Soil organic matter content shall be maintained at or enhanced to its optimal level under local conditions.

Key guidance: The optimal level of organic matter is to be defined through the consultation of local experts, communities and producers, taking into account local climatic, geologic and ecologic conditions. Realistic targets should be set, in accordance with the producers' capacities and on a reasonable timeline. Follow-up indicators should focus on the implementation of recognized good practices. The use of agrarian residual products, including lignocellulosic material, must not be at the expense of other essential functions for the maintenance of soil organic matter (e.g. compost, mulch).

8.b The physical, chemical, and biological health of the soil shall be maintained at or enhanced to its optimal level under local conditions.

Key guidance: Soil erosion must be minimized through the design of the plantation or production site and use of sustainable practices (where possible: use of perennial crops, no till, vegetative ground cover, side-hedges of trees, etc.) in order to enhance soil physical health on a watershed scale. WHO class Ia and Ib pesticides are prohibited. Risks to health related to the application of pesticides are covered under 4.f.

8.c Wastes and byproducts from processing units shall be managed such that soil health is not damaged.

Water

9. Biofuel production shall optimize surface and groundwater resource use, including minimizing contamination or depletion of these resources, and shall not violate existing formal and customary water rights.

9.a The ESIA outlined in 2a shall identify existing water rights, both formal and customary, as potential impacts of the project on water availability within the watershed where the project occurs.

9.b Biofuel production shall include a water management plan appropriate to the scale and intensity of production.

9.c Biofuel production shall not deplete surface or groundwater resources.

Key guidance: The use of water for biofuel production must not be at the expense of the daily basic water needs of local communities. Water-intensive biofuel crops and biofuel production systems must not be established in water-stressed areas. The most efficient use of water must be sought through the use of crops that fit the local conditions.

9.d The quality of surface and groundwater resources shall be maintained at or enhanced to their optimal level under local conditions.

Key guidance: Adequate precautions must be taken to avoid run-off and contamination of surface and ground water resources, in particular from chemicals. Waste water must be adequately managed.

Air

10. Air pollution from biofuel production and processing shall be minimized along the supply chain.

10.a Air pollution from agrochemicals, biofuel processing units, and machinery shall be minimized.

Key guidance: the use of ground or aerial pesticides must comply with the FAO's codes of conduct.

10.b Open-air burning shall be avoided in biofuel production.

Key guidance: Open-air burning of leaves, straw and other agricultural residues must be minimized, with the aim of ultimately eliminating burning practices. In specific situations such as those described in the ASEAN guidelines and other appropriate policies, or if workers' health and safety is at stake, limited open-air burning practices may occur.

Economic efficiency, technology, and continuous improvement

11. Biofuels shall be produced in the most cost-effective way. The use of technology must improve production efficiency and social and environmental performance in all stages of the biofuel value chain.

11.a Biofuel projects shall implement a business plan that reflects a commitment to economic viability.

Key guidance: Biofuel projects should seek to be economically viable without distortive public support (for instance, tariffs and production subsidies).

11.b Biofuel projects shall demonstrate a commitment to continuous improvement in energy balance, productivity per hectare, and input use.

11.c Information on the use of technologies along the biofuel value chain must be fully available, unless limited by national law or international agreements on intellectual property.

Key guidance. The focus shall be on technologies that might pose a hazard to people or the environment.

11.d The choice of technologies used along the biofuel value chain shall minimize the risk of damages to environment and people, and continuously improve environmental and/or social performance.

11.e The use of genetically modified: plants, micro-organisms, and algae for biofuel production must improve productivity and maintain or improve social and environmental performance, as compared to common practices and materials under local conditions. Adequate monitoring and preventative measures must be taken to prevent gene migration.

11.f Micro-organisms used in biofuel processing must be used in contained systems only.

Land rights

12. Biofuel production shall not violate land rights.

12.a Under the ESIA described under criterion 2a, land use rights for the land earmarked for the biofuel project shall be clearly defined and established, and not be legitimately contested by local communities with demonstrable rights, whether formal or customary.

Key guidance: The term 'land use' means any land use, whether it be for commercial, industrial, agricultural, customary, leisure use, right of way, or any land rights. Methods for establishing ownership and land use should include advertising, communication with local leaders, and locally-established methods of data collection. Lack of a legal deed shall not hinder the inclusion of local communities in biofuel projects.

12.b Local people shall be fairly and equitably compensated for any agreed land acquisitions and relinquishments of rights. Free prior and informed consent and negotiated agreements shall always be applied in such cases.

Key guidance: Coercion by investors or authorities to change or adapt land use is not allowed. Compensation should be at the value of the land for the community or household, based on existing land uses and livelihood needs.

12.c Appropriate mechanisms shall be developed as part of the ESIA to resolve disputes over tenure claims and use rights.

Annexe 4 – Proposition de directive du Parlement Européen et du Conseil sur la promotion et l'usage des énergies renouvelables (2008). Extrait : articles 15, 16 et 17.

Article 15
Environmental sustainability criteria for biofuels and other bioliquids

1. Biofuels and other bioliquids shall be taken into account for the purposes listed under letters (a), (b) and (c) below only if they fulfil the criteria set out in paragraphs 2 to 5:

(a) measuring compliance with the requirements of this Directive concerning national targets;

(b) measuring compliance with renewable energy obligations;

(c) eligibility for financial support for the consumption of biofuels and other bioliquids.

2. The greenhouse gas emission saving from the use of biofuels and other bioliquids taken into account for the purposes referred to in paragraph 1 shall be at least 35%.
In the case of biofuels and other bioliquids produced by installations that were in operation in January 2008, the first subparagraph shall apply from 1 April 2013.

3. Biofuels and other bioliquids taken into account for the purposes referred to in paragraph 1 shall not be made from raw material obtained from land with recognised high biodiversity value, that is to say land that had one of the following statuses in or after January 2008, whether or not the land still has this status:

(a) forest undisturbed by significant human activity, that is to say, forest where there has been no known significant human intervention or where the last significant human intervention was sufficiently long ago to have allowed the natural species composition and processes to have become re-established;

(b) areas designated for nature protection purposes, unless evidence is provided that the production of that raw material did not interfere with those purposes;

(c) highly biodiverse grassland, that is to say grassland that is species-rich, not fertilised and not degraded.

The Commission shall establish the criteria and geographic ranges to determine which grassland shall be covered by point (c). Such a measure designed to amend non-essential elements of this Directive shall be adopted in accordance with the regulatory procedure with scrutiny referred to in Article 21(3).

4. Biofuels and other bioliquids taken into account for the purposes referred to in paragraph 1 shall not be made from raw material obtained from land with high carbon stock, that is to say land that had one of the following statuses in January 2008 and no longer has this status:

(a) wetlands, that is to say land that is covered with or saturated by water permanently or for a significant part of the year, including pristine peatland;

(b) continuously forested areas, that is to say land spanning more than 1 hectare with trees higher than 5 metres and a canopy cover of more than 30%, or trees able to reach these thresholds *in situ*;

The provisions in this paragraph shall not apply if at the time the raw material was obtained, the land had the same status as it had in January 2008.

5. Agricultural raw materials cultivated in the Community and used for the production of biofuels and other bioliquids taken into account for the purposes referred to in paragraph 1, shall be obtained in accordance with the requirements and standards under the provisions listed in point A of Annex III to Council Regulation (EC) No 1782/2003 (OJ L 270, 21.10.2003, p. 56) under the heading "Environment" and in accordance with the minimum requirements for good agricultural and environmental condition defined pursuant to Article 5(1) of that Regulation.

6. Member States shall not refuse to take into account, for the purposes referred to in paragraph 1, biofuel and other bioliquids obtained in compliance with this Article, on other grounds of sustainability.

7. The Commission shall report on requirements for a sustainability scheme for energy uses of biomass, other than biofuels and other bioliquids, by 31 December 2010 at the latest. The report shall be accompanied, where appropriate, by proposals for a sustainability scheme for other energy uses of biomass, to the European Parliament and the Council.

Article 16

Verification of compliance with the environmental sustainability criteria for biofuels and other bioliquids

1. Where biofuels and other bioliquids are to be taken into account for the purposes referred to in Article 15(1), Member States shall require economic operators to show that the environmental sustainability criteria set out in Article 15 have been fulfilled. For this purpose they shall require economic operators to use a mass balance system providing the following:

(a) consignments of raw material or biofuel with differing sustainability characteristics can be mixed;

(b) information about the sustainability characteristics and sizes of the consignments referred to in point (a) remains assigned to the mixture; and

(c) it is ensured that the sum of all consignments withdrawn from the mixture is described as having the same sustainability characteristics, in the same quantities, as the sum of all consignments added to the mixture.

2. The Commission shall report to the European Parliament and the Council in 2010 and 2012 on the operation of the mass balance verification method described in paragraph 1 and on the potential to allow for other verification methods in relation to some or all types of raw material or biofuel. In its assessment the Commission shall consider those verification methods in which information about sustainability characteristics need not remain physically assigned to particular consignments or mixtures. The assessment shall take into account the need to maintain the integrity and effectiveness of the verification system while avoiding imposing an unreasonable burden on industry. The report shall be accompanied, where appropriate, by proposals on allowing other verification methods, to the European Parliament and the Council.

3. Member States shall require economic operators to submit reliable information and to make available to the Member State, on request, the data that were used to develop the information. Member States shall require economic operators to arrange for an adequate standard of independent auditing of the information they submit, and to provide evidence that this has been done. The auditing shall verify that the systems used by economic operators are accurate, reliable and fraud-resistant. It shall evaluate the frequency and methodology of sampling and the robustness of the data.

4. The Commission may decide that bilateral and multilateral agreements between the Community and third countries demonstrate that biofuels and other bioliquids produced from raw materials cultivated in those countries comply with the environmental sustainability criteria in paragraphs 3 or 4 of Article 15.
The Commission may decide that voluntary national or international schemes setting standards for the production of biomass products contain accurate data for the purposes of Article 15(2) or demonstrate that consignments of biofuel comply with the environmental sustainability criteria in paragraphs 3 or 4 of Article 15.
The Commission may decide that national, multinational or international schemes to measure greenhouse gas savings contain accurate data for the purposes of Article 15(2).

5. The Commission shall only adopt decisions pursuant to in paragraph 4 if the agreement or scheme in question meets adequate standards of reliability, transparency and independent auditing. In the case of schemes to measure greenhouse gas savings, such schemes shall also comply with the methodological requirements in Annex VII.

6. Decisions pursuant to paragraph 4 shall be adopted in accordance with the procedure referred to in Article 21(2). Such decisions shall be valid for a period of no more than 5 years.

7. When an economic operator proffers proof or data obtained in accordance with an agreement or scheme that has been the subject of a decision pursuant to paragraph 4, a Member State shall not require the supplier to provide further evidence of compliance with the corresponding environmental sustainability criterion.

8. At the request of a Member State or on its own initiative the Commission shall examine the application of Article 15 in relation to a source of biofuel or other bioliquid and, within six months of receipt of a request and in accordance with the procedure referred to in Article 21(2), decide whether the Member State concerned may take biofuel or bioliquid from that source into account for the purposes listed in Article 15(1).

Article 17

Calculation of the greenhouse gas impact of biofuels and other bioliquids

1. The greenhouse gas emission saving from the use of biofuel and other bioliquids for the purposes of Article 15(2) shall be calculated as follows:

(a) for biofuels, where a default value for greenhouse gas emission savings for the biofuel production pathway is laid down in Part A or B of Annex VII, by using that default value;

(b) by using an actual value calculated in accordance with the methodology laid down in Part C of Annex VII; or

(c) by using a value calculated in accordance with the methodology laid down in Part C of Annex VII as the sum of actual values for some of the steps of the production process and the disaggregated default values in Part D or E of Annex VII for the other steps of the production process.

2. By 31 March 2010 at the latest, Member States shall submit to the Commission a report including a list of those entities of their territory classified as NUTS 2 level in Regulation (EC) No 1059/2003 of the European Parliament and of the Council (OJ L 154, 21.6.2003, p. 1) where the typical greenhouse gas emissions from cultivation of agricultural raw materials can be expected to be lower than or equal to the emissions reported under the heading "cultivation" in part D of Annex VII to this Directive, accompanied by a description of the method and data used to establish that list. The method shall take into account soil characteristics, climate and expected raw material yields.

3. The default values in Part A of Annex VII for biofuels, and the disaggregated default values for cultivation in Part D of Annex VII for biofuels and other bioliquids, shall apply only when their raw materials are cultivated:

(a) outside the Community; or

(b) in the Community in regions included in the lists referred to in paragraph 2.

For biofuels and other bioliquids falling under neither of the preceding subparagraphs actual values for cultivation shall be used.

4. The Commission shall report by 31 December 2012 at the latest on the estimated typical and default values in Annex VII Part B and Part E, paying special attention to emissions from transport and processing, and may, where necessary, decide to correct the values. Such a measure designed to amend non-essential elements of this Directive shall be adopted in accordance with the regulatory procedure with scrutiny referred to in Article 21(3).

5. Annex VII may be adapted to technical and scientific progress. Such a measure designed to amend non-essential elements of this Directive shall be adopted in accordance with the regulatory procedure with scrutiny referred to in Article 21(3). Any adaptation of or addition to the list of default values in Annex VII shall respect the following rules:

(a) where the contribution of a factor to overall emissions is small, or where there is limited variation, or where the cost or difficulty of establishing actual values is high, default values shall be typical of normal production processes;

(b) in all other cases default values shall be conservative compared to normal production processes.

Annexe 5 – Les 27 principes de la Déclaration de Rio sur l'environnement et le développement

Principe 1 : Les êtres humains sont au centre des préoccupations relatives au développement durable. Ils ont droit à une vie saine et productive en harmonie avec la nature.

Principe 2 : Conformément à la Charte des Nations Unies et aux principes du droit international, les Etats ont le droit souverain d'exploiter leurs propres ressources selon leur politique d'environnement et de développement, et ils ont le devoir de faire en sorte que les activités exercées dans les limites de leur juridiction ou sous leur contrôle ne causent pas de dommages à l'environnement dans d'autres Etats ou dans des zones ne relevant d'aucune juridiction nationale.

Principe 3 : Le droit au développement doit être réalisé de façon à satisfaire équitablement les besoins relatifs au développement et à l'environnement des générations présentes et futures.

Principe 4 : Pour parvenir à un développement durable, la protection de l'environnement doit faire partie intégrante du processus de développement et ne peut être considérée isolement.

Principe 5 : Tous les Etats et tous les peuples doivent coopérer à la tâche essentielle de l'élimination de la pauvreté, qui constitue une condition indispensable du développement durable, afin de réduire les différences de niveaux de vie et de mieux répondre aux besoins de la majorité des peuples du monde.

Principe 6 : La situation et les besoins particuliers des pays en développement, en particulier des pays les moins avancés et des pays les plus vulnérables sur le plan de l'environnement, doivent se voir accorder une priorité spéciale. Les actions internationales entreprises en matière d'environnement et de développement devraient également prendre en considération les intérêts et les besoins de tous les pays.

Principe 7 : Les Etats doivent coopérer dans un esprit de partenariat mondial en vue de conserver, de protéger et de rétablir la santé et l'intégrité de l'écosystème terrestre. Etant donné la diversité des rôles joués dans la dégradation de l'environnement mondial, les Etats ont des responsabilités communes mais différenciées. Les pays développés admettent la responsabilité qui leur incombe dans l'effort international en faveur du développement durable, compte tenu des pressions que leurs sociétés exercent sur l'environnement mondial et des techniques et des ressources financières dont ils disposent.

Principe 8 : Afin de parvenir à un développement durable et à une meilleure qualité de vie pour tous les peuples, les Etats devraient réduire et éliminer les modes de production et de consommation non viables et promouvoir des politiques démographiques appropriées.

Principe 9 : Les Etats devraient coopérer ou intensifier le renforcement des capacités endogènes en matière de développement durable en améliorant la compréhension scientifique par des échanges de connaissances scientifiques et techniques et en facilitant la mise au point, l'adaptation, la diffusion et le transfert de techniques, y compris de techniques nouvelles et novatrices.

Principe 10 : La meilleure façon de traiter les questions d'environnement est d'assurer la participation de tous les citoyens concernés, au niveau qui convient. Au niveau national, chaque individu doit avoir dûment accès aux informations relatives à l'environnement que détiennent les autorités publiques, y compris aux informations relatives aux substances et activités dangereuses dans leurs collectivités, et avoir la possibilité de participer aux processus de prise de décision. Les Etats doivent faciliter et encourager la sensibilisation et la participation du public en mettant les informations à la disposition de celui-ci. Un accès effectif à des actions judiciaires et administratives, notamment des réparations et des recours, doit être assuré.

Principe 11 : Les Etats doivent promulguer des mesures législatives efficaces en matière d'environnement. Les normes écologiques et les objectifs et priorités pour la gestion de l'environnement devraient être adaptés à la situation en matière d'environnement et de développement à laquelle ils s'appliquent. Les normes appliquées par certains pays peuvent ne pas convenir à d'autres pays, en particulier à des pays en développement, et leur imposer un coût économique et social injustifié.

Principe 12 : Les Etats devraient coopérer pour promouvoir un système économique international ouvert et favorable, propre à engendrer une croissance économique et un développement durable dans tous les pays, qui permettrait de mieux lutter contre les problèmes de dégradation de l'environnement. Les mesures de politique commerciale motivées par des considérations relatives à l'environnement ne devraient pas constituer un moyen de discrimination arbitraire ou injustifiable, ni une restriction déguisée aux échanges internationaux. Toute action unilatérale visant à résoudre les grands problèmes écologiques au-delà de la juridiction du pays importateur devrait être évitée. Les mesures de lutte contre les problèmes écologiques transfrontières ou mondiaux devraient, autant que possible, être fondées sur un consensus international.

Principe 13 : Les Etats doivent élaborer une législation nationale concernant la responsabilité de la pollution et d'autres dommages à l'environnement et l'indemnisation de leurs victimes. Ils doivent aussi coopérer diligemment et plus résolument pour développer davantage le droit international concernant la responsabilité et l'indemnisation en cas d'effets néfastes de dommages causés à

l'environnement dans des zones situées au-delà des limites de leur juridiction par des activités menées dans les limites de leur juridiction ou sous leur contrôle.

Principe 14 : Les Etats devraient concerter efficacement leurs efforts pour décourager ou prévenir les déplacements et les transferts dans d'autres Etats de toutes activités et substances qui provoquent une grave détérioration de l'environnement ou dont on a constaté qu'elles étaient nocives pour la santé de l'homme.

Principe 15 : Pour protéger l'environnement, des mesures de précaution doivent être largement appliquées par les Etats selon leurs capacités. En cas de risque de dommages graves ou irréversibles, l'absence de certitude scientifique absolue ne doit pas servir de prétexte pour remettre a plus tard l'adoption de mesures effectives visant à prévenir la dégradation de l'environnement.

Principe 16 : Les autorités nationales devraient s'efforcer de promouvoir l'internalisation des coûts de protection de l'environnement et l'utilisation d'instruments économiques, en vertu du principe selon lequel c'est le pollueur qui doit, en principe, assumer le coût de la pollution, dans le souci de l'intérêt public et sans fausser le jeu du commerce international et de l'investissement.

Principe 17 : Une étude d'impact sur l'environnement, en tant qu'instrument national, doit être entreprise dans le cas des activités envisagées qui risquent d'avoir des effets nocifs importants sur l'environnement et dépendent de la décision d'une autorité nationale compétente.

Principe 18 : Les Etats doivent notifier immédiatement aux autres Etats toute catastrophe naturelle ou toute autre situation d'urgence qui risque d'avoir des effets néfastes soudains sur l'environnement de ces derniers. La communauté internationale doit faire tout son possible pour aider les Etats sinistrés.

Principe 19 : Les Etats doivent prévenir suffisamment à l'avance les Etats susceptibles d'être affectés et leur communiquer toutes informations pertinentes sur les activités qui peuvent avoir des effets transfrontières sérieusement nocifs sur l'environnement et mener des consultations avec ces Etats rapidement et de bonne foi.

Principe 20 : Les femmes ont un rôle vital dans la gestion de l'environnement et le développement. Leur pleine participation est donc essentielle à la réalisation d'un développement durable.

Principe 21 : Il faut mobiliser la créativité, les idéaux et le courage des jeunes du monde entier afin de forger un partenariat mondial, de manière à assurer un développement durable et à garantir à chacun un avenir meilleur.

Principe 22 : Les populations et communautés autochtones et les autres collectivités locales ont un rôle vital à jouer dans la gestion de l'environnement et le développement du fait de leurs connaissances

du milieu et de leurs pratiques traditionnelles. Les Etats devraient reconnaître leur identité, leur culture et leurs intérêts, leur accorder tout l'appui nécessaire et leur permettre de participer efficacement à la réalisation d'un développement durable.

Principe 23 : L'environnement et les ressources naturelles des peuples soumis à oppression, domination et occupation doivent être protégés.

Principe 24 : La guerre exerce une action intrinsèquement destructrice sur le développement durable. Les Etats doivent donc respecter le droit international relatif à la protection de l'environnement en temps de conflit armé et participer à son développement, selon que de besoin.

Principe 25 : La paix, le développement et la protection de l'environnement sont interdépendants et indissociables.

Principe 26 : Les Etats doivent résoudre pacifiquement tous leurs différends en matière d'environnement, en employant des moyens appropriés conformément a la Charte des Nations Unies.

Principe 27 : Les Etats et les peuples doivent coopérer de bonne foi et dans un esprit de solidarité à l'application des principes consacrés dans la présente Déclaration et au développement du droit international dans le domaine du développement durable.

Annexe 6 – Agenda 21 : Sommaire détaillé

1 PREAMBULE

SECTION I. DIMENSIONS SOCIALES ET ECONOMIQUES

2 COOPERATION INTERNATIONALE VISANT A ACCELERER UN DEVELOPPEMENT DURABLE DANS LES PAYS EN DEVELOPPEMENT ET POLITIQUES NATIONALES CONNEXES

3 LUTTE CONTRE LA PAUVRETE

4 MODIFICATION DES MODES DE CONSOMMATION

5 DYNAMIQUE DEMOGRAPHIQUE ET DURABILITE

6 PROTECTION ET PROMOTION DE LA SANTE

7 PROMOTION D'UN MODELE VIABLE D'ETABLISSEMENTS HUMAINS

8 INTEGRATION DU PROCESSUS DE PRISE DE DECISIONS SUR L'ENVIRONNEMENT ET LE DEVELOPPEMENT

SECTION II. CONSERVATION ET GESTION DES RESSOURCES AUX FINS DU DEVELOPPEMENT

9 PROTECTION DE L'ATMOSPHERE

10 CONCEPTION INTEGREE DE LA PLANIFICATION ET DE LA GESTION DES TERRES

11 LUTTE CONTRE LE DEBOISEMENT

12 GESTION DES ECOSYSTEMES FRAGILES: LUTTE CONTRE LA DESERTIFICATION ET LA SECHERESSE

13 GESTION DES ECOSYSTEMES FRAGILES: MISE EN VALEUR DURABLE DES MONTAGNES

14 PROMOTION D'UN DEVELOPPEMENT AGRICOLE ET RURAL DURABLE

15 PRESERVATION DE LA DIVERSITE BIOLOGIQUE

16 GESTION ECOLOGIQUEMENT RATIONNELLE DES BIOTECHNIQUES

17 PROTECTION DES OCEANS ET DE TOUTES LES MERS - Y COMPRIS LES MERS FERMEES ET SEMI-FERMEES - ET DES COTIERES ET PROTECTION, UTILISATION RATIONNELLE ET MISE EN VALEUR DE LEURS RESSOURCES BIOLOGIQUES

18 PROTECTION DES RESSOURCES EN EAU DOUCE ET DE LEUR QUALITE : APPLICATION D'APPROCHES INTEGREES DE LA MISE EN VALEUR, DE LA GESTION ET DE L'UTILISATION DES RESSOURCES EN EAU

19 GESTION ECOLOGIQUEMENT RATIONNELLE DES SUBSTANCES CHIMIQUES TOXIQUES, Y COMPRIS LA PREVENTION DU TRAFIC INTERNATIONAL ILLICITE DES PRODUITS TOXIQUES ET DANGEREUX

20 GESTION ECOLOGIQUEMENT RATIONNELLE DES DECHETS DANGEREUX, Y COMPRIS LA PREVENTION DU TRAFIC INTERNATIONAL ILLICITE DE DECHETS DANGEREUX

21 GESTION ECOLOGIQUEMENT RATIONNELLE DES DECHETS SOLIDES ET QUESTIONS RELATIVES AUX EAUX USEES

22 GESTION SURE ET ECOLOGIQUEMENT RATIONNELLE DES DECHETS RADIOACTIFS

SECTION III. RENFORCEMENT DU ROLE DES PRINCIPAUX GROUPES

23 PREAMBULE

24 ACTION MONDIALE EN FAVEUR DE LA PARTICIPATION DES FEMMES A UN DEVELOPPEMENT DURABLE ET EQUITABLE

25 ROLE DES ENFANTS ET DES JEUNES DANS LA PROMOTION D'UN DEVELOPPEMENT DURABLE

26 RECONNAISSANCE ET RENFORCEMENT DU ROLE DES POPULATIONS AUTOCHTONES ET DE LEURS COMMUNAUTES

27 RENFORCEMENT DU ROLE DES ORGANISATIONS NON GOUVERNEMENTALES : PARTENAIRES POUR UN DEVELOPPEMENT DURABLE

28 INITIATIVES DES COLLECTIVITES LOCALES A L'APPUI D'ACTION 21

29 RENFORCEMENT DU ROLE DES TRAVAILLEURS ET DE LEURS SYNDICATS

30 RENFORCEMENT DU ROLE DU COMMERCE ET DE L'INDUSTRIE INTRODUCTION

31 COMMUNAUTE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

32 RENFORCEMENT DU ROLE DES AGRICULTEURS

SECTION IV. MOYENS D'EXECUTION

33 RESSOURCES ET MECANISMES FINANCIERS

34 TRANSFERT DE TECHNIQUES ECOLOGIQUEMENT RATIONNELLES, COOPERATION ET CREATION DE CAPACITES

35 LA SCIENCE AU SERVICE D'UN DEVELOPPEMENT DURABLE

36 PROMOTION DE L'EDUCATION, DE LA SENSIBILISATION DU PUBLIC ET DE LA FORMATION

37 MECANISMES NATIONAUX ET COOPERATION INTERNATIONALE POUR LE RENFORCEMENT DES CAPACITES DANS LES PAYS EN DEVELOPPEMENT

38 ARRANGEMENTS INSTITUTIONNELS INTERNATIONAUX

39 INSTRUMENTS ET MECANISMES JURIDIQUES INTERNATIONAUX

40 L'INFORMATION POUR LA PRISE DE DECISIONS

Annexe 7– Détail des critères d'évaluation des projets utilisés par le pôle IAR de 2005 à début 2008

A) Intérêt du projet :

- Nature stratégique du projet pour les entreprises et positionnement international du projet ;
- Nature du programme Recherche et Développement prévu et caractère novateur du projet : originalité du projet s'il prolonge un projet antérieur ;
- Adéquation du projet avec les axes prioritaires du pôle : importance de la contribution du projet aux objectifs du pôle ;
- Complémentarité avec les autres projets du pôle.

B) Qualité du projet :

- Qualité de la formulation : problématique clairement formulée et structurée ? Démarche, méthodes et outils clairement explicités ;
- Qualité de l'analyse du contexte technique et économique : verrous technologiques à lever, situation du marché, analyse de la concurrence, brevets à mettre en œuvre pour atteindre l'objectif, projets concurrents. Réelle maîtrise de la conjoncture scientifique, économique et réglementaire ?
- Qualité et complémentarité du partenariat :
    - valeur ajoutée apportée par chacun des partenaires et complémentarité, compétences en RDT, compétences industrielles et commerciales ;
    - partenariats scientifiques prévus ;
    - qualité des équipes : expérience acquise par les partenaires (travaux antérieurs) ;
    - moyens requis de tous ordres ;
    - partenariat entre les régions : le projet fait il intervenir des acteurs des régions Champagne Ardenne et Picardie ?

C) Faisabilité / crédibilité du projet :

- Pertinence scientifique et technologique du projet ;

- Viabilité économique et financière du projet : réalité des débouchés économiques (perspectives commerciales et positionnement des acteurs sur le marché), politique de communication et de valorisation, qualité de l'évaluation prévisionnelle des coûts, … ;
- Cohérence des délais et des budgets par rapport au programme du travail, réalisme du calendrier, pertinence des moyens par rapport aux objectifs, justification des dépenses ;
- Degré de risque inhérent au projet.

D) Retombées attendues du projet :

- Perspectives de retombées scientifiques (brevets, innovations, normalisation, publications), potentiel d'application, acquisition de connaissances ;
- Perspectives de retombées industrielles et économiques : perspectives de marché, réalité des débouchés économiques, impact en terme de développement et maintien des implantations des entreprises, impact sur l'emploi et la création d'entreprises ;
- Impacts environnementaux, développement durable, CO_2, impact sociétal ?
- Impact sur l'attractivité du pôle.

Annexe 8 – Programme du séminaire sur le développement durable organisé en juin 2006 pour les membres du pôle IAR.

Jeudi 15 juin

9h00 Accueil - Professeur Daniel THOMAS, 1er Vice-président du pôle de compétitivité « Industrie et agro-ressources »

9h30 "Le Développement durable au-delà des trois piliers" - *Professeur Dominique BOURG, Directeur du Centre de Recherches et d'Etudes Interdisciplinaires sur le développement durable -Université de Technologie de Troyes*

10h00 "Quel climat pour demain et après-demain ?" - *Professeur Jean JOUZEL, Institut Pierre-Simon Laplace*

11h30 " « Le pic pétrolier » : des réponses technologiques limitées ?" - *Jean-Luc. WINGERT, Ingénieur-consultant*

13h00 Déjeuner

14h30 "Climat et pic pétrolier : quelles évolutions possibles pour le coût de la tonne de carbone ?" - *Patrick CRIQUI, Directeur de recherche CNRS, LEPII-EPE – Grenoble*

16h30 Ateliers

Atelier 1 « Economie circulaire » animé par *Dominique BOURG*

Atelier 2 « Procédés propres » animé par *Roger PUFF Délégué régional INERIS*

19h30 Dîner

21h00 Ateliers

Atelier 3 « Pratiques agro environnementales » animé par *Ghislain GOSSE, Président du Centre INRA de Lille*

Atelier 4 « Cadres et outils généraux de développement de l'innovation » animé par Dominique DRON, *Professeur du Centre énergétique et procédés de l'Ecole des Mines de Paris*

Vendredi 16 juin

9h00 "L'agriculture productive a-t-elle encore un avenir ?" - *Professeur Marc DUFUMIER, Institut National d'Agronomie Paris-Grignon*

10h30 "Changement climatique et agriculture" - *Bernard SEGUIN, Directeur unité AGROCHIM, INRA-Avignon*

12h00 "Le référentiel suédois : the Natural Step" - *Caroline GERVAIS, Docteur en Sciences et Techniques des déchets, Présidente de l'association « the Natural Step France »*

13h00 Déjeuner

14h30 Ateliers : Quelles aides aux porteurs de projets?

Atelier 5 animé par Dominique BOURG

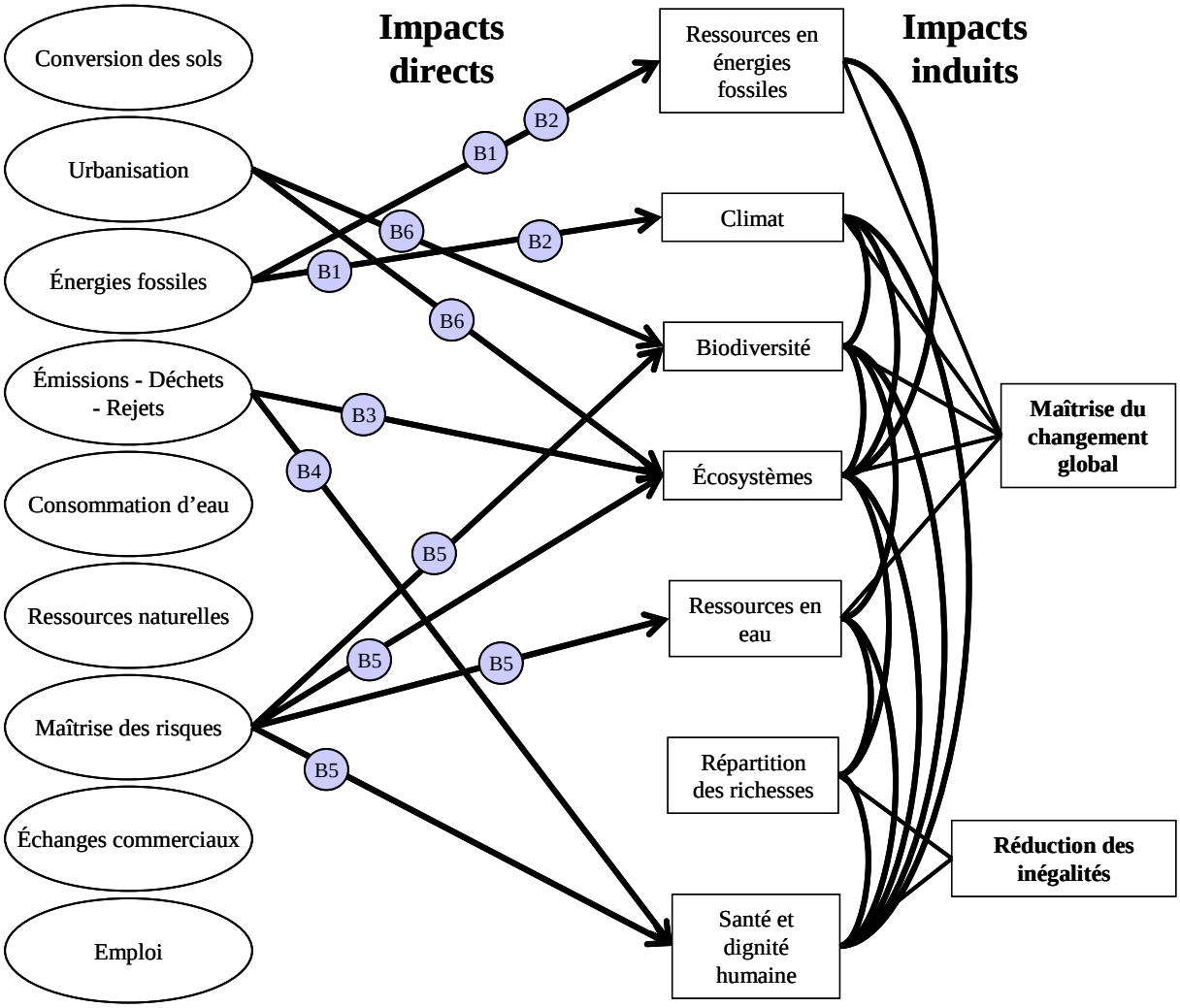
Atelier 6 animé par Roger PUFF

16h00 Synthèse du Séminaire

Annexe 9 – Catégories d'impacts et enjeux du développement durable attribués à chaque impact potentiel recensé, pour les étapes B à G du cycle de vie d'un projet type de valorisation d'agro-ressources

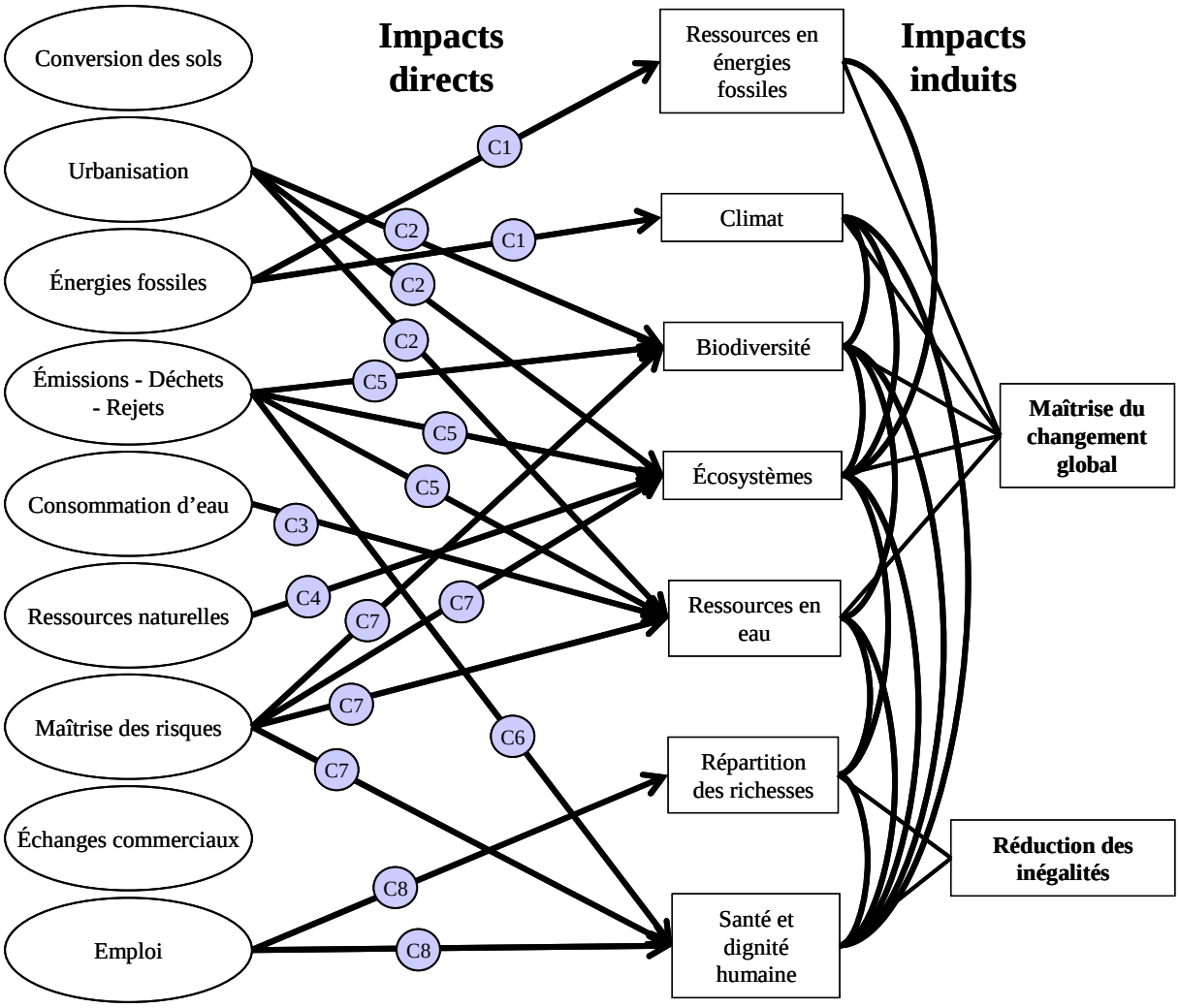
Etape B : Approvisionnement

IMPACTS			ENJEUX du DD						
			1	2	3	4	5	6	7
Ref	**Intitulé de l'impact**	**Catégorie d'impact**	Energies fossiles	Climat	Biodiversité	Ecosystèmes	Eau	Répartition des richesses	Santé et dignité humaine
B1	Impact du transport des matières premières sur les ressources en énergies fossiles et sur le climat	Energies fossiles	x	x					
B2	Impact du stockage intermédiaire des matières premières sur les ressources en énergies fossiles et sur le climat	Energies fossiles	x	x					
B3	Impact environnemental du transport des matières premières	Déchets - Rejets - Emissions				x			
B4	Impact sanitaire du transport des matières premières	Déchets - Rejets - Emissions							x
B5	Impact des risques environnementaux et sanitaires liés aux transports et aux stockages pour l'approvisionnement	Maîtrise des risques			x	x	x		x
B6	Impact du stockage (avant utilisation, et éventuellement intermédiaire) sur l'occupation des sols et le paysage	Urbanisation			x	x			


Impacts directs
Impacts induits
Conversion des sols
Urbanisation
Énergies fossiles
Émissions - Déchets - Rejets
Consommation d'eau
Ressources naturelles
Maîtrise des risques
Échanges commerciaux
Emploi
Ressources en énergies fossiles
Climat
Biodiversité
Écosystèmes
Ressources en eau
Répartition des richesses
Santé et dignité humaine
Maîtrise du changement global
Réduction des inégalités
B1
B2
B3
B4
B5
B6

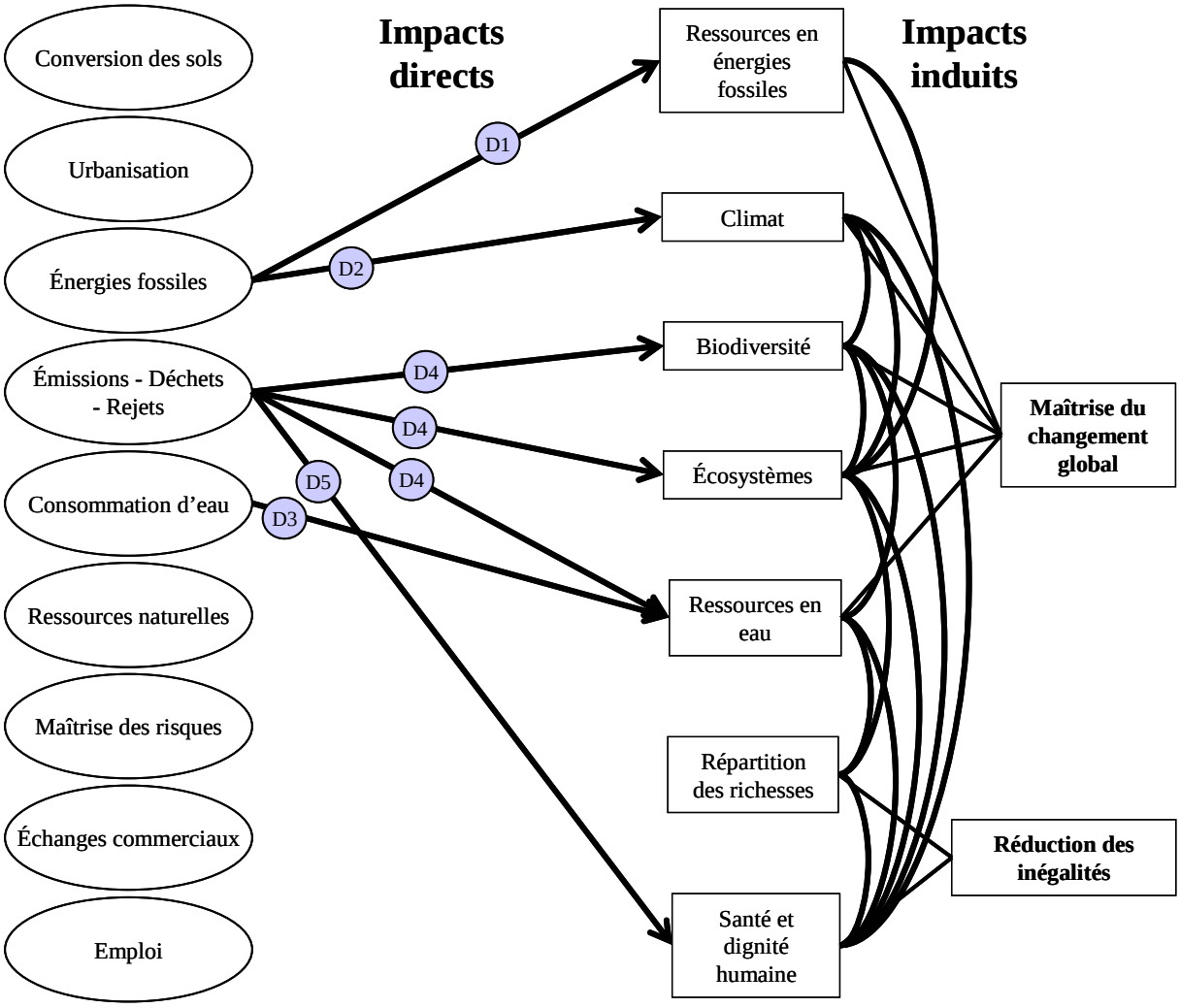
Etape C : Production

IMPACTS			ENJEUX du DD						
			1	2	3	4	5	6	7
Ref	**Intitulé de l'impact**	**Catégorie d'impact**	Energies fossiles	Climat	Biodiversité	Ecosystèmes	Eau	Répartition des richesses	Santé et dignité humaine
C1	Impact des procédés de production / transformation et des stockages sur site sur les ressources en énergies fossiles et sur le climat	Energies fossiles	x	x					
C2	Impact environnemental de l'implantation du site de production - transformation	Urbanisation			x	x	x		
C3	Impact de la production - transformation sur les ressources en eau	Eau					x		
C4	Impact des procédés de production - transformation sur les ressources naturelles non renouvelables (autres que l'eau, les énergies fossiles et les agro-ressources)	Ressources naturelles				x			
C5	Impact environnemental des rejets, émissions et déchets issus des procédés de production - transformation	Déchets - Rejets - Emissions			x	x	x		
C6	Impact sanitaire des rejets, émissions et déchets issus des procédés de production - transformation	Déchets - Rejets - Emissions							x
C7	Impact des risques environnementaux et sanitaires liés aux procédés de production - transformation	Maîtrise des risques			x	x	x		x
C8	Impact socio-économique des activités de production - transformation	Emploi						x	x


Impacts directs
Impacts induits
Conversion des sols
Urbanisation
Énergies fossiles
Émissions - Déchets - Rejets
Consommation d'eau
Ressources naturelles
Maîtrise des risques
Échanges commerciaux
Emploi
Ressources en énergies fossiles
Climat
Biodiversité
Écosystèmes
Ressources en eau
Répartition des richesses
Santé et dignité humaine
Maîtrise du changement global
Réduction des inégalités
C1
C2
C3
C4
C5
C6
C7
C8

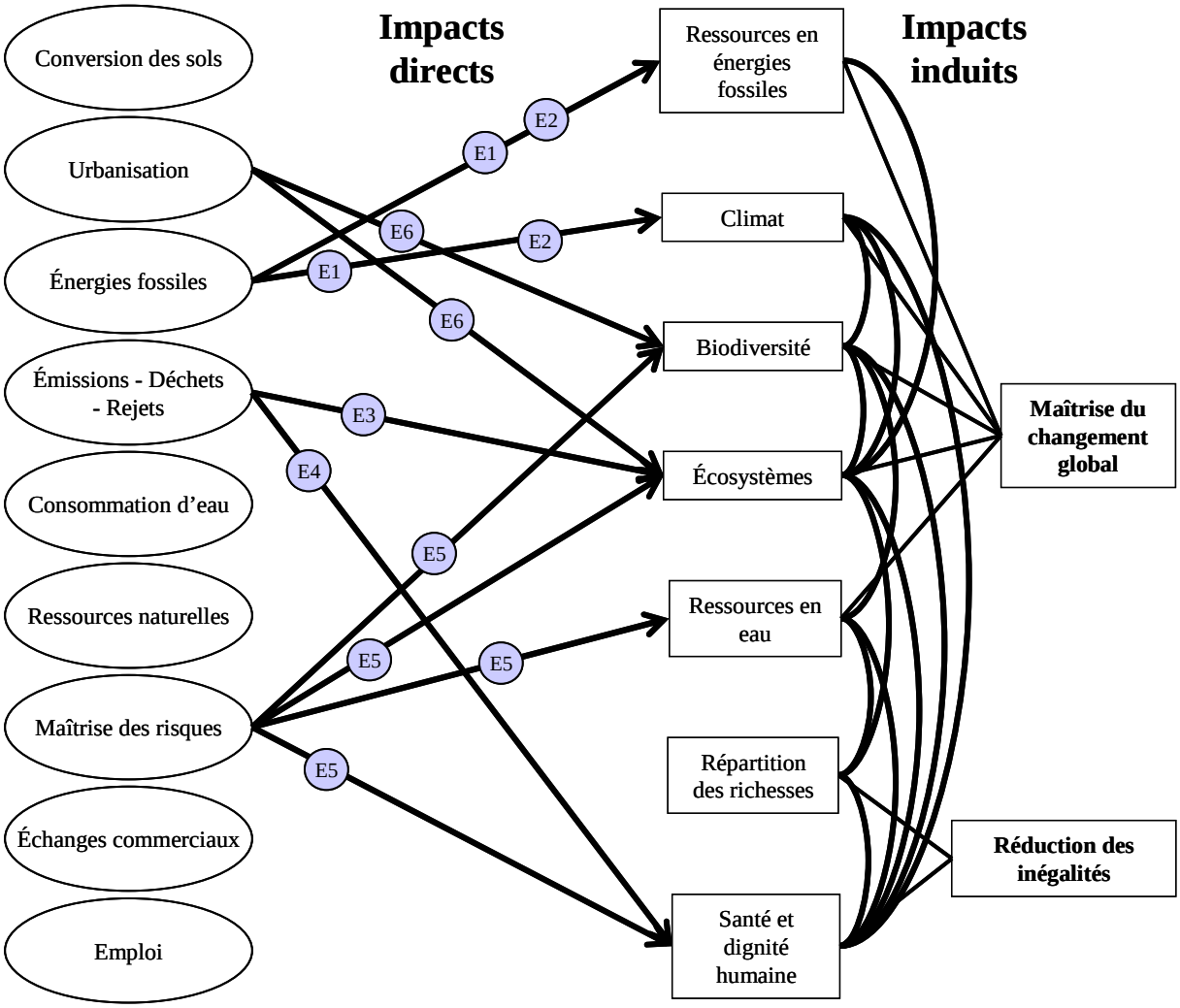
Etape D : Co-produits

IMPACTS			ENJEUX du DD						
			1	2	3	4	5	6	7
Ref	**Intitulé de l'impact**	**Catégorie d'impact**	Energies fossiles	Climat	Biodiversité	Ecosystèmes	Eau	Répartition des richesses	Santé et dignité humaine
D1	Impact sur les ressources en énergies fossiles évité par la valorisation des co-produits	Energies fossiles	x						
D2	Impact sur le climat évité par la valorisation des co-produits	Déchets - Rejets - Emissions		x					
D3	Impact sur les ressources en eau évité par la valorisation des co-produits	Eau					x		
D4	Impact environnemental lié aux émissions, rejets et déchets et évité par la valorisation des co-produits	Déchets - Rejets - Emissions			x	x	x		
D5	Impact sanitaire lié aux émissions, rejets et déchets et évité par la valorisation des co-produits	Déchets - Rejets - Emissions							x


Impacts directs
Impacts induits
Conversion des sols
Urbanisation
Énergies fossiles
Émissions - Déchets - Rejets
Consommation d'eau
Ressources naturelles
Maîtrise des risques
Échanges commerciaux
Emploi
D1
D2
D3
D4
D4
D4
D5
Ressources en énergies fossiles
Climat
Biodiversité
Écosystèmes
Ressources en eau
Répartition des richesses
Santé et dignité humaine
Maîtrise du changement global
Réduction des inégalités

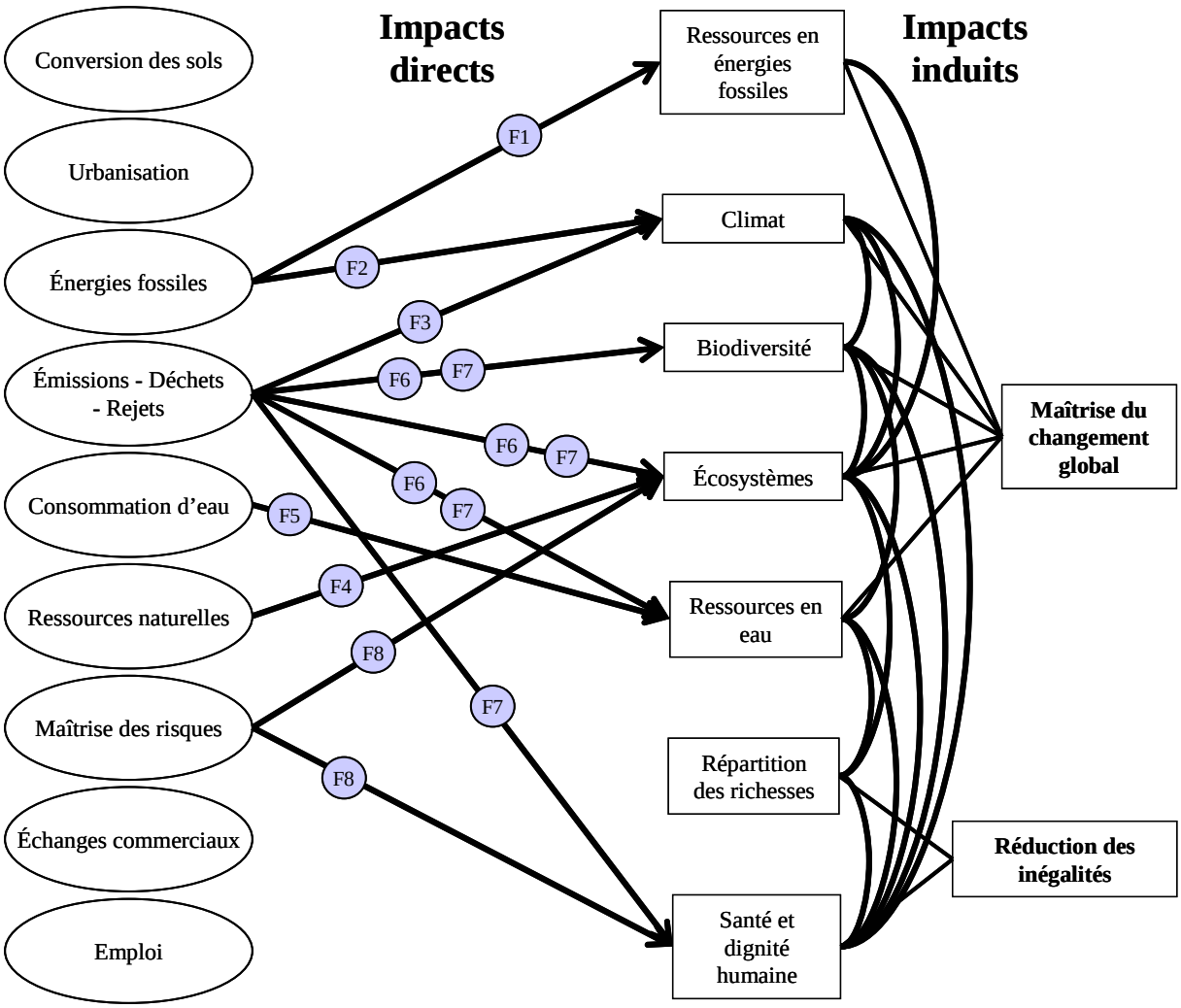
Etape E : Distribution

IMPACTS			ENJEUX du DD						
			1	2	3	4	5	6	7
Ref	**Intitulé de l'impact**	**Catégorie d'impact**	Energies fossiles	Climat	Biodiversité	Ecosystèmes	Eau	Répartition des richesses	Santé et dignité humaine
E1	Impact du transport pour la distribution des produits sur les ressources en énergies fossiles et sur le climat	Energies fossiles	x	x					
E2	Impact du stockage intermédiaire sur les ressources en énergies fossiles et sur le climat	Energies fossiles	x	x					
E3	Impact environnemental du transport pour la distribution des produits	Déchets - Rejets - Emissions				x			
E4	Impact sanitaire du transport pour la distribution des produits	Déchets - Rejets - Emissions							x
E5	Impact des risques environnementaux et sanitaires liés aux transports et aux stockages pour la distribution des produits	Maîtrise des risques			x	x	x		x
E6	Impact du stockage intermédiaire lors de la distribution sur l'occupation des sols et le paysage	Urbanisation			x	x			


Impacts directs
Impacts induits
Conversion des sols
Urbanisation
Énergies fossiles
Émissions - Déchets - Rejets
Consommation d'eau
Ressources naturelles
Maîtrise des risques
Échanges commerciaux
Emploi
Ressources en énergies fossiles
Climat
Biodiversité
Écosystèmes
Ressources en eau
Répartition des richesses
Santé et dignité humaine
Maîtrise du changement global
Réduction des inégalités
E1
E2
E3
E4
E5
E6

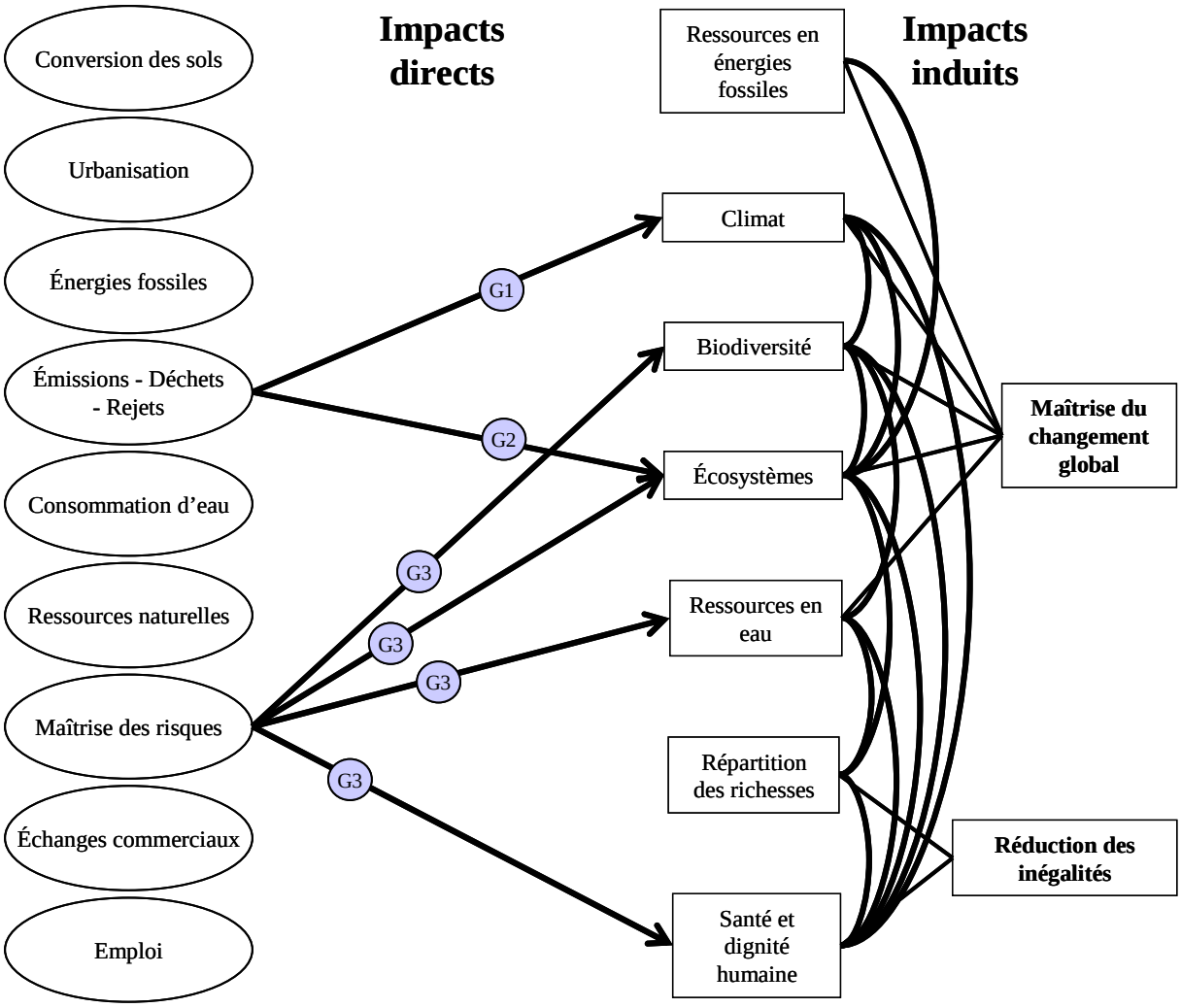
Etape F : Consommation

IMPACTS			ENJEUX du DD						
			1	2	3	4	5	6	7
Ref	**Intitulé de l'impact**	**Catégorie d'impact**	Energies fossiles	Climat	Biodiversité	Ecosystèmes	Eau	Répartition des richesses	Santé et dignité humaine
F1	Impact net de l'utilisation du produit sur les ressources en énergies fossiles	Energies fossiles	x						
F2	Impact net de l'utilisation du produit sur le climat	Déchets - Rejets - Emissions		x					
F3	Impact climatique net de l'élimination des déchets issus de l'utilisation du produit	Déchets - Rejets - Emissions		x					
F4	Impact net de l'utilisation du produit sur les ressources naturelles non renouvelables autres que l'eau et l'énergie	Ressources naturelles				x			
F5	Impact net de l'utilisation du produit sur les ressources en eau, en terme de consommation	Eau					x		
F6	Impact environnemental net de l'utilisation du produit	Déchets - Rejets - Emissions				x			
					x	x	x		
F7	Impact sanitaire net de l'utilisation du produit	Déchets - Rejets - Emissions							x
					x	x	x		x
F8	Impact net des risques environnementaux et sanitaires liés à l'utilisation du produit (rejets / émissions, manipulation, incendie / explosion,…)	Maîtrise des risques				x			x


Impacts directs
Impacts induits
Conversion des sols
Urbanisation
Énergies fossiles
Émissions - Déchets - Rejets
Consommation d'eau
Ressources naturelles
Maîtrise des risques
Échanges commerciaux
Emploi
F1
F2
F3
F4
F5
F6
F7
F8
Ressources en énergies fossiles
Climat
Biodiversité
Écosystèmes
Ressources en eau
Répartition des richesses
Santé et dignité humaine
Maîtrise du changement global
Réduction des inégalités

Etape G : Fin de vie

IMPACTS			ENJEUX du DD						
			1	2	3	4	5	6	7
Ref	**Intitulé de l'impact**	**Catégorie d'impact**	Energies fossiles	Climat	Biodiversité	Ecosystèmes	Eau	Répartition des richesses	Santé et dignité humaine
G1	Impact climatique de la fin de vie du produit	Déchets - Rejets - Emissions		x					
G2	Impact environnemental de la fin de vie du produit	Déchets - Rejets - Emissions				x			
G3	Impact des risques environnementaux et sanitaires de la fin de vie du produit (rejets / émissions, manipulation, incendie / explosion,…)	Maîtrise des risques			x	x	x		x


Impacts directs
Impacts induits
Conversion des sols
Urbanisation
Énergies fossiles
Émissions - Déchets - Rejets
Consommation d'eau
Ressources naturelles
Maîtrise des risques
Échanges commerciaux
Emploi
G1
G2
G3
G3
G3
G3
Ressources en énergies fossiles
Climat
Biodiversité
Écosystèmes
Ressources en eau
Répartition des richesses
Santé et dignité humaine
Maîtrise du changement global
Réduction des inégalités

Annexe 10 – Liste des indicateurs

Indicateur n°1. Quel impact a la production agricole des agro-ressources sur la biodiversité locale (via la conversion des sols et l'évolution des pratiques agricoles) ? 188

Indicateur n°2. Quel impact a la production agricole des agro-ressources sur la qualité des sols (via la conversion des sols et l'évolution des pratiques agricoles) ? 189

Indicateur n°3. Quel impact a la production agricole des agro-ressources sur les stocks de carbone organique des sols (via la conversion de l'usage des sols et l'évolution des pratiques agricoles) ?..... 190

Indicateur n°4. La culture des agro-ressources occasionne-t-elle un impact sensible sur le paysage ? 191

Indicateur n°5. Quel est l'impact environnemental et sanitaire des intrants agricoles utilisés pour la production des agro-ressources ?..... 194

Indicateur n°6. Quel est l'impact, sur les ressources en énergies fossiles et sur le climat, de la production et de l'utilisation d'intrants agricoles pour la production des agro-ressources ? 200

Indicateur n°7. Quel est l'impact, sur le climat et sur les ressources en énergies fossiles, de la mécanisation agricole pour la production des agro-ressources ? 203

Indicateur n°8. Quel est l'impact de la production des agro-ressources en terme de consommation d'eau pour l'irrigation ?..... 206

Indicateur n°9. Si la production des agro-ressources est implantée hors du territoire de l'Union Européenne, quel est l'impact de cette production sur les travailleurs agricoles via l'emploi, les revenus et les conditions de travail ? 207

Indicateur n°10. Si la production des agro-ressources est implantée hors du territoire de l'Union Européenne, quel est l'impact de cette production sur l'économie locale ?..... 208

Indicateur n°11. Quel est l'impact, sur les ressources en énergies fossiles et sur le climat, des modes de transports prévus pour l'approvisionnement en matières premières / pour distribuer la production ? 209

Indicateur n°12. Quel est l'impact, sur les ressources en énergies fossiles et sur le climat, des caractéristiques des éventuels stockages intermédiaires lors de l'approvisionnement / de la distribution ? 210

Indicateur n°13. Quel est l'impact environnemental et sanitaire des émissions liées au transport pour l'approvisionnement en matières premières / pour la distribution de la production ? 211

Indicateur n°14. Quel est le risque environnemental et sanitaire associé aux transports et aux éventuels stockages intermédiaires pour l'approvisionnement en matières premières / la distribution ? 212

Indicateur n°15. Quel est l'impact, sur l'occupation des sols et sur le paysage, des éventuels sites de stockage intermédiaire pour l'approvisionnement ou la distribution ? 213

Indicateur n°16. Quel est l'impact, sur les ressources en énergies fossiles et sur le climat, de la consommation énergétique globale du site de production – transformation ou des procédés mis en œuvre ? 216

Indicateur n°17. Quel est l'impact sur les milieux de l'implantation des activités de production - transformation ? 218

Indicateur n°18. Quel est l'impact, sur les ressources en eau, des procédés de production – transformation et des éventuels stockages du site de production, en terme de consommation d'eau ramenée à l'unité de produit principal ? 219

Indicateur n°19. En dehors de l'eau, des agro-ressources et des énergies fossiles, quel est l'impact des procédés de production – transformation sur les ressources naturelles à faible taux de renouvellement, comme les minerais ? 220

Indicateur n°20. Quel est l'impact sanitaire et environnemental des déchets, rejets et émissions de polluants issues des procédés ou du site de production dans son ensemble ? 222

Indicateur n°21. Quel est l'impact sur les ressources en énergies fossiles évité par la valorisation du co-produit n ? 228

Indicateur n°22. Quel est l'impact sur climat évité par la valorisation du co-produit n ? 229

Indicateur n°23. Quel est l'impact sur les ressources en eau, en terme de consommation, évité par la valorisation du co-produit n ? 229

Indicateur n°24. Quel est l'impact environnemental et sanitaire des émissions, rejets et déchets évités par la valorisation du co-produit n ? 229

Indicateur n°25. Quel est l'impact net de l'utilisation du produit sur les ressources en énergies fossiles ? 231

Indicateur n°26. Quel est l'impact net de l'utilisation du produit sur le climat ? 233

Indicateur n°27. Quel est l'impact sur le climat de l'élimination des rejets et déchets issus de l'utilisation du produit ? 234

Indicateur n°28. Quel est l'impact net de l'utilisation du produit sur les ressources naturelles non renouvelables autres que l'énergie et l'eau ? 235

Indicateur n°29. Quel est l'impact net de l'utilisation du produit sur les ressources en eau, en terme de consommation d'eau ? 236

Indicateur n°30. Quel est l'impact net associé au volume de rejets et déchets générés par l'utilisation du produit ? 238

Indicateur n°31. Quel est l'effet environnemental direct net de l'utilisation du produit ? 238

Indicateur n°32. Quel est l'effet sanitaire direct net de l'utilisation du produit ? 239

Indicateur n°33. Quel est l'impact environnemental et sanitaire net des émissions, rejets et déchets générés par l'utilisation du produit ? 240

Indicateur n°34. Quel est l'impact de la fin de vie des produits sur le climat ? 243

Indicateur n°35. Quel est l'impact associé au volume de déchets et rejets issus de la fin de vie du produit ? 244

Indicateur n°36. Quel est l'impact de la composition du produit en fin de vie sur sa capacité à être réutilisé ou recyclé ? 245

Indicateur n°37. Quel est le risque environnemental et sanitaire associé à la fin de vie des produits, en particulier en cas d'abandon de déchets dans l'environnement ? 246

Annexe 11 – Arrêté du 31/01/08 relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets

(Abroge l'arrêté du 24/12/02 relatif à la déclaration annuelle des émissions polluantes des installations classées soumises à autorisation)

Journal Officiel n° 62 du 13 mars 2008

NOR : DEVP0773558A

Vus

Le ministre d'Etat, ministre de l'écologie, du développement et de l'aménagement durables,

Vu la convention sur l'accès à l'information, la participation du public au processus décisionnel et l'accès à la justice en matière d'environnement signée à Aarhus le 25 juin 1998 et ses protocoles ;

Vu le protocole relatif aux registres des rejets et des transferts de polluants (Protocole PRTR) fait à Kiev le 21 mai 2003 ;

Vu le règlement (CE) n° 2150/2002 du Parlement européen et du Conseil du 25 novembre 2002 relatif aux statistiques sur les déchets ;

Vu le règlement (CE) n° 166/2006 du Parlement européen et du Conseil du 18 janvier 2006 concernant la création d'un registre européen des rejets et des transferts de polluants, et modifiant les directives 91/689/CEE et 96/61/CE du Conseil ;

Vu la directive 91/689/CEE du Conseil du 12 décembre 1991 relative aux déchets dangereux ;

Vu la directive 2003/4/CE du Parlement européen et du Conseil du 28 janvier 2003 concernant l'accès du public à l'information en matière d'environnement et abrogeant la directive 90/313/CEE du Conseil ;

Vu la directive 2006/12/CE du Parlement européen et du Conseil du 5 avril 2006 relative aux déchets ;

Vu le code de l'environnement, notamment ses articles L. 211-2, L. 211-3, L. 512-5, L. 517-1, L. 541-2, L. 541-7, R. 214-1, R. 214-6 à R. 214-40, R. 229-20, R. 512-46, R. 517-2 à R. 517-8 et R. 541-42 à R. 541-48 ;

Vu le code minier ;

Vu la loi n° 2006-686 du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire ;

Vu l'arrêté du 28 juillet 2005 relatif à la vérification et à la quantification des émissions déclarées dans le cadre du système d'échange de quotas d'émission de gaz à effet de serre ;

Vu l'avis du Conseil supérieur des installations classées en date du 13 novembre 2007 ;

Vu l'avis du Comité national de l'eau en date du 15 novembre 2007 ;

Vu l'avis de la Mission interministérielle de l'eau en date du 8 novembre 2007,

Arrête :

Titre I : Registre des émissions polluantes et des déchets

Article 1er de l'arrêté du 31 janvier 2008

Le ministre chargé de l'environnement établit un registre des émissions de polluants et des déchets sous la forme d'une base de données électronique publique afin de promouvoir l'accès du public à l'information, faciliter sa participation au processus décisionnel en matière environnementale et contribuer à la prévention et à la réduction de la pollution de l'environnement.

Article 2 de l'arrêté du 31 janvier 2008

Ce registre contient les informations suivantes :
- les références de l'établissement émetteur (nom, adresse, géolocalisation) ;
- les quantités rejetées de chacun des polluants mentionnés à l'annexe II dans l'eau, l'air et le sol ;
- les quantités produites et, le cas échéant, les quantités traitées de déchets dangereux et non dangereux ;
- les volumes d'eau prélevée et rejetée, qui sont déclarées chaque année dans les conditions précisées au titre II du présent arrêté.

Article 3 de l'arrêté du 31 janvier 2008

Le registre est mis à jour chaque année au plus tard le 31 décembre de l'année de déclaration.

Titre II : Déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets

Article 4 de l'arrêté du 31 janvier 2008

I. L'exploitant d'un établissement visé à l'annexe I a du présent arrêté déclare chaque année au ministre chargé de l'environnement les données ci-après :
- les émissions chroniques ou accidentelles de l'établissement, à caractère régulier ou non,

canalisées ou diffuses dans l'air et dans l'eau de tout polluant indiqué à l'annexe II du présent arrêté dès lors qu'elles dépassent les seuils fixés dans cette même annexe, en distinguant la part éventuelle de rejet ou de transfert de polluant résultant de l'accident ;
- les émissions chroniques ou accidentelles de l'établissement dans le sol de tout polluant indiqué à l'annexe II du présent arrêté, provenant de déchets, à l'exception des effluents d'élevage, soumis aux opérations de " traitement en milieu terrestre " ou d'" injection en profondeur " énumérées à l'annexe II, partie A, de la directive 2006/12/CE du 5 avril 2006 relative aux déchets ;
- les volumes d'eau prélevée dès lors que le volume de prélèvement est supérieur à 50 000 m³/an ;
- les volumes d'eau rejetée, le nom et la nature du milieu récepteur dès lors que le volume de prélèvement est supérieur à 50 000 m³/an ou que l'exploitant déclare au moins une émission dans l'eau au titre du premier tiret du présent article ;
- la chaleur rejetée (par mégathermie) dès lors que celle-ci est supérieure à 100 Mth/an pour les rejets en mer et 10 Mth/an pour les rejets en rivière pour la période allant du 1er avril au 31 décembre.

Tout exploitant qui a déclaré pour une année donnée, en application des alinéas précédents, une émission d'un polluant supérieure au seuil fixé pour ce polluant déclare la quantité émise de ce polluant pour l'année suivante même si elle est inférieure aux seuils.

II. L'exploitant d'une installation classée soumise à autorisation déclare chaque année au ministre chargé de l'environnement la production de déchets dangereux de l'établissement dès lors que celle-ci est supérieure à 10 tonnes par an. Toutefois, pour les établissements exerçant une des activités figurant sur la liste de l'annexe I b ce seuil est de 2 tonnes par an.

L'exploitant d'un établissement exerçant une des activités figurant sur la liste de l'annexe I b déclare chaque année au ministre chargé de l'environnement la production de déchets non dangereux de l'établissement dès lors que celle-ci est supérieure à 2 000 tonnes par an.

L'exploitant d'une installation classée assurant le traitement de déchets dangereux déclare chaque année au ministre chargé de l'environnement les quantités admises et traitées sur le site.

L'exploitant d'une installation classée de stockage, d'incinération, de compostage ou de méthanisation de déchets non dangereux déclare chaque année au ministre chargé de l'environnement les quantités admises et traitées sur le site.

Concernant la production et le traitement de déchets dangereux et non dangereux, l'exploitant précise si les déchets sont destinés à la valorisation ou à l'élimination. Dans le cas de mouvements transfrontaliers de déchets dangereux, il indique en outre le nom et l'adresse de l'entreprise qui procède à la valorisation ou à l'élimination des déchets ainsi que l'adresse du site qui réceptionne effectivement les déchets.

III. L'exploitant indique dans sa déclaration annuelle les informations permettant l'identification de l'établissement concerné et des activités exercées.
L'exploitant précise si la détermination des quantités déclarées est basée sur une mesure, un calcul ou une estimation.
Il apporte toute information relative à un changement notable dans sa déclaration par rapport à l'année précédente.
La déclaration comprend les informations figurant dans le contenu de la déclaration défini à l'annexe III[370] du présent arrêté.

Article 5 de l'arrêté du 31 janvier 2008

L'exploitant met en œuvre les moyens nécessaires pour assurer la qualité des données qu'il déclare. Pour cela, il recueille à une fréquence appropriée les informations nécessaires à la détermination des émissions de polluants et des productions de déchets.

Les quantités déclarées par l'exploitant sont basées sur les meilleures informations disponibles notamment sur les données issues de la surveillance des rejets prescrite dans l'arrêté préfectoral d'autorisation de l'établissement, de calculs faits à partir de facteurs d'émission ou de corrélation, d'équations de bilan matière, des mesures en continu ou autres, conformément aux méthodes internationalement approuvées.

L'exploitant tient à la disposition du service chargé du contrôle de l'établissement, pendant une durée de 5 ans, les informations sur lesquelles les valeurs qu'il a déclarées sont basées. Ces informations contiennent notamment les justificatifs relatifs aux évaluations et/ou mesures réalisées, la localisation et l'identification des points de rejet correspondants.

[370] Non reproduite ici.

Article 6 de l'arrêté du 31 janvier 2008

La déclaration prévue à l'article 4 du présent arrêté est effectuée sur le site de télédéclaration du ministère chargé de l'environnement prévu à cet effet ou, à défaut, par écrit et est adressée au service chargé du contrôle de l'établissement.

Ce service peut demander à l'exploitant de modifier, compléter ou justifier tout élément de sa déclaration. Ces modifications, compléments ou justifications sont transmis dans un format identique à celui de la déclaration initiale.

Article 7 de l'arrêté du 31 janvier 2008

La déclaration des données d'émission d'une année est effectuée avant le 1er avril de l'année suivante si elle est faite par télédéclaration, et avant le 15 mars si elle est faite par écrit.

Pour les installations classées relevant du système d'échange de quotas d'émission de gaz à effet de serre, les dates ci-dessus sont remplacées par celle du 15 février.

Article 8 de l'arrêté du 31 janvier 2008

A la requête de l'exploitant, les données d'émission qu'il a déclarées et qui sont de nature à entraîner notamment la divulgation de secrets de fabrication ou à faciliter des actes susceptibles de porter atteinte à la santé, la sécurité et la salubrité publiques peuvent être considérées comme confidentielles et ne sont pas publiées dans le registre des émissions polluantes et des déchets.

Article 9 de l'arrêté du 31 janvier 2008

En cas d'absence de déclaration ou de déclaration incomplète d'un exploitant d'un établissement visé à l'article 4 du présent arrêté, le service chargé du contrôle de l'établissement peut se substituer à lui et déterminer, sur la base des meilleures informations dont il dispose, les données relatives aux émissions polluantes destinées à figurer dans le registre des émissions polluantes visé à l'article 1er.

Pour les installations classées soumises à autorisation et les stations d'épuration, l'absence de déclaration ou une déclaration incomplète est passible, selon le cas, des sanctions prévues par les articles R. 216-12 ou R. 514-4 du code de l'environnement.

Article 10 de l'arrêté du 31 janvier 2008

L'arrêté du 24 décembre 2002 modifié relatif à la déclaration annuelle des émissions polluantes des installations classées soumises à autorisation et l'arrêté du 20 décembre 2005 relatif à la déclaration annuelle à l'administration, pris en application des articles 3 et 5 du décret n° 2005-635 du 30 mai 2005 relatif au contrôle des circuits de traitement des déchets sont abrogés.

Article 11 de l'arrêté du 31 janvier 2008

Le directeur de la prévention des pollutions et des risques, délégué aux risques majeurs, le directeur de l'eau et le directeur général de l'énergie et des matières premières sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent arrêté, qui sera publié au Journal officiel de la République française.

Fait à Paris, le 31 janvier 2008.Pour le ministre et par délégation :
Le directeur du cabinet,
C. Fremont

Annexe I : Liste des établissements

a) Etablissements soumis à la déclaration annuelle de polluants :
- installations classées soumises à autorisation, à l'exclusion des élevages ;
- installations destinées à l'élevage de volailles ou de porcs disposant de plus de :
1. 40 000 animaux-équivalents pour la volaille ;
2. 2 000 emplacements pour porcs de production (de plus de 30 kg),
ou,
3. 750 emplacements pour truies ;
- piscicultures d'une capacité de production supérieure à 1 000 tonnes par an ;
- stations d'épuration urbaines d'une capacité nominale supérieure à 6 000 kg/j de DBO5 (100 000 équivalents habitants) ;
- sites d'extraction relevant du code minier.

b) Etablissements soumis à la déclaration annuelle de production de déchets dangereux (supérieure à 2 t/an) et de déchets non dangereux (supérieure à 2 000 t/an) :

- établissements exerçant l'une des activités visées à l'annexe I du règlement (CE) n° 166/2006 susvisé.

Annexe II : Liste des polluants

NUMÉRO CAS	NUMÉRO SANDRE	POLLUANT *(1)*	SEUIL DE REJETS		
			Dans l'air (kg/an)	Dans l'eau (kg/an)	Dans le sol (kg/an)
74-82-8		Méthane (CH_4).	100 000 *(*)*	- *(2)*	-
630-08-0		Monoxyde de carbone (CO).	500 000	-	-
124-38-9		Dioxyde de carbone (CO_2) *(3)*.	10 000 000 *(*)*	-	-
		Hydrofluorocarbones (HFC) *(4)*.	100	-	-
10024-97-2		Protoxyde d'azote (N_2O).	10 000 *(*)*	-	-
7664-41-7	1351	Ammoniac (NH_3).	10 000	15 000	-
		Composés organiques volatils non méthaniques (COVNM).	30 000	-	-
		Oxydes d'azote (NOx/NO_2).	100 000 *(*)* et (**)	-	-
		Perfluorocarbones (PFC) *(5)*.	100	-	-
2551-62-4		Hexafluorure de soufre (SF_6).	20	-	-
		Oxydes de soufre (SOx/SO_2).	150 000 *(*)* et *(**)*	-	-
	1551	Azote total.	-	50 000	50 000
7723-14-0	1350	Phosphore total.	-	5 000	5 000
		Hydrochlorofluorocarbones (HCFC) *(6)*.	1	-	-
		Chlorofluorocarbones (CFC) *(7)*.	1	-	-
		Halons *(8)*.	1	-	-
		Trifluorure d'azote (NF_3).	500	-	-
7429-90-5	1370	Aluminium et composés (exprimés en tant que Al) *(9)*.	-	2 000	2 000
7440-36-0		Antimoine et composés (exprimés en tant que Sb) *(9)*.	10	-	-
7440-38-2	1369	Arsenic et composés (exprimés en tant que As) *(9)*.	20 *(**)*	5	5
7440-43-9	1388	Cadmium et composés (exprimés en tant que Cd) *(9)*.	10 *(**)*	0	5

7440-47-3	1389	Chrome et composés (exprimés en tant que Cr) *(9)*.	100 *(**)*	50	50
18540-29-9	1371	Chrome hexavalent et composés (exprimés en tant que Cr VI) *(9)*.	-	30	30
7440-48-4	1379	Cobalt et composés (exprimés en tant que Co) *(9)*.	5	40	-
7440-50-8	1392	Cuivre et composés (exprimés en tant que Cu) *(9)*.	100 *(**)*	50	50
7439-89-6	1393	Fer et composés (exprimés en tant que Fe) *(9)*.	-	3 000	3 000
7439-97-6	1387	Mercure et composés (exprimés en tant que Hg) *(9)*.	10 *(**)*		1
7439-96-5	1394	Manganèse et composés (exprimés en tant que Mn) *(9)*.	200 *(**)*	500	500
7440-02-0	1386	Nickel et composés (exprimés en tant que Ni) *(9)*.	50 *(**)*	0	20
7439-92-1	1382	Plomb et composés (exprimés en tant que Pb) *(9)*.	200 *(**)*	0	20
7440-31-5	1380	Etain et composés (exprimés en tant que Sn) *(9)*.	2 000	200	200
7440-32-6	1373	Titane et composés (exprimés en tant que Ti) *(9)*.	-	100	100
7440-66-6	1383	Zinc et composés (exprimés en tant que Zn) *(9)*.	200	100	100
15972-60-8	1101	Alachlore.	-	0	1
309-00-2	1103	Aldrine.	1	0	1
1912-24-9	1107	Atrazine.	-	0	1
57-74-9	1132	Chlordane.	1	1	1
143-50-0	1866	Chlordécone.	1	1	1
470-90-6	1464	Chlorfenvinphos.	-	0	1
85535-84-8	1955	Chloro-alkanes (C10-C13).	-	0	1
2921-88-2	1083	Chlorpyriphos.	-	0	1
789-02-06 50-29-3 53-19-0 72-54-8 3424-82-6 72-55-9	1147 1148 1143 1144 1145 1146	Total DDT (y compris les métabolites DDD et DDE).	1	0	1
107-06-2	1161	1,2-dichloroéthane (DCE).	1 000	0	10
75-09-2	1168	Dichlorométhane (DCM).	1 000	0	10
60-57-1	1173	Dieldrine.	1	0	1
330-54-1	1177	Diuron.	-	0	1

115-29-7	1743	Endosulphan (mélange d'isomères).	-	0	1
72-20-8	1181	Endrine.	1	0	1
	1106	Composés organohalogénés (exprimés en tant que AOX) *(10)*.	-	1 000	1 000
76-44-8	1197	Heptachlore.	1	1	1
118-74-1	1199	Hexachlorobenzène (HCB).	10	0	1
87-68-3	1652	Hexachlorobutadiène (HCBD).	-	0	1
608-73-1	1200 1201 1202	1,2,3,4,5,6-hexachlorocyclohexane (HCH).	10	0	1
58-89-9	1203	Lindane.	1	0	1
2385-85-5		Mirex.	1	1	1
		PCDD + PCDF (dioxines + furannes) (en Teq) *(11)*.	0,0001 *(**)*	0,0001	0,0001
608-93-5	1888	Pentachlorobenzène.	1	0	1
87-86-5	1235	Pentachlorophénol (PCP).	10	0	1
1336-36-3	1032	Biphényles polychlorés (PCB).	0,1	0,1	0,1
122-34-9	1263	Simazine.	-	0	1
127-18-4	1272	Tétrachloroéthylène (PER).	2 000	0	-
56-23-5	1276	Tétrachlorométhane (TCM).	100	0	-
12002-48-1	1630	Trichlorobenzènes (TCB) (tous les isomères).	10	0	-
71-55-6		1,1,1-trichloroéthane (TCE).	100	?-	-
79-34-5		1,1,2,2-tétrachloroéthane.	50	-	-
79-01-6	1286	Trichloréthylène (TRI).	2 000	0	-
67-66-3	1135	Trichlorométhane (chloroforme).	500	0	-
8001-35-2	1279	Toxaphène.	1	1	1
75-01-4	1753	Chlorure de vinyle.	1 000	10	10
120-12-7	1458	Anthracène.	50	0	1
71-43-2	1114	Benzène.	1 000	0	200
32534-81-9 32536-52-0 1163-19-5	1921 2609	Diphényléthers bromés (PBDE) *(12)*.	-	0	1
25154-52-3	1957	Nonyphénols et éthoxylates de nonylphénol (NP/NPE).	-	0	1
100-41-4	1497	Ethylbenzène.	-	0	200
75-21-8		Oxyde d'éthylène.	1 000	10	10
34123-59-6	1208	Isoproturon.	-	0	1

91-20-3	1517	Naphtalène.	100	0	10
		Composés organostanniques (en tant que Sn total).	-	50	50
117-81-7	1461	Phtalate de di (2-éthylhexyl) (DEHP).	10	0	1
108-95-2	1440	Phénols (en tant que C total) *(13)*.	1 000	20	20
191-24-2	1118	Benzo(g,h,i)pérylène.	-	0	-
207-08-9	1117	Benzo(k)fluoranthène.		0	50 5
193-39-5	1204	Indeno(1,2,3-cd)pyrène.		0	(en tant (en tant
50-32-8	1115	Benzo(a)pyrène.		0	que HAP) *(14)* que HAP) *(14)*
205-99-2	1116	Benzo(b)fluoranthène.		0	
		Hydrocarbures.	-	10 000	-
108-88-3	1278	Toluène.	-	0	200
688-73-3	1820	Tributylétain et composés *(15)*.	-	0	1
892-20-6	1779	Triphénylétain et composés *(16)*.	-	1	1
	1325	Carbone organique total (en tant que C total ou DCO/3).	-	50 000	-
		Demande chimique en oxygène (DCO).	-	150 000	-
		Demande biologique en oxygène (DBO5).	-	43 000	-
		Matières en suspension (MES).	-	300 000	-
1582-09-8	1289	Trifluraline.	-	0	1
1330-20-7	1780	Xylènes *(17)*.	-	0	200
16887-00-6	1337	Chlorures (en tant que Cl total).	-	2 000 000	2 000 000
		Chlore et composés inorganiques (en tant que HCl).	10 000 *(**)*	-	-
1332-21-4	1759	Amiante.	1	1	1
57-12-5	1390	Cyanures (sous forme de CN total).	-	50	50
16984-48-8	1391	Fluorures (en tant que F total).	-	2 000	2 000
		Fluor et composés inorganiques (en tant que HF).	5 000 *(**)*	-	-
74-90-8		Acide cyanhydrique (HCN).	200	-	-
		Sulfure d'hydrogène (H_2S).	3 000	-	-
14808-79-8	1338	Sulfates.	?	1 500 000	-
		Particules (PM10).	50 000	-	-

		Poussières totales.	150 000 *(*)*	-	-
1806-26-4	1920	Octylphénols et éthoxylates d'octylphénol.	-	0	-
206-44-0	1191	Fluoranthène.	-	0	-
465-73-6	1207	Isodrine.	-	0	-
36355-01-8	1922	Hexabromobiphényle.	0,1	0,1	0,1
50-00-0	1702	Aldéhyde formique (formaldéhyde).	1 500	300	-
62-53-3	2605	Aniline.	-	3 000	-
302-01-2		Hydrazine.	100	70	-
67-56-1	2052	Méthanol (alcool méthylique).	20 000	5 000	-
75-07-0		Acétaldéhyde (aldéhyde acétique ou éthanal).	200	-	-
107-13-1		Acrylonitrile.	1 000	-	-
106-99-0		1,3-butadiène.	15 000	-	-
74-87-3		Chlorométhane (chlorure de méthyle).	15 000	-	-
1319-77-3		Crésol (mélanges d'isomères).	200	-	-
123-91-1		1,4-dioxane.	1 000	-	-
106-89-8		Epichlorhydrine (1-chloro-2,3-époxypropane).	100	-	-
75-56-9		Oxyde de propylène (1,2-époxypropane).	2 000	-	-
75-15-0		Sulfate de carbone.	50 000	-	-
(*) Pour les installations de combustion de puissance thermique supérieure à 20 MW, ce seuil est fixé à 0. *(**) Pour les installations d'incinération de déchets non dangereux de capacité supérieure à 3 tonnes par heure et les installations d'incinération de déchets dangereux de capacité supérieure à 10 tonnes par jour, ce seuil est fixé à 0.*					

(1) Sauf précision contraire, tout polluant spécifié à l'annexe II est déclaré en tant que masse totale de ce polluant ou, si le polluant est un groupe de substances, en tant que masse totale du groupe.
(2) Le tiret (-) indique qu'il n'y a pas d'obligation de déclaration pour le polluant et le milieu concerné.
(3) La déclaration fera la distinction entre le dioxyde de carbone (CO_2) d'origine biomasse et non biomasse.
(4) Masse totale des fluorocarbones d'hydrogène : somme de HFC23, HFC32, HFC41, HFC4310mee, HFC125, HFC134, HF134a, HFC152a, HFC143, HFC143a, HFC227ea, HFC236fa, HFC245ca, HFC365mfc.
(5) Masse totale des perfluorocarbones : somme de CF4, C2F6, C3F8, C4F10, c-C4F8, C5F12, C6F14.
(6) Masse totale des substances énumérées, y compris leur isomères, dans le groupe VIII de l'annexe I du règlement (CE) n° 2037/2000 du Parlement européen et du Conseil du 29 juin 2000 relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone (JO L 244 du 29 septembre 2000, p. 1). Règlement modifié par le règlement (CE) n° 1804/2003 (JO L 265 du 16 octobre

2003, p. 1).
(7) Masse totale des substances énumérées, y compris leurs isomères, dans les groupes I et II de l'annexe I du règlement (CE) n° 2037/2000.
(8) Masse totale des substances énumérées, y compris leurs isomères, dans les groupes III et VI de l'annexe I du règlement (CE) n° 2037/2000.
(9) Tous les métaux sont signalés en tant que masse totale de l'élément sous toutes les formes chimiques présentes dans le rejet.
(10) Composés organiques halogénés qui peuvent être absorbés par le charbon actif et exprimé en tant que chlorure.
(11) Exprimé en tant que I-TEQ.
(12) Masse totale des diphényléthers bromés suivants : penta-BDE, octa-BDE et déca-BDE.
(13) Masse totale du phénol et des phénols simples substitués exprimés en tant que carbone total.
(14) Hydrocarbures aromatiques polycycliques.
(15) Masse totale du tributylétain, exprimée en tant que masse de tributylétain.
(16) Masse totale des composés de triphénylétain, exprimée en tant que masse de triphénylétain.
(17) Masse totale de xylène (ortho-xylène, méta-xylène, para-xylène).

Annexe 12 – Extrait du contenu de l'onglet « Indicateurs » d'IDDAgro, version Excel : les indicateurs à renseigner.

N.B. : Les liens hypertextes dans la colonne « indications pour répondre » renvoient aux tableaux présentés au sein du chapitre 4, rassemblant les possibilités de réponses pour les indicateurs concernés.

INDICATEURS							
Ref	**Intitulé**	**Question**	**Réponse**	**Réponse**	**Indications pour répondre**	**Compléments de réponse à apporter**	**Indications pour les compléments de réponse**
ETAPE A : Production des agro-ressources (agriculture)							
a1	Conversion des sols, évolution des pratiques agricoles et biodiversité	Indicateur n°1 : Quel impact a la production agricole des agro-ressources sur la biodiversité locale (via la conversion des sols et l'évolution des pratiques agricoles) ?	F / MF / N / MD / D / NS		Réponses proposées : F / MF / N / MD / D / NS D : recours à des terres auparavant occupées par des marécages / forêts tropicales / forêts de montagne / milieux abritant des espèces menacées/protégées MD : usage antérieur des sols plus favorable à la biodiversité locale, via l'usage des sols (hors cas ci-dessus) ou via les pratiques agricoles N : usage antérieur comparable à l'usage prévu MF ou F : usage et pratiques prévus plus favorable à la biodiversité que l'usage antérieur (en fonction de l'ampleur des mesures prises) NS : Pas d'informations permettant de répondre		Préciser les éléments qui permettent de répondre ou qui font éventuellement défaut.
a2	Conversion des sols, évolution des pratiques agricoles et qualité des sols	Indicateur n°2 : Quel impact a la production agricole des agro-ressources sur la qualité des sols (via la conversion des sols et l'évolution des pratiques agricoles) ?	F / MF / N / MD / D / NS		Réponses proposées : F / MF / N / MD / D / NS D ou MD : en fonction de l'ampleur des mesures prises : diminution du couvert végétal, augmentation de la fréquence de labour, diminution des rotations de cultures, augmentation des apports d'engrais ou de traitements phytosanitaires N : pas d'évolutions significatices MF ou F : en fonction de l'ampleur des mesures prises : amélioration significative sur les éléments présentés ci-dessus NS : Pas d'informations permettant de répondre		Préciser les éléments qui permettent de répondre ou qui font éventuellement défaut.
a3	Implantation des cultures et stocks de carbone	Indicateur n°3 : Quel impact a la production agricole des agro-ressources sur les stocks de carbone organique des sols (via la conversion de l'usage des sols et l'évolution des usages agricoles) ?	F / MF / N / MD / D / NS		Réponses proposées : F / MF / N / MD / D / NS MF ou F : l'évolution des usages des sols / des pratiques favorise un stockage carbone organique dans les sols (en fonction de l'ampleur des évolutions). Evolutions concernées : terres cultivées sans couverts végétaux en inter culture -> terres cultivées avec couverts végétaux en inter culture ou terres à couvert végétal permanent (prairies, forêts), ... N : pas d'évolutions significatives de ce type. MD ou D : l'évolution des usages des sols / des pratiques occasionne un déstockage de carbone par le biais de transitions inverses de celles présentées ci-dessus (en fonction de l'ampleur des évolutions). NS : pas d'informations permettant de répondre.		Préciser les éléments qui permettent de répondre ou qui font éventuellement défaut.
a4	Implantation des cultures et paysages	Indicateur n°4 : La culture des agro-ressources occasionne-t-elle un impact sensible sur le paysage?	F / MF / N / MD / D / NS		Réponses proposées : F / MF / N / MD / D / NS MF ou F : impact positif sur les paysages N : pas d'impact significatif sur les paysages MD ou D : impact négatif sur les paysages NS : pas d'informations permettant de répondre.		Préciser en quoi les cultures ont un impact sur le paysage des sites où elles sont implantées.
a5-6	Ecotoxicité et toxicité des intrants agricole	Indicateur n°5 : Quel est l'impact environnemental et sanitaire des intrants agricoles utilisés pour la production des agro-ressources ?	F / MF / N / MD / D / NS		Réponses proposées : F / MF / N / MD / D : cf. tableau		Préciser en quoi le recours aux intrants est moindre ou accru par rapport aux pratiques agricoles traditionnelles. En cas de culture non référencée ici, présenter les éléments qui permettent de justifier la réponse choisie.

a7-8	Impact énergétique et climatique des intrants agricoles	Indicateur n°6 : Quel est l'impact, sur les ressources en énergies fossiles et sur le climat, de la production et de l'utilisation d'intrants agricoles pour la production des agro-ressources ?	N / MD / D / NS		Réponses proposées : N / MD / D : cf. tableau		Si le projet fait appel à une culture non référencée, définir la réponse en situant la culture concernée par rapport aux cultures citées.
a9	Impact énergétique et climatique de la mécanisation agricole	Indicateur n°7 : Quel est l'impact, sur le climat et sur les ressources en énergies fossiles, de la mécanisation agricole pour la production des agro-ressources?	N / MD / D / NS		Réponses proposées : N / MD / D : cf. tableau		Si le projet fait appel à une culture non référencée, définir la réponse en se positionnant par rapport aux cultures citées et en tenant compte de l'existence d'éventuelles bonnes pratiques.
a11	Irrigation des cultures	Indicateur n°8 : Quel est l'impact de la producti on des agro-ressources en terme de consommation d'eau pour l'irrigation ?	N / MD / D / NS		Réponses proposées : F / MF / N / MD / D : cf. tableau		Présenter les pratiques vertueuses évoquées et influant sur la réponse donnée à cet indicateur
a12	Production des agro-ressources hors UE et droits humains	Indicateur n°9 : Si la production des agro-ressources est implantée hors du territoire de l'Union Européenne, quel est l'impact de cette production sur les travailleurs agricoles via l'emploi, les revenus et les conditions de travail?	F / MF / N / MD / D / NS		Réponses proposées : F / MF / N / MD / D / NS Choix de la réponse laissé libre.		Le porteur de projet est invité à présenter les éléments sur lesquels il appuie la réflexion lui permettant de répondre. Il est notamment invité à questionner les conditions dans lesquelles les travailleurs agricoles sont employés et rémunérés, et si ces conditions sont de nature à leur permettre d'être en capacité de satisfaire leurs besoins.
a13	Production des agro-ressources hors UE et retombées économiques locales	Indicateur n°10 : Si la production des agro-ressources est implantée hors du territoire de l'Union Européenne, quel est l'impact de cette production sur l'économie locale ?	F / MF / N / MD / D / NS		Réponses proposées : F / MF / N / MD / D / NS Choix de la réponse laissé libre au porteur de projet.		Le porteur de projet est invité à présenter les éléments sur lesquels il appuie la réflexion lui permettant de répondre.
ETAPE B : Transport pour l'approvisionnement en matières premières							
b1	Impact énergétique et climatique du transport des matières premières	Indicateur n°11 : Quel est l'impact, sur les ressources en énergies fossiles et sur le climat, des modes de transports prévus pour l'approvisionnement en matières premières ?	N / MD / D / NS		Réponses proposées : N / MD / D / NS : cf. tableau		Préciser les caractéristiques des circuits d'approvisionnement. Préciser également les bonnes pratiques éventuellement mises en œuvre afin de limiter la consommation en énergies fossiles et les émissions de GES dues à ce transport.

b2	Impact énergétique et climatique du stockage intermédiaire lors de l'approvisionnement	Indicateur n°12 : Quel est l'impact, sur les ressources en énergies fossiles et sur le climat, des caractéristiques des éventuels stockages intermédiaires lors de l'approvisionnement ?	N / MD / D / NS		Réponses proposées : N / MD / D / NS N : - Si aucun stockage intermédiaire n'est prévu au cours du circuit d'approvisionnement - Si un ou plusieurs sites de stockage sont prévus, et qu'il ne génèrent pas ou très peu de consommation d'énergie fossile ni d'émissions de GES MD : Si un ou plusieurs sites de stockage sont prévus, avec mise en place de mesures d'efficacité énergétique et de réduction des émissions de GES D : Si un ou plusieurs sites de stockage sont prévus, sans mise en place de mesures d'efficacité énergétique et de réduction des émissions de GES NS : Si le porteur de projet ne dispose pas d'informations suffisantes pour répondre.		Préciser de quels sites de stockage il s'agit et présenter les mesures concernées.
b3-4	Toxicité et écotoxicité du transport des matières premières	Indicateur n°13 : Quel est l'impact environnemental et sanitaire des émissions liées au transport pour l'approvisionnement en matières premières ?	N / MD / D / NS		Réponses proposées : N / MD / D / NS : cf. tableau		Préciser les caractéristiques des circuits d'approvisionnement.
b5	Maîtrise des risques liés à l'approvisionnement	Indicateur n°14 : Quel est le risque environnemental et sanitaire associé aux transports et aux éventuels stockages intermédiaires pour l'approvisionnement en matières premières ?	N / MD / D / NS		Réponses proposées : N / MD / D / NS : cf. tableau		Présenter ici les éléments sur lesquels s'appuie la réponse.
b6	Sites de stockage et paysages	Indicateur n°15 : Quel est l'impact, sur l'occupation des sols et sur le paysage, des éventuels sites de stockage intermédiaire pour l'approvisionnement ?	F / MF / N / MD / D / NS		Réponses proposées : F / MF / N / MD / D / NS Choix de la réponse laissé libre au porteur de projet.		Présenter les caractéristiques des sites concernés, ainsi que les éléments permettant de répondre.
ETAPE C : Production							
c1	Impact énergétique et climatique des procédés	Indicateur n°16 : Quel est l'impact, sur les ressources en énergies fossiles et sur le climat, de la consommation énergétique globale du site de production – transformation ou des procédés mis en œuvre ?	N / MD / D / NS		Réponses proposées : N / MD / D / NS N : impact sur le climat et les ressources en énergies fossiles jugé négligeable MD : impact jugé moyen D : impact jugé élevé ou très élevé NS : pas d'éléments suffisants pour répondre. *(cf. Thèse : paragraphe 4.1.3.a)*		Présenter les éléments sur lesquels s'appuie la réponse. Se reporter aux données présentées dans le tableau et le graphe pour situer les émissions de GES associées à la consommation énergétique des procédés en fonction des sources d'énergie mobilisées. Se référer aux BREF dont relève le projet et y rechercher des informations concernant les consommations énergétiques et les émissions de GES associées aux procédés concernés, afin de situer le projet par rapport aux préconisations. Pour la réponse NS, expliquer quels sont les éléments qui font défaut.

c2	Implantation du site de production	Indicateur n°17 : Quel est l'impact sur les milieu x de l'implantation des activités de production - transformation ?	F / MF / N / MD / D / NS		Réponses proposées : F / MF / N / MD / D / NS MF ou F : l'impact est jugé positif (faible ou très faible emprise au sol éventuellement sur des zones déjà artificialisées, bonne intégration dans le paysage, …) N : l'impact est jugé négligeable (implantation sur des zones déjà artificialisées, bonne intégration dans le paysage, …) MD ou D : l'impact est jugé négatif (recours plus ou moins important à des terres arables ou à des espaces naturels pour l'implantation des sites de production, impact sur le paysage, …)		Présenter les caractéristiques du site choisi et les raisons d'une telle implantation.
c3	Consommation d'eau des procédés	Indicateur n°18 : Quel est l'impact, sur les ressources en eau, des procédés de production – transformation et des éventuels stockages du site de production, en terme de consommation d'eau ramenée à l'unité de produit principal ?	N / MD / D / NS		Réponses proposées : N / MD / D / NS N : consommation d'eau par unité de produit principal jugée faible ou négligeable MD : consommation jugée moyenne D : consommation jugée élevée ou très élevée NS : manque d'informations pour répondre.		Présenter les éléments sur lesquels s'appuie la réponse.
c4	Consommation de ressources naturelles non renouvelables par les procédés	Indicateur n°19 : En dehors de l'eau, des agro-ressources et des énergies fossiles, quel est l'impact des procédés de production – transformation sur les ressources naturelles à faible taux de renouvellement, comme les minerais ?	N / MD / D / NS		Réponses proposées : N / MD / D / NS N : si les procédés n'ont recours à aucune de ces ressources, ou seulement de façon très limitée MD : si les procédés n'ont qu'un recours limité à ces ressources D : si les procédés ont un recours important à ces ressources NS : si le porteur de projet manque d'informations pour répondre.		Préciser les ressources naturelles dont il est question, ainsi que les consommation en jeu. Présenter les éléments sur lesquelles s'appuie la réponse, ou les informations manquantes le
c5-6	Toxicité et écotoxicité des procédés	Indicateur n°20 : Quel est l'impact sanitaire et environnemental des déchets, rejets et émissions de polluants issues des procédés ou du site de production dans son ensemble ?	F / MF / N / MD / D / NS		Réponses proposées : F / MF / N / MD / D : cf. tableau		Présenter ici les éléments sur lesquels se fonde la réponse.
ETAPE D : Valorisation des co-produits							
d1n	Impact énergétique évité par la valorisation des coproduits	Indicateur n°21 : Quel est l'impact sur les ressources en énergies fossiles évité par la valorisation du co-produit n ?	N / MF / F / NS / désactivé		Réponses proposées : N / MF / F / NS / désactivé : cf. tableau		Pour chaque co-produit, présenter les éléments sur lesquels s'appuie la réponse, en détaillant la valorisation, les filières des produits remplacés et leurs impacts.
d2n	Impact climatique évité par la valorisation des coproduits	Indicateur n°22 : Quel est l'impact sur climat évi té par la valorisation du co-produit n ?	N / MF / F / NS / désactivé		Réponses proposées : N / MF / F / NS / désactivé : cf. tableau		idem
d3n	Consommation d'eau évitée par la valorisation des coproduits	Indicateur n°23 : Quel est l'impact sur les ressources en eau, en terme de consommation, évité par la valorisation du co-produit n ?	N / MF / F / NS / désactivé		Réponses proposées : N / MF / F / NS / désactivé : cf. tableau		idem
d4-5n	Toxicité et écotoxicité évitée par la valorisation des coproduits	Indicateur n°24 : Quel est l'impact environnemental et sanitaire des émissions, rejets et déchets évités par la valorisation du co-produit n ?	N / MF / F / NS / désactivé		Réponses proposées : N / MF / F / NS / désactivé : cf. tableau		idem
ETAPE E : Transport pour la distribution							
e1	Impact énergétique et climatique de la distribution des produits	Indicateur n°11 : Quel est l'impact, sur les ressources en énergies fossiles et sur le climat, des modes de transports prévus pour la distribution ?	N / MD / D / NS		Réponses proposées : N / MD / D / NS : cf. tableau		Préciser les caractéristiques du circuit de distribution. Préciser également les bonnes pratiques éventuellement mises en œuvre afin de limiter la consommation en énergies fossiles et les émissions de GES dues à ce transport.

e2	Impact énergétique et climatique du stockage intermédiaire lors de la distribution	Indicateur n°12 : Quel est l'impact, sur les ressources en énergies fossiles et sur le climat, des caractéristiques des éventuels stockages intermédiaires lors de la distribution ?	N / MD / D / NS		Réponses proposées : N / MD / D / NS N : - Si aucun stockage intermédiaire n'est prévu au cours du circuit de distribution - Si un ou plusieurs sites de stockage sont prévus, et qu'il ne génèrent pas ou très peu de consommation d'énergie fossile ni d'émissions de GES MD : Si un ou plusieurs sites de stockage sont prévus, avec mise en place de mesures d'efficacité énergétique et de réduction des émissions de GES D : Si un ou plusieurs sites de stockage sont prévus, sans mise en place de mesures d'efficacité énergétique et de réduction des émissions de GES NS : Si le porteur de projet ne dispose pas d'informations suffisantes pour répondre.		Préciser de quels sites de stockage il s'agit et présenter les mesures concernées.
e3-4	Toxicité et écotoxicité de la distribution des produits	Indicateur n°13 : Quel est l'impact environnemental et sanitaire des émissions liées au transport pour la distribution ?	N / MD / D / NS		Réponses proposées : N / MD / D / NS : cf. tableau		Préciser les caractéristiques du circuit de distribution.
e5	Maîtrise des risques environnementaux et sanitaires liés à la distribution	Indicateur n°14 : Quel est le risque environnemental et sanitaire associé aux transports et aux éventuels stockages intermédiaires pour la distribution ?	N / MD / D / NS		Réponses proposées : N / MD / D / NS : cf. tableau		Présenter les éléments sur lesquels s'appuie la réponse.
e6	Sites de stockage et paysages	Indicateur n°15 : Quel est l'impact, sur l'occupation des sols et sur le paysage, des éventuels sites de stockage intermédiaire pour la distribution des produits ?	F / MF / N / MD / D / NS		/		Présenter les caractéristiques des sites concernés, ainsi que les éléments permettant de répondre.
ETAPE F : Consommation / Utilisation des produits							
f1	Impact énergétique net de l'utilisation du produit	Indicateur n°25 : Quel est l'impact net de l'utilisation du produit sur les ressources en énergies fossiles ?	F / MF / N / MD / D / NS		Réponses proposées : F / MF / N / MD / D / NS: cf. tableau		Présenter les éléments sur lesquels s'appuie la réponse.
f2	Impact climatique net de l'utilisation du produit	Indicateur n°26 : Quel est l'impact net de l'utilisation du produit sur le climat ?	F / MF / N / MD / D / NS		Réponses proposées : F / MF / N / MD / D / NS : cf. tableau		idem
f3	Impact climatique de l'élimination des déchets issus de l'utilisation du produit	Indicateur n°27 : Quel est l'impact sur le climat de l'élimination des rejets et déchets issus de l'utilisation du produit ?	F / MF / N / MD / D / NS		Réponses proposées : F / MF / N / MD / D / NS : cf. tableau		idem
f4	Impact net de l'utilisation du produit sur les ressources naturelles	Indicateur n°28 : Quel est l'impact net de l'utilisation du produit sur les ressources naturelles non renouvelables autres que l'énergie et l'eau ?	F / MF / N / MD / D / NS		Réponses proposées : F / MF / N / MD / D / NS : cf. tableau		idem
f5	Consommation d'eau liée à l'utilisation du produit	Indicateur n°29 : Quel est l'impact net de l'utilisation du produit sur les ressources en eau, en terme de consommation d'eau ?	F / MF / N / MD / D / NS		Réponses proposées : F / MF / N / MD / D / NS : cf. tableau		idem
f6i	Volume de rejets et déchets générés par l'utilisation du produit	Indicateur n°30 : Quel est l'impact net associé au volume de rejets et déchets générés par l'utilisation du produit ?	F / MF / N / MD / D / NS		Réponses proposées : F / MF / N / MD / D / NS : cf. tableau		idem
f6ii	Effet environnemental direct net de l'utilisation du produit issu du projet	Indicateur n°31 : Quel est l'effet environnemental direct net de l'utilisation du produit ?	F / MF / N / MD / D / NS		Réponses proposées : F / MF / N / MD / D / NS : cf. tableau		idem
f7	Effet sanitaire direct net de l'utilisation du produit issu du projet	Indicateur n°32 : Quel est l'effet sanitaire direct net de l'utilisation du produit ?	F / MF / N / MD / D / NS		Réponses proposées : F / MF / N / MD / D / NS : cf. tableau		idem
f6-7	Impact environnemental et sanitaire net des rejets, émissions et déchets liés à l'utilisation du produit	Indicateur n°33 : Quel est l'impact environnemental et sanitaire net des émissions, rejets et déchets générés par l'utilisation du produit ?	F / MF / N / MD / D / NS		Réponses proposées : F / MF / N / MD / D / NS : cf. tableau		idem
ETAPE G : Fin de vie des produits							
g1	Impact climatique de l'élimination	Indicateur n°34 : Quel est l'impact de la fin de vie des produits sur le climat ?	F / MF / N / MD / D / NS		Réponses proposées : F / MF / N / MD / D / NS : cf. tableau		idem

g2i	Volume de déchets issus de l'élimination	Indicateur n°35 : Quel est l'impact associé au volume de déchets et rejets issus de la fin de vie du produit ?	N / MD / D / NS		Réponses proposées : N / MD / D N : si volume de déchets issu de la fin de vie du produit issu du projet est jugée faible MD : si le volume de déchets issu de la fin de vie du produit issu du projet est jugée modéré D : si le volume de déchets issu de la fin de vie du produit issu du projet est jugée important		idem
g2ii	Recyclabilité du produit en fin de vie	Indicateur n°36 : Quel est l'impact de la composition du produit en fin de vie sur sa capacité à être réutilisé ou recyclé ?	F / MF / N / MD / D / NS		Réponses proposées : F / MF / N / MD / D / NS F : Si la composition du produit lui permet d'être réutilisé ou recyclé à 100% MF : Si la composition du produit lui permet d'être partiellement réutilisé ou recyclé, et ne contient que des éléments d'origine organique (agro-ressources ou autres) N : Si la composition du produit lui permet d'être partiellement réutilisé ou recyclé, mais inclut des éléments d'origine fossile MD : Si la composition du produit ne lui permet pas d'être réutilisé ou recyclé, mais ne contient que des éléments d'origine organique (agro-ressources ou autres) D : Si la composition du produit ne lui permet pas d'être réutilisé ou recyclé, et inclut des éléments d'origine fossile NS : Si le porteur de projet ne dispose pas de suffisamment d'informations.		idem
g3	Maîtrise des risques liés à la fin de vie des produits	Indicateur n°37 : Quel est le risque environnemental et sanitaire associé à la fin de vie des produits, en particulier en cas d'abandon de déchets dans l'environnement ?	N / MD / D / NS		Réponses proposées : N / MD / D N : si le produit en fin de vie est biodégradable à 100% en un temps relativement court MD : si le produit en fin de vie n'est pas biodégradable à 100%, ou ne peut se dégrader après avoir été abandonné qu'en un temps relativement long D : si le produit en fin de vie est susceptible d'émettre, en se dégradant et après avoir été abandonné, des substances (émissions liquides ou gazeuses, composés solides) toxiques pour l'environnement ou la santé		idem

Annexe 13 – Extrait du contenu de l'onglet « Correspondance impacts – enjeux » d'IDDAgro, version Excel.

INDICATEURS			IMPACTS			ENJEUX du DD						
						1	2	3	4	5	6	7
Ref	**Intitulé**	**Question**	**Ref**	**Intitulé de l'impact**	**Catégorie d'impact**	Energies fossiles	Climat	Biodiversité	Ecosystèmes	Eau	Répartition des richesses	Santé et dignité humaine
a1	Conversion des sols et des usages agricoles et biodiversité	Indicateur n°1 : Quel est l'impact de la production agricole des agro-ressources sur la biodiversité locale, via la conversion des sols et l'évolution des usages agricoles ?	**A1**	Impact sur la biodiversité de la conversion des sols en vue de la production des agroressources	Conversion des sols			x				
a2	Conversion des sols et des usages agricoles et qualité des sols	Indicateur n°2 : Quel est l'impact de la production agricole des agro-ressources sur la qualité des sols, via la conversion des sols et l'évolution des usages agricoles ?	**A2**	Impact sur la qualité des sols de la conversion des sols en vue de la production des agroressources	Conversion des sols				x			
a3	Implantation des cultures et stocks de carbone	Indicateur n°3 : Quel est l'impact de la production agricole des agro-ressources sur les stocks de carbone organique des sols, via la conversion de l'usage des sols et l'évolution des usages agricoles ?	**A3**	Impact sur les émissions de GES de la conversion des sols en vue de la production des agroressources	Conversion des sols		x					
a4	Implantation des cultures et paysages	Indicateur n°4 : La culture des agro-ressources occasionne-t-elle un impact sensible sur le paysage?	**A4**	Impact des cultures sur les paysages	Conversion des sols				x			
a5-6	Ecotoxicité et toxicité des intrants agricole	Indicateur n°5 : Quel est l'impact environnemental et sanitaire des intrants agricoles utilisés pour la production des agro-ressources ?	**A5**	Impact sur les milieux des émissions liées à l'utilisation d'intrants agricoles pour la production des agro-ressources	Déchets - Rejets - Emissions			x	x	x		
			A6	Impact sur la santé humaine des émissions liées à l'utilisation d'intrants agricoles pour la production des agro-ressources	Déchets - Rejets - Emissions							x
a7-8	Impact énergétique et climatique des intrants agricoles	Indicateur n°6 : Quel est l'impact, sur les ressources en énergies fossiles et sur le climat, de la production et de l'utilisation d'intrants agricoles pour la production des agro-ressources ?	**A7**	Impact de **l'utilisation** d'intrants agricoles (engrais et produits phytosanitaires) pour la production des agro-ressources sur le climat	Déchets - Rejets - Emissions		x					
			A8	Impact, sur le climat et sur les ressources en énergie fossile, de **la production** des intrants agricoles (engrais et produits phytosanitaires) utilisés pour la production des agro-ressources	Energies fossiles	x	x					

a9	Impact énergétique et climatique de la mécanisation agricole	Indicateur n°7 : Quel est l'impact, sur le climat et sur les ressources en énergies fossiles, de la mécanisation agricole pour la production des agro-ressources?	**A9**	Impact, sur le climat et sur les ressources en énergies fossiles, de la mécanisation agricole pour la production des agro-ressources	Energies fossiles	x	x					
/	/	/	**A10**	Impact environnemental et sanitaire de la mécanisation agricole pour la production des agro-ressources	Déchets - Rejets - Emissions			x	x	x		x
a11	Irrigation des cultures	Indicateur n°8 : Quel est l'impact de la producti on des agro-ressources en terme de consommation d'eau pour l'irrigation ?	**A11**	Impact de la production des agro-ressources sur les ressources en eau	Eau					x		
a12	Production des agro-ressources hors UE et droits humains	Indicateur n°9 : Si la production des agro-ressources est implantée hors du territoire de l'Union Européenne, quel est l'impact de cette production sur les droits humains via l'emploi, les revenus et les conditions de travail des travailleurs agricoles ?	**A12**	Impact de la production des agro-ressources sur les droits humains via l'emploi, les revenus et les conditions de travail, lorsque cette production est implantée en dehors du territoire de l'Union Européenne	Emploi						x	x
a13	Production des agro-ressources hors UE et retombées économiques locales	Indicateur n°10 : Si la production des agro-ressources est implantée hors du territoire de l'Union Européenne, quel est l'impact de cette production sur l'économie locale ?	**A13**	Impact de la production des agro-ressources sur l'économie locale, lorsque cette production est implantée en dehors du territoire de l'Union Européenne	Echanges commerc.						x	
b1	Impact énergétique et climatique du transport des matières premières	Indicateur n°11 : Quel est l'impact, sur les ressources en énergies fossiles et sur le climat, des modes de transports prévus pour l'approvisionnement en matières premières ?	**B1**	Impact du transport des matières premières sur les ressources en énergies fossiles et sur le climat	Energies fossiles	x	x					
b2	Impact énergétique et climatique du stockage intermédiaire lors de l'approvisionnement	Indicateur n°12 : Quel est l'impact, sur les ressources en énergies fossiles et sur le climat, des caractéristiques des éventuels stockages intermédiaires lors de l'approvisionnement ?	**B2**	Impact du stockage intermédiaire des matières premières sur les ressources en énergies fossiles et sur le climat	Energies fossiles	x	x					
b3-4	Toxicité et écotoxicité du transport des matières premières	Indicateur n°13 : Quel est l'impact environnemental et sanitaire des émissions liées au transport pour l'approvisionnement en matières premières ?	**B3**	Impact environnemental du transport des matières premières	Déchets - Rejets - Emissions				x			
			B4	Impact sanitaire du transport des matières premières	Déchets - Rejets - Emissions							x
b5	Maîtrise des risques liés à l'approvisionnement	Indicateur n°14 : Quel est le risque environnemental et sanitaire associé aux transports et aux éventuels stockages intermédiaires pour l'approvisionnement en matières premières ?	**B5**	Impact des risques environnementaux et sanitaires liés aux transports et aux stockages pour l'approvisionnement	Maîtrise des risques			x	x	x		x

b6	Sites de stockage et paysages	Indicateur n°15 : Quel est l'impact, sur l'occupation des sols et sur le paysage, des éventuels sites de stockage intermédiaire pour l'approvisionnement ?	**B6**	Impact du stockage (avant utilisation, et éventuellement intermédiaire) sur l'occupation des sols et le paysage	Urbanisation			x	x			
c1	Impact énergétique et climatique des procédés	Indicateur n°16 : Quel est l'impact, sur les ressources en énergies fossiles et sur le climat, de la consommation énergétique globale du site de production – transformation ou des procédés mis en œuvre ?	**C1**	Impact des procédés de production / transformation et des stockages sur site sur les ressources en énergies fossiles et sur le climat	Energies fossiles	x	x					
c2	Implantation du site de production	Indicateur n°17 : Quel est l'impact sur les milieu x de l'implantation des activités de production - transformation ?	**C2**	Impact environnemental de l'implantation du site de production - transformation	Urbanisation			x	x	x		
c3	Consommation d'eau des procédés	Indicateur n°18 : Quel est l'impact, sur les ressources en eau, des procédés de production – transformation et des éventuels stockages du site de production, en terme de consommation d'eau ramenée à l'unité de produit principal ?	**C3**	Impact de la production - transformation sur les ressources en eau	Eau					x		
c4	Consommation de ressources naturelles non renouvelables par les procédés	Indicateur n°19 : En dehors de l'eau, des agro-ressources et des énergies fossiles, quel est l'impact des procédés de production – transformation sur les ressources naturelles à faible taux de renouvellement, comme les minerais ?	**C4**	Impact des procédés de production - transformation sur les ressources naturelles non renouvelables (autres que l'eau, les énergies fossiles et les agro-ressources)	Ressources naturelles				x			
c5-6	Toxicité et écotoxicité des procédés	Indicateur n°20 : Quel est l'impact sanitaire et environnemental des déchets, rejets et émissions de polluants issues des procédés ou du site de production dans son ensemble ?	**C5**	Impact environnemental des rejets, émissions et déchets issus des procédés de production - transformation	Déchets - Rejets - Emissions			x	x	x		
			C6	Impact sanitaire des rejets, émissions et déchets issus des procédés de production - transformation	Déchets - Rejets - Emissions							x
/	/	/	**C7**	Impact des risques environnementaux et sanitaires liés aux procédés de production - transformation	Maîtrise des risques			x	x	x		x
/	/	/	**C8**	Impact socio-économique des activités de production - transformation	Emploi						x	x
d1n	Impact énergétique évité par la valorisation des coproduits	Indicateur n°21 : Quel est l'impact sur les ressources en énergies fossiles évité par la valorisation prévue pour le co-produit n ?	**D1**	Impact sur les ressources en énergies fossiles évité par la valorisation des co-produits	Energies fossiles	x						
d2n	Impact climatique évité par la valorisation des coproduits	Indicateur n°22 : Quel est l'impact sur climat évi té par la valorisation prévue pour le co-produit n ?	**D2**	Impact sur le climat évité par la valorisation des co-produits	Déchets - Rejets - Emissions		x					

d3n	Consommation d'eau évitée par la valorisation des coproduits	Indicateur n°23 : Quel est l'impact sur les ressources en eau, en terme de consommation, évité par la valorisation prévue pour le co-produit n ?	**D3**	Impact sur les ressources en eau évité par la valorisation des co-produits	Eau					x		
d4-5n	Toxicité et écotoxicité évitée par la valorisation des coproduits	Indicateur n°24 : Quel est l'impact environnemental et sanitaire des émissions, rejets et déchets évités par la valorisation prévue pour le co-produit n ?	**D4**	Impact environnemental lié aux émissions, rejets et déchets et évité par la valorisation des co-produits	Déchets - Rejets - Emissions			x	x	x		
			D5	Impact sanitaire lié aux émissions, rejets et déchets et évité par la valorisation des co-produits	Déchets - Rejets - Emissions							x
e1	Impact énergétique et climatique de la distribution des produits	Indicateur n°11 : Quel est l'impact, sur les ressources en énergies fossiles et sur le climat, des modes de transports prévus pour la distribution ?	**E1**	Impact du transport pour la distribution des produits sur les ressources en énergies fossiles et sur le climat	Energies fossiles	x	x					
e2	Impact énergétique et climatique du stockage intermédiaire lors de la distribution	Indicateur n°12 : Quel est l'impact, sur les ressources en énergies fossiles et sur le climat, des caractéristiques des éventuels stockages intermédiaires lors de la distribution ?	**E2**	Impact du stockage intermédiaire sur les ressources en énergies fossiles et sur le climat	Energies fossiles	x	x					
e3-4	Toxicité et écotoxicité de la distribution des produits	Indicateur n°13 : Quel est l'impact environnemental et sanitaire des émissions liées au transport pour la distribution ?	**E3**	Impact environnemental du transport pour la distribution des produits	Déchets - Rejets - Emissions				x			
			E4	Impact sanitaire du transport pour la distribution des produits	Déchets - Rejets - Emissions							x
e5	Maîtrise des risques environnementaux et sanitaires liés à la distribution	Indicateur n°14 : Quel est le risque environnemental et sanitaire associé aux transports et aux éventuels stockages intermédiaires pour la distribution ?	**E5**	Impact des risques environnementaux et sanitaires liés aux transports et aux stockages pour la distribution des produits	Maîtrise des risques			x	x	x		x
e6	Sites de stockage et paysages	Indicateur n°15 : Quel est l'impact, sur l'occupation des sols et sur le paysage, des éventuels sites de stockage intermédiaire pour la distribution des produits ?	**E6**	Impact du stockage intermédiaire lors de la distribution sur l'occupation des sols et le paysage	Urbanisation			x	x			
f1	Impact énergétique net de l'utilisation du produit	Indicateur n°25 : Quel est l'impact net de l'utilisation du produit sur les ressources en énergies fossiles ?	**F1**	Impact net de l'utilisation du produit sur les ressources en énergies fossiles	Energies fossiles	x						
f2	Impact climatique net de l'utilisation du produit	Indicateur n°26 : Quel est l'impact net de l'utilisation du produit sur le climat ?	**F2**	Impact net de l'utilisation du produit sur le climat	Déchets - Rejets - Emissions		x					
f3	Impact climatique de l'élimination des déchets issus de l'utilisation du produit	Indicateur n°27 : Quel est l'impact sur le climat d e l'élimination des rejets et déchets issus de l'utilisation du produit ?	**F3**	Impact climatique net de l'élimination des déchets issus de l'utilisation du produit	Déchets - Rejets - Emissions		x					
f4	Impact net de l'utilisation du produit sur les ressources naturelles	Indicateur n°28 : Quel est l'impact net de l'utilisation du produit sur les ressources naturelles non renouvelables autres que l'énergie et l'eau ?	**F4**	Impact net de l'utilisation du produit sur les ressources naturelles non renouvelables autres que l'eau et l'énergie	Ressources naturelles				x			

f5	Consommation d'eau liée à l'utilisation du produit	Indicateur n°29 : Quel est l'impact net de l'utilisation du produit sur les ressources en eau, en terme de consommation d'eau ?	**F5**	Impact net de l'utilisation du produit sur les ressources en eau, en terme de consommation	Eau					x		
f6i	Volume de rejets et déchets générés par l'utilisation du produit	Indicateur n°30 : Quel est l'impact net associé au volume de rejets et déchets générés par l'utilisation du produit ?	**F6**	Impact environnemental net de l'utilisation du produit	Déchets - Rejets - Emissions				x			
f6ii	Effet environnemental direct net de l'utilisation du produit issu du projet	Indicateur n°31 : Quel est l'effet environnemental direct net de l'utilisation du produit ?						x	x	x		
f7	Effet sanitaire direct net de l'utilisation du produit issu du projet	Indicateur n°32 : Quel est l'effet sanitaire direct net de l'utilisation du produit ?	**F7**	Impact sanitaire net de l'utilisation du produit	Déchets - Rejets - Emissions							x
f6-7	Impact environnemental et sanitaire net des rejets, émissions et déchets liés à l'utilisation du produit	Indicateur n°33 : Quel est l'impact environnemental et sanitaire net des émissions, rejets et déchets générés par l'utilisation du produit ?						x	x	x		x
f8	Maîtrise des risques liés à l'utilisation du produit	/	**F8**	Impact net des risques environnementaux et sanitaires liés à l'utilisation du produit (rejets / émissions, manipulation, incendie / explosion,…)	Maîtrise des risques				x			x
g1	Impact climatique de l'élimination des produits en fin de vie	Indicateur n°34 : Quel est l'impact de la fin de vie des produits sur le climat ?	**G1**	Impact climatique de la fin de vie du produit	Déchets - Rejets - Emissions		x					
g2i	Volume de déchets issus de l'élimination des produits en fin de vie	Indicateur n°35 : Quel est l'impact associé au volume de déchets et rejets issus de la fin de vie du produit ?	**G2**	Impact environnemental de la fin de vie du produit	Déchets - Rejets - Emissions				x			
g2ii	Recyclabilité des produits en fin de vie	Indicateur n°36 : Quel est l'impact de la composition du produit en fin de vie sur sa capacité à être réutilisé ou recyclé ?										
g3	Maîtrise des risques liés à la fin de vie des produits	Indicateur n°37 : Quel est le risque environnemental et sanitaire associé à la fin de vie des produits, en particulier en cas d'abandon de déchets dans l'environnement ?	**G3**	Impact des risques environnementaux et sanitaires de la fin de vie du produit (rejets / émissions, manipulation, incendie / explosion,…)	Maîtrise des risques			x	x	x		x

Annexe 14 – Extrait du contenu de l'onglet « Récapitulatif indicateurs » d'IDDAgro, version Excel.

		Enjeux du DD							
		Correspondance avec les conditions de la durabilité proposées par TNS							
		Condition 1	Condition 2	Conditions 2 et 3	Conditions 1, 2, 3	Conditions 2 et 3	Condition 4	Condition 4	
Etapes du projet		1 Ressources en énergies fossiles	2 Climat	3 Biodiversité	4 Ecosystèmes	5 Ressources en eau	6 Répartition des richesses	7 Santé et dignité humaine	Nombre total d'indicateurs
A	Cultures	(a7-8), a9	a3, (a7-8), a9	a1, (a5-6)	a2, a4, (a5-6)	(a5-6), a11	a12, a13	(a5-6), a12	10
B	Approvisionnement	b1, b2	b1, b2	b5, b6	(b3-4), b5, b6	b5	/	(b3-4), b5	5
C	Production	c1	c1	c2, (c5-6)	c2, c4, (c5-6)	c2, c3, (c5-6)	/	(c5-6)	5
D	Co-produits	d1n	d2n	(d4-5)n	(d4-5)n	d3n, (d4-5)n	/	(d4-5)n	4
E	Distribution	e1, e2	e1, e2	e5, e6	(e3-4), e5, e6	e5	/	(e3-4), e5	5
F	Utilisation	f1	f2, f3	f6ii, f6-7	f4, f6i, f6ii, f6-7	f5, f6ii, f6-7	/	f6-7, f7	9
G	Fin de vie	/	g1	g3	g2i, g2ii, g3	g3	/	g3	4
Nombre d'indicateurs par enjeu		*9*	*12*	*12*	*20*	*13*	*2*	*11*	**42**

Conditions de la durabilité proposés par The Natural Step :

Condition 1	Pas d'augmentation systématique des **concentrations de substances extraites** de la croûte terrestre
Condition 2	Pas d'augmentation systématique des **concentrations de substances produites** par la société
Condition 3	Pas d'augmentation systématique des **dégradations des écosystèmes par des moyens physiques**
Condition 4	Une société où les **êtres humains** ne sont pas soumis à des **conditions** détériorant leurs **capacités à satisfaire leurs besoins**

Annexe 15 – Base informationnelle des indicateurs

Pour les indicateurs relatifs à l'étape de production des agro-ressources :

Indicateur		Sur quoi l'indicateur repose-t-il ?		
Ref	**n°**	**Caractéristiques connues du projet**	**Références / informations extérieures**	**Estimation du porteur de projet**
a1	1	- Plantes cultivées pour produire les agro-ressources - Pratiques agricoles particulières	- Types de conversions de l'usage des terres - Types de pratiques agricoles - Caractère favorable ou défavorable de leur impact sur la biodiversité	- Nécessité de planter / convertir de nouvelles surfaces agricoles - Localisation des cultures - Mise en œuvre de pratiques agricoles différentes de l'agriculture conventionnelle en terme d'impact sur la biodiversité
a2	2	- Plantes cultivées pour produire les agro-ressources - Pratiques agricoles particulières	- Types de conversions de l'usage des terres - Types de pratiques agricoles - Caractère favorable ou défavorable de leur impact sur les sols	idem
a3	3	- Plantes cultivées pour produire les agro-ressources - Pratiques agricoles particulières	- Types de conversions de l'usage des terres - Types de pratiques agricoles - Caractère favorable ou défavorable de leur impact sur le stockage de carbone des sols	idem
a4	4	- Plantes cultivées pour produire les agro-ressources - Pratiques agricoles particulières	/	Impact positif ou négatif des cultures sur les paysages
a5-6	5	Plantes cultivées pour produire les agro-ressources	Rapport AEE "Estimating the environmentally compatible bioenergy potential from agriculture"	Mise en œuvre de pratiques agricoles différentes de l'agriculture conventionnelle en terme de recours aux d'intrants
a7-8	6	Plantes cultivées pour produire les agro-ressources	Facteurs d'émission de la méthode Bilan Carbone (v4)	Mise en œuvre de pratiques agricoles différentes de l'agriculture conventionnelle en terme de recours aux d'intrants
a9	7	Plantes cultivées pour produire les agro-ressources	Facteurs d'émission de la méthode Bilan Carbone (v4)	Mise en œuvre de pratiques agricoles différentes de l'agriculture conventionnelle en terme de mécanisation
a11	8	Plantes cultivées pour produire les agro-ressources	Rapport AEE "Estimating the environmentally compatible bioenergy potential from agriculture"	Mise en œuvre de pratiques agricoles différentes de l'agriculture conventionnelle en terme d'irrigation
a12	9	Agro-ressources produites hors de la zone UE	Définition des besoins humains selon M. Max-Neef	Impact social de la production d'agro-ressources via l'emploi, les revenus et les conditions de travail des travailleurs agricoles
a13	10	Agro-ressources produites hors de la zone UE	/	Impact de la production et de la vente des agro-ressources sur le système économique local

Pour les indicateurs relatifs à l'étape d'approvisionnement :

Indicateur		Sur quoi l'indicateur repose-t-il ?		
Ref	**n°**	**Caractéristiques connues du projet**	**Références / informations extérieures**	**Estimation du porteur de projet**
b1	11	Plan d'approvisionnement prévu	Hiérarchisation des modes de transport en fonction de leur niveau d'émissions de GES et de consommation en énergie fossile	- Part des modes de transport doux dans le plan d'approvisionnement - Longueur du circuit d'approvisionnement
b2	12	Stockages intermédiaires inclus dans le circuit d'approvisionnement	/	- Consommation énergétique et d'émissions de GES des sites de stockages - Mise en œuvre de mesures d'efficacité énergétique / de réduction d'émissions de GES
b3-4	13	Plan d'approvisionnement prévu	Hiérarchisation des modes de transport en fonction de leur niveau d'émissions toxiques pour l'environnement et la santé humaine	- Part des modes de transport doux dans le plan d'approvisionnement - Longueur du circuit d'approvisionnement
b5	14	Plan d'approvisionnement prévu	/	Probabilité d'occurrence et gravité des conséquences d'un accident de transport pendant l'approvisionnement
b6	15	Stockages intermédiaires inclus dans le circuit d'approvisionnement	/	Impact positif ou négatif de l'implantation des sites de stockage sur les paysages

Pour les indicateurs relatifs à l'étape de production :

Indicateur		Sur quoi l'indicateur repose-t-il ?		
Ref	**n°**	**Caractéristiques connues du projet**	**Références / informations extérieures**	**Estimation du porteur de projet**
c1	16	- Procédés de production - Sources d'énergie primaire utilisées pour la production	- Facteurs d'émission de la méthode Bilan Carbone (v4) - MTD et BREF des secteurs concernés	Consommation énergétique et émissions de GES des procédés, si possible par rapport aux préconisations des BREF
c2	17	Implantation des activités de production	/	- Intégration du site dans le paysage - Recours à des espaces naturels pour l'implantation des activités de production
c3	18	/	/	Consommation d'eau du site de production, par unité de produit principal
c4	19	/	/	Consommation du site de production en ressources naturelles à faible taux de renouvellement, par unité de produit principal
c5-6	20	Procédés de production	- MTD et BREF des secteurs concernés - Arrêté du 24 décembre 2002 relatif à la déclaration annuelle des émissions polluantes des installations classées soumises à autorisation, et ses annexes II, III et IV	Emissions de déchets et substances polluantes par rapport aux préconisations des MTD ou aux seuils des annexes de l'arrêté du 24/12/02

Pour les indicateurs relatifs aux co-produits :

Indicateur		Sur quoi l'indicateur repose-t-il ?		
Ref	**n°**	**Caractéristiques connues du projet**	**Références / informations extérieures**	**Estimation du porteur de projet**
d1n	21	- Nature des co-produits - Filière de valorisation prévue pour chacun	/	- Consommation en énergies fossiles associée au cycle de vie de chaque produit remplacé - Importance relative du co-produit par rapport au produit principal (en unités de produits)
d2n	22	- Nature des co-produits - Filière de valorisation prévue pour chacun	/	- Emissions de GES associées au cycle de vie de chaque produit remplacé - Importance relative du co-produit par rapport au produit principal (en unités de produits)
d3n	23	- Nature des co-produits - Filière de valorisation prévue pour chacun	/	- Consommation d'eau associée au cycle de vie de chaque produit remplacé - Importance relative du co-produit par rapport au produit principal (en unités de produits)
d4-5n	24	- Nature des co-produits - Filière de valorisation prévue pour chacun	/	- Impact environnemental et sanitaire des émissions, rejets et déchets associés au cycle de vie de chaque produit remplacé - Importance relative du co-produit par rapport au produit principal (en unités de produits)

Pour les indicateurs relatifs à l'étape de distribution :

Indicateur		Sur quoi l'indicateur repose-t-il ?		
Ref	**n°**	**Caractéristiques connues du projet**	**Références / informations extérieures**	**Estimation du porteur de projet**
e1	11	Plan de distribution prévu	Hiérarchisation des modes de transport en fonction de leur niveau d'émissions de GES et de consommation en énergie fossile	- Part des modes de transport doux dans le plan de distribution - Longueur du circuit de distribution
e2	12	Stockages intermédiaires inclus dans le circuit de distribution	/	- Niveau de consommation énergétique et d'émissions de GES des sites de stockages - Mise en œuvre de mesures d'efficacité énergétique / de réduction d'émissions de GES
e3-4	13	Plan de distribution prévu	Hiérarchisation des modes de transport en fonction de leur niveau d'émissions toxiques pour l'environnement et la santé humaine	- Part des modes de transport doux dans le plan de distribution - Longueur du circuit de distribution
e5	14	Plan de distribution prévu	/	Probabilité d'occurrence et gravité des conséquences d'un accident de transport pendant la distribution
e6	15	Stockages intermédiaires inclus dans le circuit de distribution	/	Impact positif ou négatif de l'implantation des éventuels sites de stockage sur les paysages

Pour les indicateurs relatifs à l'étape de consommation ou d'utilisation du produit :

Indicateur		Sur quoi l'indicateur repose-t-il ?		
Ref	**n°**	**Caractéristiques connues du projet**	**Références / informations extérieures**	**Estimation du porteur de projet**
f1	25	Usage du produit	/	- Consommation énergétique associée à l'utilisation du produit remplacé en cas de substitution - Consommation énergétique associée à l'utilisation du nouveau produit
f2	26	Usage du produit	/	- Emissions de GES associées à l'utilisation du produit remplacé en cas de substitution - Emissions de GES associées à l'utilisation du nouveau produit
f3	27	Usage du produit	Facteurs d'émission de la méthode Bilan Carbone (v4)	- Filières d'élimination vers lesquelles les rejets et déchets issus de l'utilisation des produits seront orientés - Emissions de GES associées à l'élimination des rejets et déchets issus de l'utilisation du produit remplacé, en cas de substitution - Emissions de GES associées à l'élimination des rejets et déchets issus de l'utilisation du nouveau produit
f4	28	Usage du produit	/	- Consommation de ressources naturelles associée à l'utilisation du produit remplacé, en cas de substitution - Consommation de ressources naturelles associée à l'utilisation du nouveau produit
f5	29	Usage du produit	/	- Consommation d'eau associée à l'utilisation du produit remplacé, en cas de substitution - Consommation d'eau associée à l'utilisation du nouveau produit
f6i	30	Usage du produit	/	- Volume de rejets et déchets générés par l'utilisation du produit remplacé, en cas de substitution - Volume de rejets et déchets générés par l'utilisation du nouveau produit
f6ii	31	Usage du produit	/	- Effet environnemental direct de l'utilisation du produit remplacé, en cas de substitution - Effet environnemental direct de l'utilisation du nouveau produit
f7	32	Usage du produit	/	- Effet sanitaire direct de l'utilisation du produit remplacé, en cas de substitution - Effet sanitaire direct de l'utilisation du nouveau produit
f6-7	33	Usage du produit	/	- Toxicité et écotoxicité des rejets et déchets générés par l'utilisation du produit remplacé, en cas de substitution - Toxicité et écotoxicité des rejets et déchets générés par l'utilisation du nouveau produit

Pour les indicateurs relatifs à la fin de vie du produit :

Indicateur		Sur quoi l'indicateur repose-t-il ?		
Ref	**n°**	**Caractéristiques connues du projet**	**Références / informations extérieures**	**Estimation du porteur de projet**
g1	34	- Composition du produit en fin de vie - Usage du produit	Facteurs d'émission de la méthode Bilan Carbone (v4)	- Filières d'élimination vers lesquelles le produit en fin de vie sera orienté - Emissions de GES associées à l'élimination du produit en fin de vie
g2i	35	- Composition du produit en fin de vie - Usage du produit	/	Volume de rejets et déchets que représente le produit en fin de vie
g2ii	36	Composition du produit en fin de vie	/	Caractère recyclable ou réutilisable, partiel ou intégral, du produit en fin de vie
g3	37	Composition du produit en fin de vie	/	- Biodégradabilité plus ou moins rapide du produit en fin de vie en cas d'abandon dans l'environnement - Possibilité que le produit en fin de vie abandonné dans l'environnement n'émette des substances toxiques pour l'environnement ou la santé

Annexe 16 – Poster présenté à la conférence internationale de Vienne

Anne-Lise FEVRE - Parc Technologique Alata - BP 2 - 60550 Verneuil-en-Halatte - anne-lise.fevre@ineris.fr

Sustainability assessment for biomass valorisation projects:
Application to first generation biofuels production

Anne-Lise Fèvre, Jean-Marc Brignon, Nicolas Buclet

PARTNERS :
« Industries and Agro-Resources » cluster
(France, Picardie and Champagne-Ardenne regions)

RESEARCH TEAMS :
INERIS : MECO and UTT : CREIDD

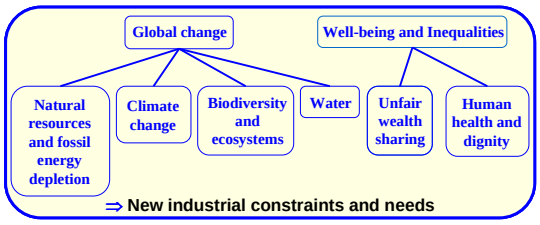
FINANCING :
Picardie and Champagne-Ardenne regions, UTT, INERIS.

THE "INDUSTRY AND AGRO-RESOURCES" (IAR) COMPETITIVENESS CLUSTER

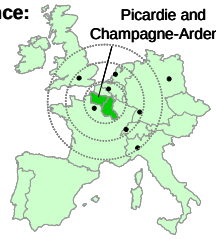
The IAR French competitiveness cluster:

- Based in Picardie and Champagne Ardenne regions;
- Support R&D innovation projects dealing with biomass valorisation within 4 industrial sectors: chemistry, materials, energy, food;
- Support biorefineries development.

SUSTAINABILITY 21st CENTURY CHALLENGES



Picardie and Champagne-Ardenne agro-resources production in France:



Part from French production:
Sugar beet: 78%
Alfalfa: 80%
Barley: 24%
Wheat: 19%
Rapeseed: 12%

Specific crops:
Linseed - flax, hemp

Forestry:
25% of the area

QUESTIONS

⇒ How to guarantee effective integration of sustainability in the IAR cluster activities?
At the moment, no sustainability criteria are used for:
- R&D or production projects labelling scheme
- Annual cluster results assessment

⇒ **The IAR cluster needs tools to implement sustainable development in its activities.**

TWO TARGETS

1. Develop a **decision support system** for the IAR cluster to assess R&D projects sustainability, using sustainable development indicators.

2. Study the **sustainability of the production of biofuels for transports**, and the specific production processed by a biorefinery from the cluster territory

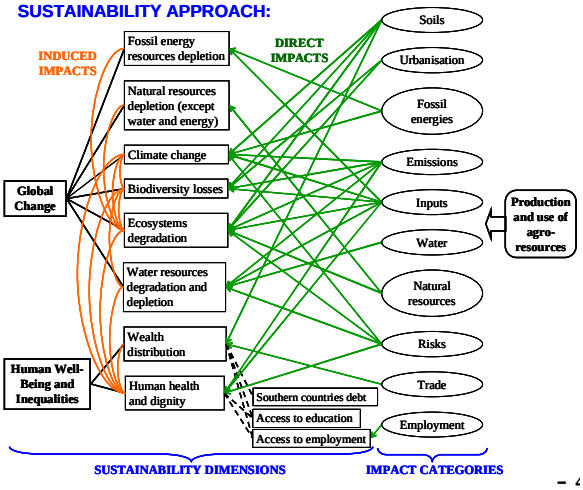
SUSTAINABILITY ASSESSMENT

A decision support system is being developed to assess the sustainability of research and development or production projects submitted to the IAR cluster. **This assessment tool is a list of mainly qualitative sustainability indicators**.

Main characteristics of the decision support system:
- Takes into account each step of the life cycle, from agricultural crops production to the use and end of life of final products,
- Uses a limited number of indicators, distributed according to sustainability themes,
- An index is calculated for each theme,
- Includes interpretation guidelines to facilitate results exploitation.

It will enable the IAR cluster to compare the projects sustainability level with its own sustainability targets.

SUSTAINABILITY APPROACH:



APPLICATION TO THE PRODUCTION OF BIOFUELS FOR TRANSPORTS

The assessment tool is used here to assess the production of biofuels for transports processed by a biorefinery.

Biorefinery particularities:
Entreprises there have set up co-operation exchanging raw materials, by-products, energy and know-how, and putting in common some of their waste treatments. This is a spontaneous implementation of **industrial ecology** principles.

The sustainability of biofuels production processed on such a site is necessarily impacted by these synergies. This impact is what we want to analyse, so as to measure its **influence on biofuels production sustainability**.

Impacts of the production of biofuels will be analysed by:
- inventorying **potential impacts** of the production,
- studying **local specificities** (from the biorefinery site and its territory) and taking into account corresponding specific data,
- using needed **reference data**.

EXPECTED RESULTS

FOR BIOFUELS PRODUCTION IN EUROPE:
→ Indicate paths towards the sustainability of the production of biofuels for transports.

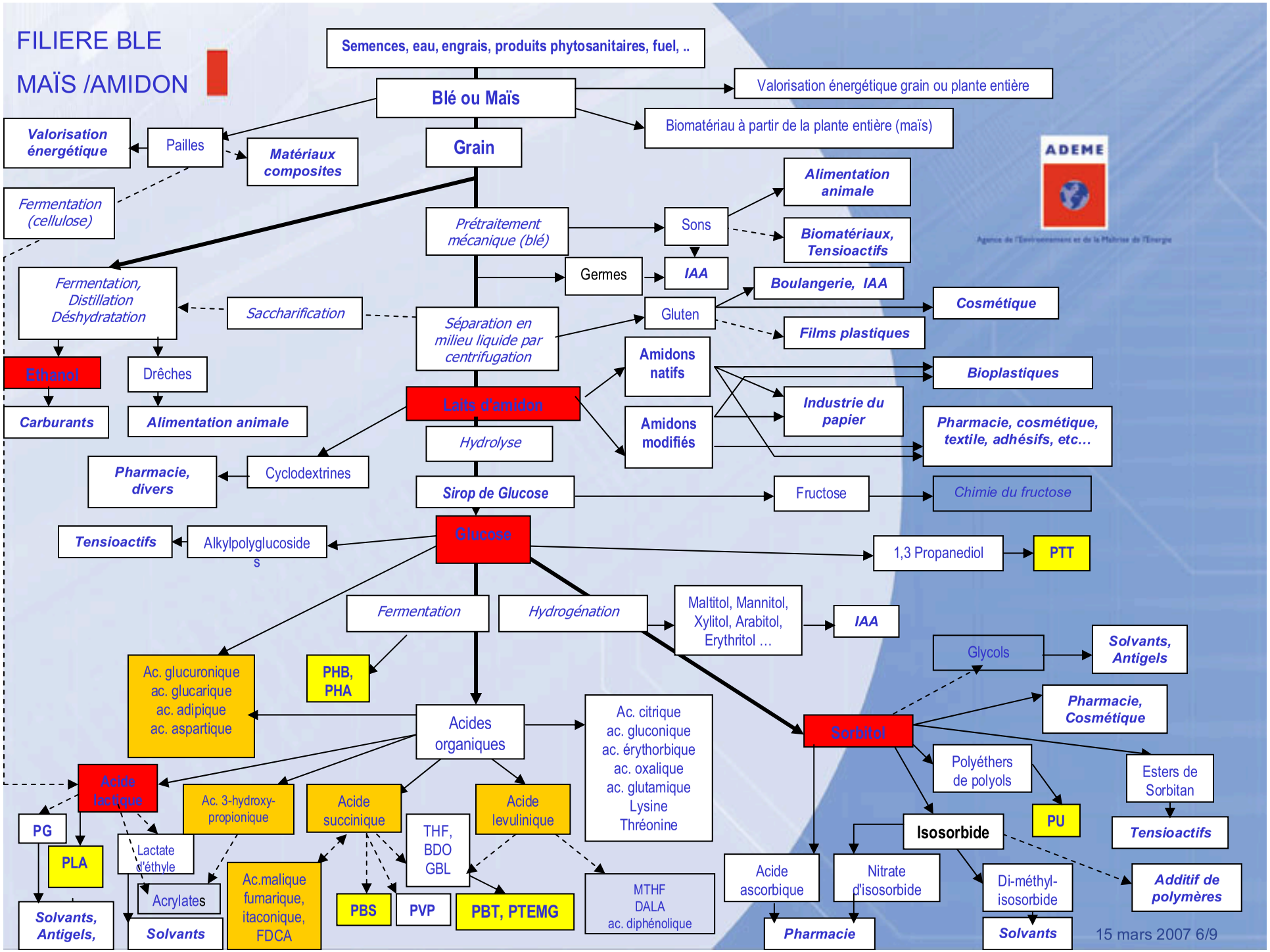
FOR THE IAR CLUSTER:
→ Elaborate a decision support system to discriminate biomass valorisations;
→ Contribute to the implementation of a sustainability logic in the IAR cluster;
→ Analyse biorefineries stakes and interests from the sustainability point of view;
→ Supply elements to the debate on the transition towards 2nd generation biofuels.

Annexe 17 – Cartographies de raffineries végétales

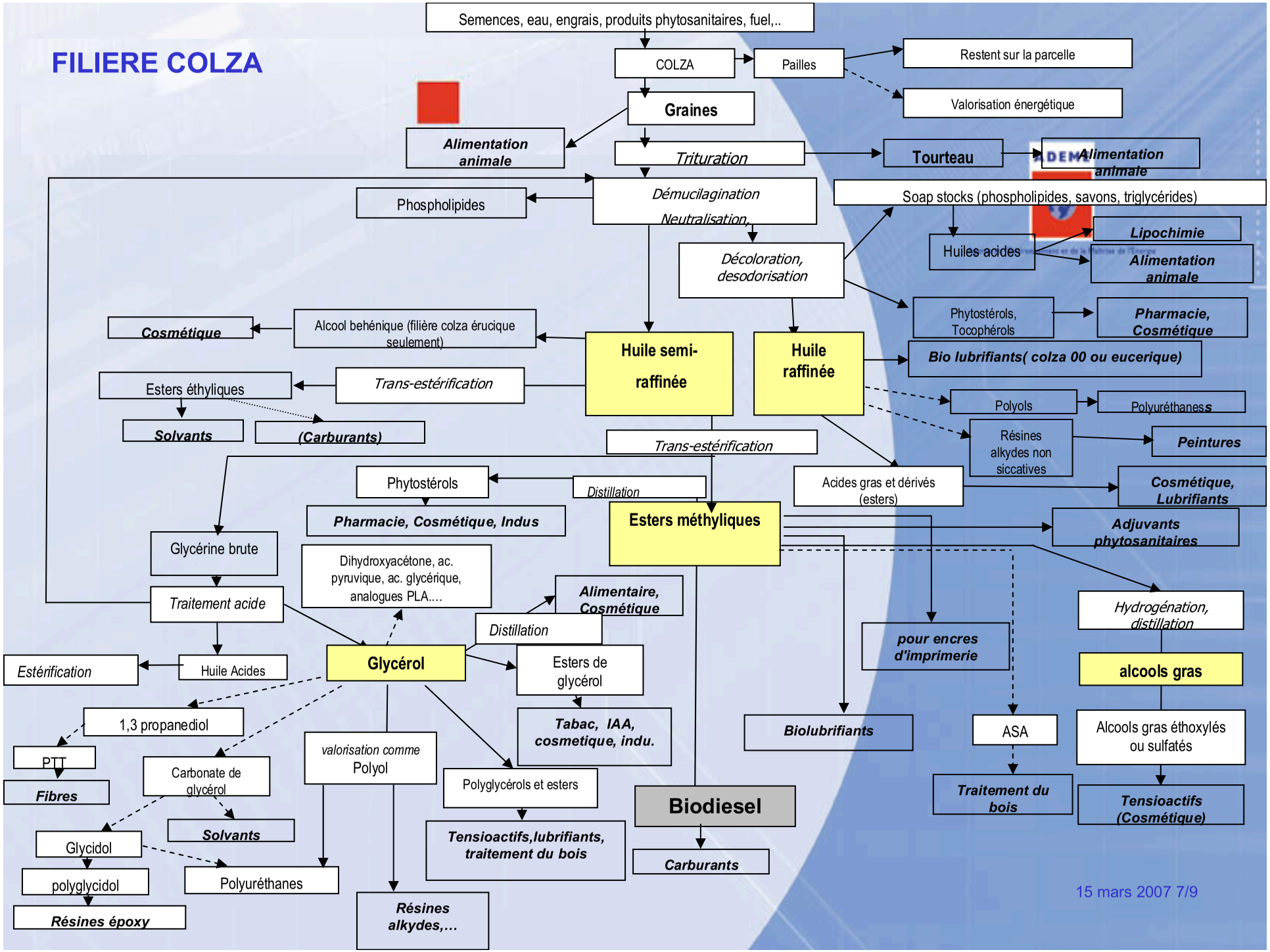
Extrait d'une présentation réalisée par M. Maurice Dohy (ADEME).

FILIERE BLE

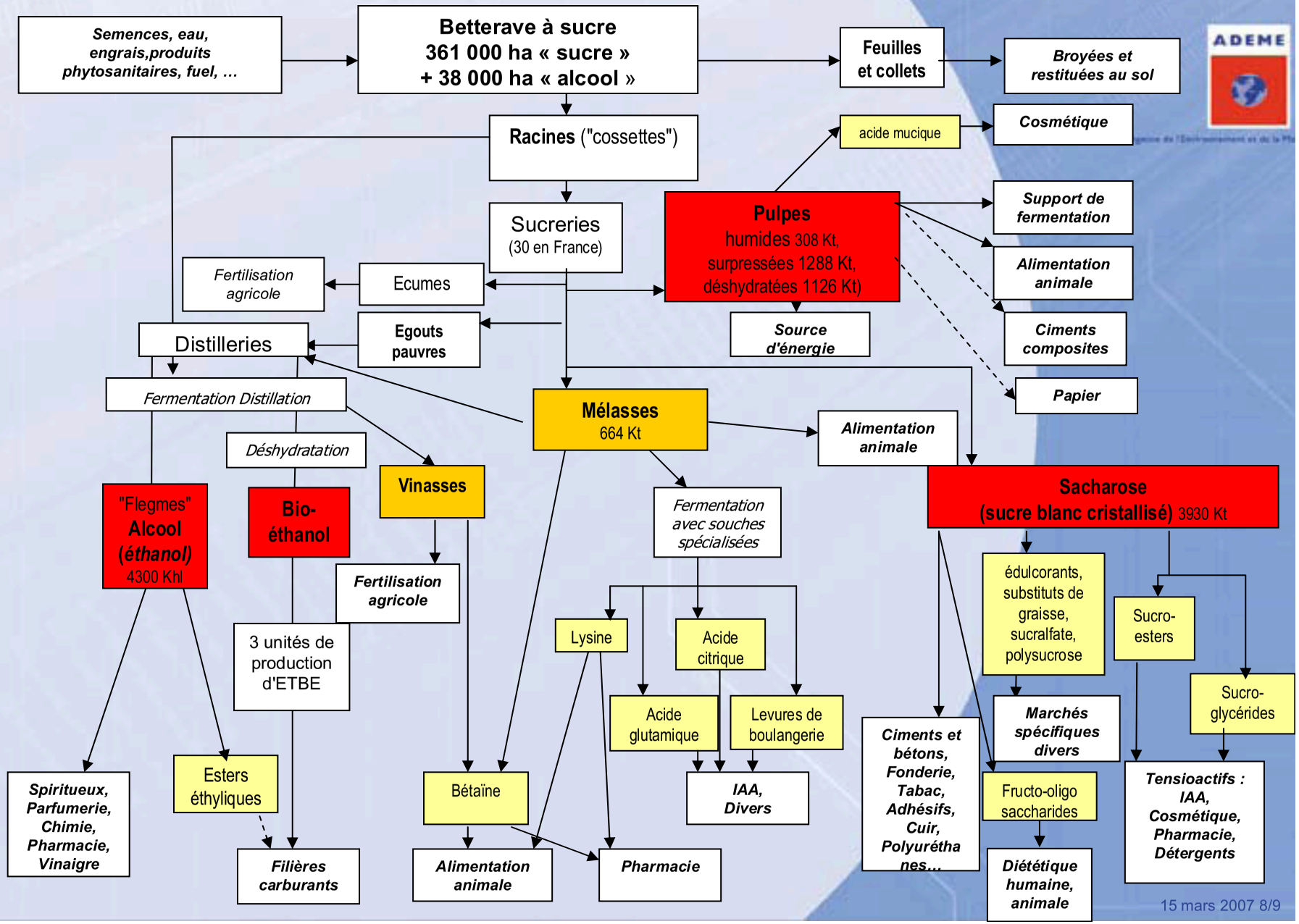
MAÏS /AMIDON



FILIERE COLZA



FILIERE BETTERAVE



Annexe 18 – Proposition d'étude de cas pour le site de Bazancourt-Pomacle

Présentation visionnée lors de la réunion du 24 janvier 2008

Développement d'un outil d'évaluation de la durabilité pour le pôle IAR

Application au cas de la production d'éthanol de 1ère génération

Anne-Lise FEVRE

Présentation de la thèse

Déc. 05 à déc. 08

Financement : Régions Champagne-Ardenne et Picardie

Equipes de recherche :

- Université de Technologie de Troyes (**UTT**)
  CREIDD *(Centre de recherches et d'études interdisciplinaires sur le DD)*
- Institut National de Recherche sur l'Environnement Industriel et les Risques (**INERIS**)
  MECO *(Modélisation et analyse économique pour la gestion des risques)*

Contexte et sujet :

Pas de critères spécifiques DD dans l'évaluation du pôle et des projets soutenus.

Comment garantir une prise en compte effective du DD dans les activités du pôle IAR?

⇒ **Le pôle a besoin d'outils spécifiques pour la prise en compte et le management du DD**

Objectifs de la thèse

1. Développer un **outil d'aide à la décision** pour le pôle IAR
→ **évaluer** la durabilité des projets industriels / de R&D labellisables, grâce à des indicateurs de DD.

2. Étudier la durabilité de la production d'**agrocarburants pour les transports**, en particulier celle réalisée par un site du pôle

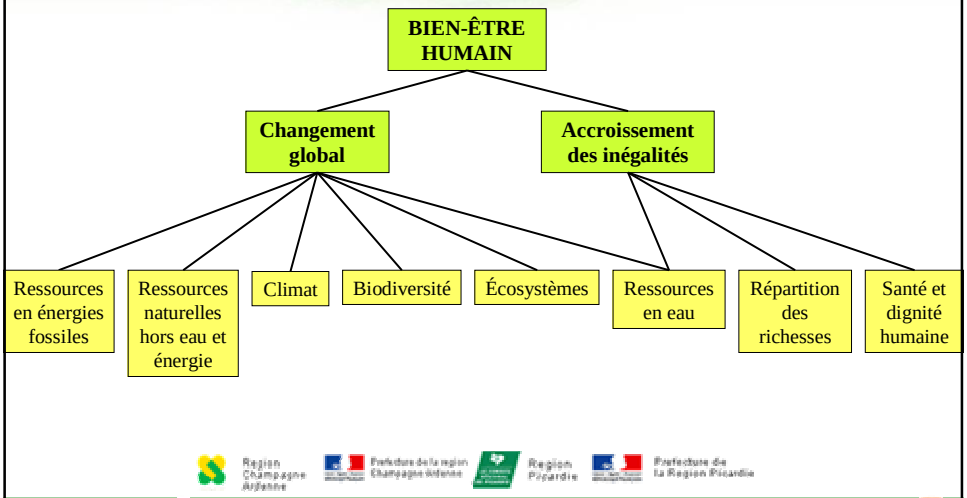
1er objectif : l'outil d'évaluation

Usage et nature de l'outil :
- Évaluation « ex-ante » des projets candidats à la labellisation IAR
- Grille d'indicateurs permettant d'évaluer les **impacts** générés par le projet.

Caractéristiques :
- Une cinquantaine d'indicateurs **qualitatifs** (adaptation aux contraintes de disponibilité et fiabilité des données) partiellement agrégés
- Repose sur une définition du DD par enjeux

But du DD = le **bien-être humain** *(répondre aux besoins humains)*
Mais en pratique ? *Comment « faire du DD »?*
→ Trouver des modes de développement permettant de répondre aux **besoins humains** ET aux **2 grands défis actuels** :
changement global + inégalités croissantes

Répondre au 2 défis du DD : 8 enjeux



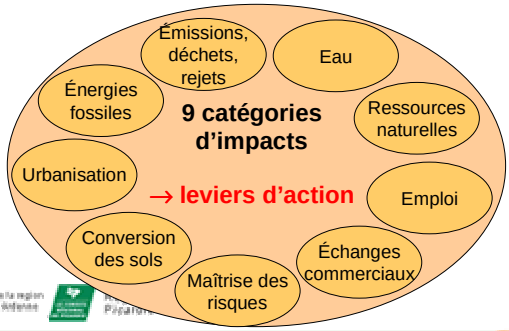
Les enjeux du DD

Les **activités humaines** agissent sur ces enjeux par les **impacts** (positifs ou négatifs) qu'elles génèrent.

→ **« Faire du DD » =** Suivre des **voies de développement** pour répondre aux besoins humains en générant des impacts positifs sur les enjeux *(en tenant compte du degré d'urgence).*

Quels sont ces impacts?
En particulier ceux liés aux projets agro-ressources?

Ces impacts peuvent être directement reliés aux 8 enjeux du DD



Évaluation du cycle de vie des projets agro-ressources

Pour chaque étape du cycle de vie : Recensement de tous les impacts potentiels.

Cycle de vie d'un projet agro-ressources : 7 étapes :

A. Production des agro-ressources
B. Approvisionnement du site de production
C. Valorisation des co-produits
D. Production
E. Distribution des produits
F. Utilisation
G. Fin de vie.

On identifie un **indicateur** pour évaluer chaque impact potentiel recensé
→ *une cinquantaine d'indicateurs classés par enjeux et par étapes du cycle de vie*

Critères de sélection :

- Simplicité d'utilisation
- Pertinence
- Transparence
- Renseignables avec les informations dont dispose le porteur de projet
- Non spécifique au secteur d'activité.

Résultat de l'évaluation

Résultat = tableau de bord de 8 indices

→ **Vision globale** sur la performance du projet en terme de DD

→ **Permet au pôle IAR** de comparer la performance de plusieurs projets en compétition pour une même ressource

→ **Permet au porteur de projet** d'améliorer sa compréhension des points forts / faibles de son projet (→ améliorations à +/- long terme).

Exemple :

Ressources en énergies fossiles	Ressources naturelles hors eau et énergie	Climat	Biodiversité	Ecosystèmes	Ressources en eau	Répartition des richesses	Santé et dignité humaine

Légende:

- Impacts négatifs très préoccupants
- Impacts négatifs à considérer
- Impacts positifs à considérer
- Impacts positifs remarquables

2nd objectif : Etude du cas des agrocarburants

Rappel objectif :
Étude de la **durabilité** de la production d'agrocarburants pour les transports d'un site du pôle.

Référentiels pour l'analyse :
Les 8 enjeux du DD *(et pas seulement le bilan énergie / GES)*

Étapes de l'étude :

1. Application - test de la grille d'indicateurs développée pour le pôle :
→ Simulation d'une évaluation « ex-ante » pour améliorer la grille
→ 1ers éléments sur les points forts / faibles de la production.

2. Approfondissement de l'analyse de durabilité du site étudié :
→ Analyse de l'impact de la production d'éthanol sur chacun des enjeux identifié

Proposition pour l'étude de la durabilité de la production d'éthanol de Cristanol au sein du site de Bazancourt - Pomacle

Vers le site de Bazancourt - Pomacle et Cristanol :
- en concertation avec le pôle IAR
- après échanges avec certains des acteurs du site

Motivations : les spécificités du site :
- Production d'éthanol 1ère génération (bilan +/- connu même si controversé)
- Intégrée dans une **bioraffinerie** :

→ *Comment ces synergies (échanges de flux de matières / énergie) influencent-elles le bilan de la production d'éthanol?*
→ Peu de sites équivalents en Europe

Détail de la proposition

Principe de l'étude :

- Analyse **multi-critères** de la production d'éthanol
- Critères = **8 enjeux du DD** :

Énergies fossiles - ressources naturelles - climat - biodiversité - écosystèmes - eau - répartition des richesses - santé et dignité humaine.

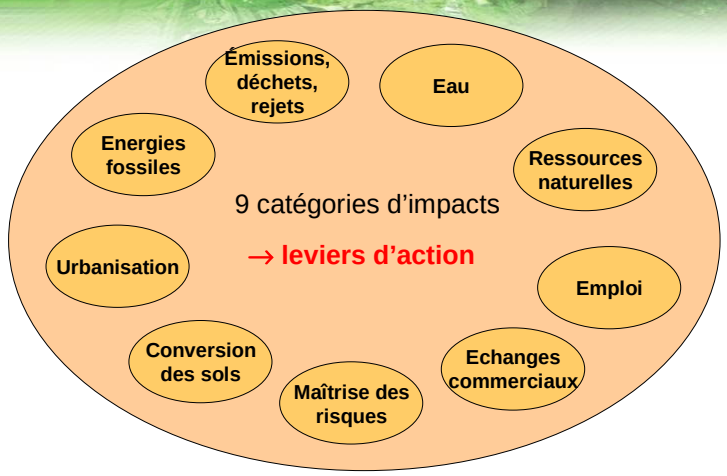
- Repose sur les impacts potentiels recensés pour la grille d'indicateurs.

Frontières du système :

Prise en compte du **cycle de vie de l'éthanol :**
De la culture à l'utilisation du carburant.

Prise en compte des co-produits :

Méthodologie choisie : **substitution des impacts évités**
(Et non par pro-rata massique, énergétique ou économique).
→ Affecter l'intégralité des impacts à l'éthanol et retrancher des « crédits » correspondant aux impacts de la production de la même quantité de co-produits par les voies classiques de production.



Détail de la proposition

Méthodologie et étapes de l'étude :

1. Recueil des informations sur le site et ses entités

2. Recherche des données de références et calcul des estimations nécessaires

3. Modélisation du site :
Métabolisme industriel → fonctionnement, flux entrants/sortants (modèle-type)

4. Analyse de l'impact sur les enjeux Énergie et Climat :
Analyse de cycle de vie simplifiée (Anthony Benoist, CEP)

5. Analyse de l'impact sur les 6 autres enjeux du DD :
→ Utilisation des données disponibles et fiables pour évaluer les impacts potentiels
→ Intégration d'enjeux locaux / spécifiques au pôle IAR

Détail de la proposition

Informations relatives au site et nécessaires à la réalisation de l'étude :

- Schéma général des procédés pour l'ensemble du site
- Caractéristiques du projet C5D
- Description des synergies en place sur le site
- Types, quantités et provenances des matières premières utilisées
- Types, quantités et destinations des produits et des co-produits
- Volumes d'eau consommés
- Types et volumes globaux d'énergie
- Types et quantités globales de déchets / émissions / rejets,
  Identification des voies de valorisation / élimination
- Modalités de stockages (sur site) et consommations induites
- Modalités d'approvisionnement et de distribution pour l'ensemble du site :
  Types de transport, distances moyennes
- Nombre d'emplois

Résultats attendus

Autres informations qui seront recherchées :

(littérature scientifique / partenaires régionaux) :

- Filières et techniques de production des agroressources,
- Spécificités et sensibilité du territoire et des milieux,
- Etudes de référence

Résultats attendus :

- Analyse de l'impact des pratiques de la bioraffinerie sur le bilan de la production d'éthanol
- Analyse du bilan de la production d'éthanol au regard des enjeux identifiés (8 enjeux DD, enjeux de développement pour le pôle et le territoire)
- Contribution à l'analyse des enjeux et intérêts d'un site de bioraffinerie, du point de vue du DD

Résultats attendus

Échéance prévue :

Juin 08 *(impératifs liés à l'échéance de la thèse)*.

« Livrables » :

- Rapport final remis à l'ensemble des partenaires du site et au pôle IAR
- Publications scientifiques (thèse).

Merci
Anne-Lise Fèvre, 24 janvier 2008

Annexe 19 – Présentation de la démarche d'analyse et d'évaluation

Test de l'outil IDDAgro :

Présentation visionnée par les porteurs de projets dans le cadre des deux cas d'étude réalisés en juillet 2008.

Analyse et évaluation de la durabilité des valorisation non alimentaires d'agro-ressources

Anne-Lise FEVRE
annelise.fevre.2008@utt.fr

INERIS
maîtriser le risque
pour un développement durable

L'outil d'analyse et d'évaluation

Utilisation :

- Outil = grille d'indicateurs permettant d'analyser les **impacts générés par un projet, au regard du développement durable**
- Pour évaluer les projets que le **pôle IAR** souhaite labelliser
- En complément des critères socio-économiques déjà utilisés par le pôle IAR

Caractéristiques :

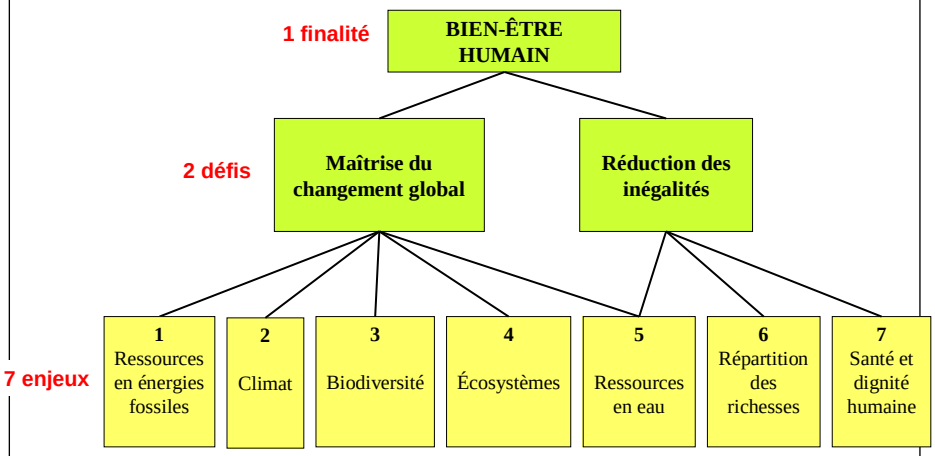
- Environ 45 indicateurs **qualitatifs**, partiellement agrégés pour obtenir le résultat final
- Permet d'analyser toutes les étapes du cycle de vie du projet
- Adapté aux contraintes de disponibilité et de fiabilité des données

Repose sur une définition du développement durale par enjeux :

Le DD = l'ensemble des **voies de développement** répondant aux **besoins humains** et à **deux défis** : la maîtrise du changement global et la réduction des inégalités.

INERIS
maîtriser le risque
pour un développement durable

Le DD: une définition « par enjeux »



Anne-Lise Fèvre

INERIS maîtriser le risque pour un développement durable

Le déroulement de l'analyse : 4 étapes

1. Informations sur le projet :

Décrire les caractéristiques générales du projet

2. Analyse des impacts du projet :

Renseigner les indicateurs en répondant aux questions posées
5 réponses possibles : D / MD / N / MF / F + NS.

3. Analyse de l'effet des impacts sur les 7 enjeux du DD :

Agrégation partielle des indicateurs pour calculer un indice pour chaque enjeu (automatique)

4. Analyse du résultat :

Visualisation graphique des résultats :
→ donne une vision globale sur la performance du projet en terme de DD
→ donne un nouvel angle d'analyse des points forts / faibles du projet
→ peut donner des pistes pour des évolutions à +/- long terme du projet.

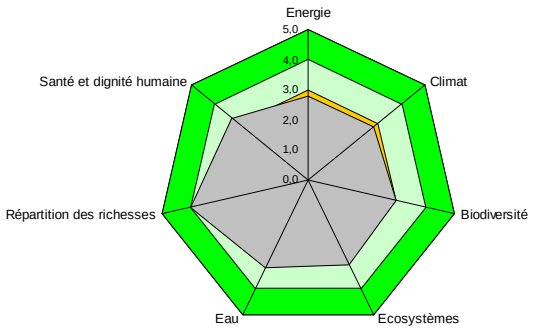
Anne-Lise Fèvre

INERIS maîtriser le risque pour un développement durable

Les résultats

Exemple de résultat :

	Indice 1	Indice 2	Indice 3	Indice 4	Indice 5	Indice 6	Indice 7
	Energie	Climat	Biodiversité	Ecosystèmes	Eau	Répartition des richesses	Santé et dignité humaine
Projet exemple	**2.8**	**2.8**	**3.0**	**3.1**	**3.3**	**4.0**	**3.3**



Informations complémentaires :

- Les indicateurs non renseignés : Indicateurs pour lesquels la réponse est NS (exclus du résultat final)
- Caractéristiques du projet : Récapitulatif des informations sur le projet apportées au début de l'évaluation
- Incertitudes : Principales incertitudes liées à l'évaluation

Anne-Lise Fèvre

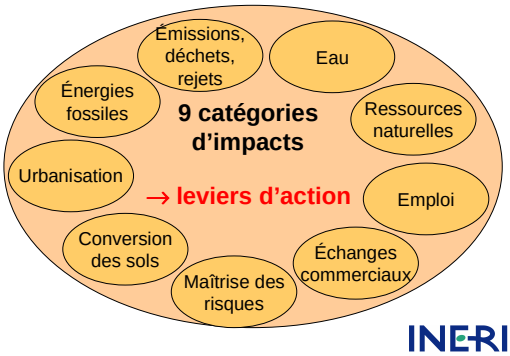
INERIS maîtriser le risque pour un développement durable

Les impacts

Les **activités humaines** agissent sur les enjeux du DD par les **impacts positifs ou négatifs** qu'elles génèrent.

→ **« Faire du DD » =** Suivre des **voies de développement** répondant aux besoins humains en générant des **impacts positifs sur les enjeux**, en tenant compte du degré d'urgence.

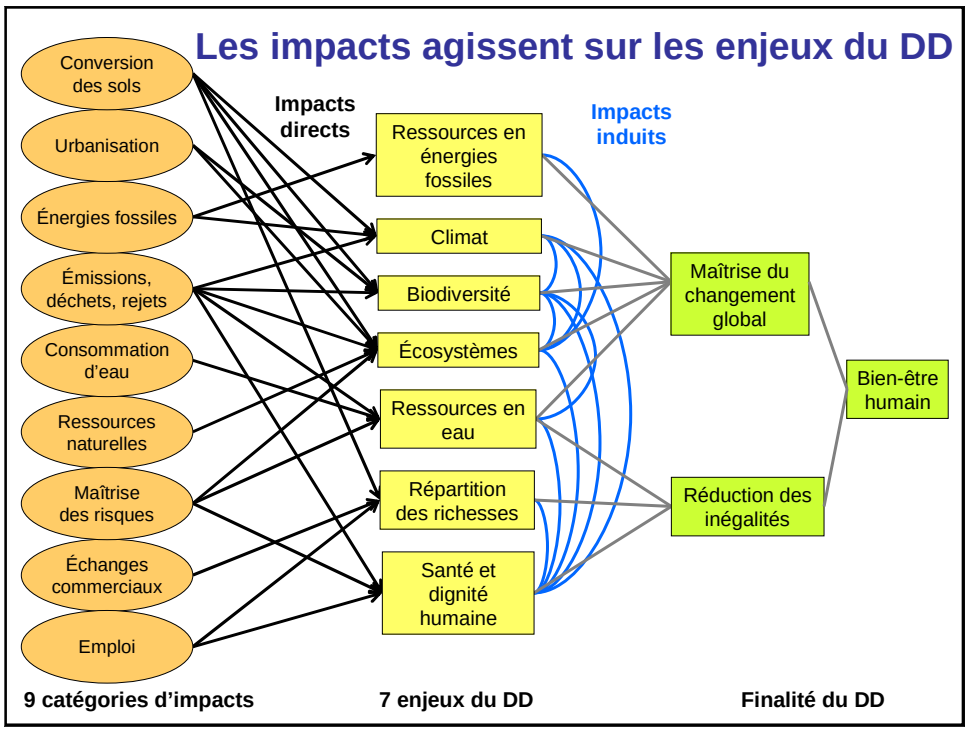
Quels sont ces impacts?
En particulier ceux liés aux projets agro-ressources?



Ces impacts peuvent être directement reliés aux 7 enjeux du DD

Anne-Lise Fèvre

INERIS maîtriser le risque pour un développement durable


Les impacts agissent sur les enjeux du DD
Conversion des sols
Urbanisation
Énergies fossiles
Émissions, déchets, rejets
Consommation d'eau
Ressources naturelles
Maîtrise des risques
Échanges commerciaux
Emploi
Impacts directs
Ressources en énergies fossiles
Climat
Biodiversité
Écosystèmes
Ressources en eau
Répartition des richesses
Santé et dignité humaine
Impacts induits
Maîtrise du changement global
Réduction des inégalités
Bien-être humain
9 catégories d'impacts
7 enjeux du DD
Finalité du DD