



**HAL**  
open science

# Economie du développement durable et politiques publiques d'énergies en Europe : de l'étude des paradigmes à une évaluation multicritère appliquée aux scénarios d'avenirs énergétiques en Corse

Olivier Pagni

► **To cite this version:**

Olivier Pagni. Economie du développement durable et politiques publiques d'énergies en Europe : de l'étude des paradigmes à une évaluation multicritère appliquée aux scénarios d'avenirs énergétiques en Corse. Economies et finances. Université Pascal Paoli, 2014. Français. NNT : 2014CORT0002 . tel-01127074

**HAL Id: tel-01127074**

**<https://theses.hal.science/tel-01127074>**

Submitted on 6 Mar 2015

**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.



**UNIVERSITE DE CORSE-PASCAL PAOLI**  
**ECOLE DOCTORALE ENVIRONNEMENT ET SOCIETE**  
**UMR CNRS 6240 (LISA)**



**Thèse présentée pour l'obtention du grade de**  
**DOCTEUR EN SCIENCES ECONOMIQUES**

**Soutenue publiquement par**  
**Olivier PAGNI**  
**le 16 mai 2014**

---

**Economie du développement durable et politiques publiques  
d'énergies en Europe : de l'étude des paradigmes à une évaluation  
multicritère appliquée aux scénarios d'avenir énergétique en Corse**

---

**Directeur(s) :**

Mr Pascal Oberti, Dr-HDR, Université de Corse  
Mr Bernard Fustier, Professeur émérite, Université de Corse

**Rapporteurs :**

Mr Maurice Baslé, Professeur émérite, Université de Rennes 1  
Mr Dominique Bollinger, Professeur, Haute Ecole d'Ingénierie et de Gestion du  
Canton de Vaud

**Jury**

Mr Pascal Oberti, Dr-HDR, Université de Corse  
Mr Maurice Baslé, Professeur émérite, Université de Rennes 1  
Mr Dominique Bollinger, Professeur, Haute Ecole d'Ingénierie et de Gestion du  
Canton de Vaud  
Mr Philippe Poggi, Professeur, Université de Corse  
Mr François Casabianca, Ingénieur de recherche, INRA de Corse, invité.

N° d'enregistrement au fichier central des thèses : 54767

# TABLE DES MATIERES

Introduction générale .....	6
Chapitre 1.....	10
Croissance économique, développement durable et analyse économique.....	10
1.1 Repères historiques.....	11
1.1.1 L'environnement naturel dans la pensée économique.....	11
1.1.2 Croissance économique et gouvernance internationale.....	12
1.1.2.1 De Bretton Woods au consensus de Washington.....	13
1.1.2.2 Quel ordre économique mondial ? .....	14
1.2 Environnement, croissance économique et antinomie .....	16
1.2.1 Différentes approches méthodologiques .....	16
1.2.2 Théorisation de la croissance économique .....	19
1.2.3 Croissance économique et pollution.....	21
1.2.4 Décroissance.....	23
1.3 Développement, croissance et durabilité .....	24
1.3.1 Bref historique du concept de développement durable.....	24
1.3.2 Caractéristiques du développement durable .....	25
1.3.2.1 Objectif « long terme » .....	26
1.3.2.2 Articuler global et local.....	26
1.3.2.3 Conduite écologique.....	27
1.3.2.4 Aspects sociaux et éthiques.....	27
1.3.3 La croissance durable.....	28
1.4 Analyse économique du développement durable .....	29
1.4.1 Etapes de l'analyse économique.....	29
1.4.2 Considérations des dimensions du développement durable.....	31
1.4.3 Marché et problèmes environnementaux.....	33
1.4.3.1 Economie de l'environnement.....	35
1.4.3.2 Echecs de marché et intervention de l'état .....	35
1.4.3.3 Environnement en tant que bien public.....	37
1.4.3.4 Environnement en tant que bien économique.....	38
1.4.4 Economie écologique.....	39
1.4.4.1 Fondements.....	39
1.4.4.1.1 La démarche de l'économie écologique .....	41
1.4.4.1.2 Une alternative au monisme de la valeur.....	41
1.4.4.1.3 La faible comparabilité des valeurs .....	42
1.4.4.1.4 Le recours à l'évaluation multicritère.....	43
1.4.4.1.5 Critique du modèle de l'acteur rationnel .....	44
1.4.4.1.6 Maintien d'une capacité de résilience des écosystèmes.....	45
1.4.4.1.7 Le traitement de l'incertitude.....	45
1.4.4.1.8 La nature physique et la production .....	46
1.4.4.2 Orientation et développement de l'économie écologique.....	47
1.4.4.2.1 Intégrations sociétales .....	47
1.4.4.2.2 L'influence théorique.....	47
1.4.4.2.3 Formule moderne de l'économie écologique .....	48
1.4.4.2.4 Les autres formulations.....	49
1.4.4.2.5 Les chercheurs et la recherche.....	50
Epilogue .....	51
Chapitre 2.....	52
Politiques publiques d'énergies, programmations et équipements.....	52
2.1. Orientation de la politique européenne en matière d'énergie .....	53
2.1.1 Consonance protocolaire .....	53

2.1.2	Le système d'échange de quotas d'émissions dans la communauté européenne	55
2.1.3	L'architecture du marché du CO <sub>2</sub>	58
2.2	Vers des évolutions structurelles de réseaux électriques	58
2.2.1	Super réseau électrique	58
2.2.2	Smart Grid et intelligence d'usage	59
2.3	Energie et système de production d'électricité en France	64
2.3.1	Réflexion sur l'histoire du modèle de politique publique énergétique français	64
2.3.2	Examen synthétique des enjeux énergétiques	65
2.3.3	Bilan énergétique, de l'alpha à l'oméga	70
2.3.4	Consommations d'énergie primaire	76
2.3.5	Le rendement du système	80
2.3.6	Les échanges d'électricité de la France	83
2.3.7	Développement réseau et accompagnement des évolutions du système électrique	85
2.4	Production par filière en France	89
2.4.1	Production énergétique nucléaire	90
2.4.1.1	Production thermique nucléaire	90
2.4.1.2	Quel devenir pour les déchets de l'industrie nucléaire?	94
2.4.1.3	Limites éthiques et environnementales de l'énergie atomique	100
2.4.2	Production thermique fossile centralisée	102
2.4.2.1	Le parc actuel	102
2.4.2.2	Le fonctionnement	102
2.4.2.3	Pollution atmosphérique	106
2.4.2.4	Les gaz à effet de serre	107
2.4.2.5	L'avenir des outils de production fossile	108
2.4.3	Production thermique décentralisée	109
2.4.3.1	La cogénération	110
2.4.3.2	Les énergies renouvelables « thermiques »	111
2.4.4	Production hydro-électrique	112
2.4.4.1	Le contexte réglementaire	113
2.4.4.2	Les perspectives	113
2.4.5	Production éolienne	115
2.4.5.1	Le parc actuel	115
2.4.5.2	Perspectives de développement	116
2.4.6	Production photovoltaïque	119
2.4.6.1	Le parc	119
2.4.6.2	Perspectives de développement	120
2.4.7	Conclusion et scénario de référence selon RTE	122
2.5	Energie et insularité: le cas de la Corse	125
2.5.1	Spécificités insulaires au sein de l'espace communautaire européen	128
2.5.2	Compétences énergétiques et documents publics	136
2.5.2.1	Plan énergétique de 2005 et principe de responsabilité	136
2.5.2.2	Le plan énergie renouvelable de 2007	144
2.5.2.2.1	Présentation du plan	148
2.5.2.2.2	La maîtrise de la demande d'énergie et le déploiement des EnR	149
2.5.2.2.3	Conduite, coordination et éléments de conclusion	154
2.5.2.3	Schéma éolien de la Corse	155
2.5.2.4	Développement du photovoltaïque en Corse	161
2.5.2.4.1	La charte de développement du photovoltaïque en Corse	161
2.5.2.4.2	Grille d'analyse multicritère	163
2.5.3	Développement de la technologie solaire thermodynamique en Corse	168
2.5.3.1	La technologie thermodynamique ou solaire à concentration	169
2.5.3.2	Centrale solaire à miroirs cylindro paraboliques	169

2.5.3.3 Centrale solaire à tour.....	170
2.5.3.4 Centrale Dish Stirling paraboliques.....	171
2.5.3.5 Centrale solaire à miroirs de Fresnel.....	171
2.5.4 Programmation Pluriannuelle des Investissements de production d'électricité 2009-2020	
.....	173
2.5.4.1 Les moyens de production.....	174
2.5.4.2 Les interconnexions.....	175
2.5.4.3 Le projet GALSI et les possibilités de raccordement de la Corse.....	176
2.5.4.4 Conclusion de la PPI.....	176
2.5.5 Bilan prévisionnel de l'équilibre offre demande d'électricité en Corse	176
2.5.5.1 La consommation.....	177
2.5.5.2 La production.....	179
2.5.5.3 Les importations.....	181
2.5.5.4 Bilan énergétique.....	182
2.5.5.5 Equilibre journalier.....	183
2.5.5.6. Scénarios tendanciels selon EDF.....	185
2.5.6 Les projets pour répondre aux besoins.....	189
2.5.6.1 Développement du réseau électrique.....	189
2.5.6.2 Le scénario du Grenelle de l'environnement.....	189
2.5.7 Eléments de conclusion.....	190
Chapitre 3.....	191
Evaluation multicritère de scénarios d'avenir énergétique pour la Corse.....	191
3.1 Scénarios, énergie et évaluation multicritère.....	192
3.1.1 Approches de construction des scénarios.....	192
3.1.2 Analyses multicritères et applications aux scénarios énergétiques.....	193
3.2 Choix de la méthode multicritère d'évaluation.....	195
3.2.1 Les problématiques multicritères.....	196
3.2.1.1 Problématique du choix.....	196
3.2.1.2 Problématique du tri.....	197
3.2.1.3 Problématique du rangement.....	197
3.2.1.4 Problématique de la description.....	198
3.2.2 Les principaux types de démarches multicritères.....	198
3.2.2.1 L'approche du critère unique de synthèse.....	198
3.2.2.2 L'approche du surclassement de synthèse.....	199
3.2.2.3 Les méthodes interactives.....	199
3.2.3 Conditionnalités des méthodes multicritères.....	199
3.2.4 Choix de la méthodologie multicritère RUBIS.....	201
3.3 Elaboration de scénarios d'avenir énergétique en Corse.....	202
3.3.1 Considérations préalables à l'étude des scénarios.....	202
3.3.1.1 Cerner la demande énergétique de l'île.....	202
3.3.1.2 Lister les installations existantes.....	204
3.3.1.3 Respecter les contraintes du système et des installations.....	205
3.3.1.4 Recueils d'informations pour l'évaluation des scénarios.....	206
3.3.1.4.1 Liste initiale des critères d'évaluation.....	206
3.3.1.4.2 Famille des critères d'évaluation ciblés.....	209
3.3.1.4.2.1 Critères économiques.....	210
3.3.1.4.2.2 Critères environnementaux.....	211
3.3.1.4.2.3 Critères sociaux.....	212
3.3.1.4.2.4 Critères de gouvernance.....	214
3.3.2 Agencement des scénarios d'avenir énergétique en Corse.....	216
3.3.2.1 Les outils de flexibilité.....	217
3.3.2.2 Le scénario A ou « l'avenir énergétique décidé ».....	218
3.3.2.3 Le scénario B ou « l'hydro-électricité renforcée ».....	221
3.3.2.4 Le scénario C ou « l'intégration renforcée des EnR ».....	224
3.3.2.5 Récapitulatif sur les scénarios d'avenir énergétique.....	228

3.4 Construction des critères d'évaluation.....	228
3.4.1 Elaboration d'une famille de critères d'évaluation des installations .....	228
3.4.1.1 Coût de production de l'électricité.....	228
3.4.1.2 Emissions de CO <sub>2</sub> .....	229
3.4.1.3 Principe NIMBY.....	230
3.4.1.4 Libre circulation de l'information .....	230
3.4.2 Elaboration d'une famille de critères d'évaluation des scénarios.....	231
3.4.2.1 Coût moyen de production.....	231
3.4.2.2 Emissions totales de CO <sub>2</sub> .....	231
3.4.2.3 Part relative de NIMBY important ou total.....	231
3.4.2.4 Part relative de transparence forte ou totale .....	232
3.5 Paramètres des critères d'évaluation des scénarios .....	236
3.5.1 Evaluation des seuils sur les critères .....	236
3.5.1.1 Seuils du coût moyen de production .....	237
3.5.1.2 Seuils des émissions totales de CO <sub>2</sub> .....	238
3.5.1.3 Seuils de la part relative de NIMBY important ou total.....	238
3.5.1.4 Seuils de la part relative de transparence forte ou totale .....	239
3.5.2 Pondération des critères par adaptation de la procédure Simos révisée.....	240
3.6 Utilisation de la plateforme logicielle Decision Deck.....	242
3.6.1 Tableau de performance et fichier d'entrée sur le serveur D3.....	242
3.6.2 Choix multicritère de scénarios et robustesse via la méthodologie RUBIS .....	249
Conclusion générale.....	253
Liste des figures.....	262
Chapitre 1.....	262
Chapitre 2.....	262
Chapitre 3.....	265
Liste des tableaux.....	267
Chapitre 1.....	267
Chapitre 2.....	267
Chapitre 3.....	273
Bibliographie.....	275
Résumé.....	301
Abstract.....	301

# Introduction générale

Un stage de fin d'étude est venu conclure mon Master. Cette expérience, dans la capitale Chinoise, Pékin, m'immergea au sein du service Stratégie / Développement d'un leader mondial de l'aéronautique. Dans cet environnement professionnel, est apparue progressivement l'idée d'acquérir des connaissances particulières sur des thèmes complémentaires à mon parcours initial. Le développement durable, les énergies renouvelables, l'économie écologique se dressaient comme des éléments incontournables. Mes partenaires professionnels étaient pratiquement tous titulaires d'un doctorat. Ils m'incitèrent à choisir cette formule de spécialisation en insistant sur les bénéfices d'une telle aventure. Dès mon retour, je me suis mis en relation avec mes encadrants afin de déterminer un projet de recherche cohérent, qui respecterait mes intentions et les exigences scientifiques universitaires.

C'est ainsi qu'est apparu le choix du sujet de thèse doctorale, s'articulant autour des thématiques précitées. Mon directeur recentra le domaine d'étude très vaste en associant le contexte global aux enjeux locaux. Le sujet s'inscrit pleinement dans les activités de recherche de l'UMR CNRS 6240 LISA (Lieux, Identités, Espaces et Activités), qui a pour objectif principal l'étude des relations sociétés-nature à la fois dans leur dimension spatiale, temporelle et symbolique. L'UMR concourt à une double finalité : explorer sous un angle singulier - celui des espaces et sociétés insulaires - le paradigme du développement durable ; l'espace insulaire devenant un « lieu » d'analyse et de compréhension de la complexité que recèle ce concept ; et contribuer à définir la gestion durable des territoires. Là encore, l'espace insulaire peut être le « lieu » de simulations voire d'expérimentations des politiques de développement durable.

Le sujet de recherche permettait de contribuer à la dynamique de notre territoire insulaire, en apportant une contribution concrète à la problématique énergétique de l'île de Corse.

L'ensemble de ces facteurs forts motivants m'a donc conduit à m'investir dans cette thèse, également financée par le programme Corse esprit entreprise (C2E), attribuée par la Collectivité territoriale de Corse (C.T.C) après sélection de ma candidature par les instances de l'agence de développement économique de la Corse (ADEC). L'objectif était d'établir un renforcement de la recherche en faveur de l'élévation de la compétitivité des entreprises. L'une des priorités du programme C2E est de favoriser le transfert de connaissances et la valorisation de la recherche par des échanges entre les milieux universitaires, de recherche et les PME-PMI, pour permettre d'accroître la capacité d'innovation des entreprises, notamment par l'intégration de personnels de recherches et des jeunes diplômés.

Ce programme ambitieux s'inscrivait pour partie dans le cadre du Programme Opérationnel Européen (POE) et le Fond européen de développement régional (FEDER 2007-2013).

Il s'inscrit directement dans les objectifs prioritaires de compétitivité régionale, de renforcement de l'innovation et de recherche des entreprises. Il était financé par des fonds, du POE FEDER, du Ministère de l'enseignement supérieur, de la recherche et du budget de l'action économique géré par l'ADEC.

L'activité de recherche universitaire était donc associée à un dispositif contractuel établi avec l'entreprise Solacor, filiale du groupe Dhamma Energy. Le pendant pratique de mon activité s'est organisé dans la gestion de projet et le développement de moyens de production d'énergies d'origine non fossiles ou renouvelables.

Les enjeux environnementaux et leur prise en compte se posent aujourd'hui avec acuité ; le paradigme du développement durable formalisé par le rapport Brundtland, que chaque société, selon

son niveau de développement, appelle de ses vœux, conduit à réfléchir aux relations systémiques entre l'Homme, la Société et la Nature (Brundtland, 1989).

Les problèmes globaux d'environnement, appréhendés comme des menaces écologiques planétaires, provoquent une prise de conscience à l'échelle internationale de la nécessité de réguler les interactions entre économie, environnement et société. Simultanément, les pollutions ne connaissent plus de frontières et peuvent affecter de manière irréversible les milieux naturels (diminution de la couche d'ozone, augmentation de l'effet de serre, etc.), générant de nouvelles préoccupations écologiques.

Cette prospective de rupture, marquée par la complexité, l'incertitude, le risque d'irréversibilité, au moins à l'échelle de plusieurs générations et la globalisation des problèmes environnementaux, souligne « *un univers systémique dans lequel tout est en relation avec tout, dans lequel de petites causes pourraient produire de grands effets, dans lequel les signaux faibles peuvent parfois prendre une grande importance* » (Conseil d'analyse économique et social, 1998).

L'omniprésence du concept de développement durable dans la littérature économique, repose sur des modélisations théoriques et opérationnelles, issues des contours de cette notion. L'actualité et l'intérêt de ce paradigme, tout comme les questionnements systémiques et imbriqués qu'il soulève, conduisent les chercheurs en sciences humaines et sociales à une réflexion autour du développement humain et du fonctionnement social contemporain. La prise de conscience des limites physiques de la terre et des ressources naturelles a semé le trouble dans l'appréhension de ce référentiel aux enjeux à la fois globaux et locaux, mêlant court et long termes, ayant investi le quotidien de multiples entités : entreprises, associations, collectivités publiques, locales, régionales, etc.

Ainsi, le contexte de dégradation et d'amenuisement accéléré des ressources naturelles a conduit à la multiplication d'études portant sur les modalités de leur exploitation individuelle ou collective.

C'est dans cette logique que des outils de gestion opérationnels ont été établis à travers le monde. La question de la durabilité du développement est d'autant plus cruciale à l'échelle d'espaces physiques naturellement limités, qu'elle amène à construire du sens sur les plans économique, écologique, social et culturel, envisagés, dans ce cadre, comme interdépendants. Dès lors, ces dernières années, face à la nécessité d'une gestion durable spatio-temporelle, sont élaborés des documents de planification territoriale, fixant objectifs et actions pour atteindre ces derniers, et livrant une connaissance approfondie des situations écologiques de ces espaces. L'étude et l'appréhension de l'intégration des dynamiques naturelles s'avèrent essentielles.

C'est ainsi que notre société s'est mise en quête de chercher des alternatives à l'économie du marché efficient. Le développement durable et ses formulations économiques proposent des solutions concrètes, permettant de dépasser l'incomplétude d'un modèle centré sur l'optimisation coûts-avantages monétaires, grâce à des analyses multicritères voire participatives. Elles se distinguent par l'intégration de nouvelles implications théoriques et de différentes approches. Les théories du recyclage des déchets, des écosystèmes, de la formation des normes et des valeurs intègrent ces prises de conscience récentes, et fournissent un support théorique qui sert de cadre référentiel à un changement de paradigme sociétal. C'est une approche transdisciplinaire qui s'opère dans la multi-dimensionnalité du développement durable.

Cette évolution nécessaire de l'économie offre de nouvelles perspectives notamment dans l'énergie et les politiques publiques associées. En ce sens, l'Europe et la France en son sein, amorcent une transition énergétique qui ambitionne une transformation progressive du modèle énergétique hérité. La volonté politique de la communauté européenne s'inscrit, à terme, dans le respect des engagements visant à mettre en œuvre la convention de Rio et le protocole de Kyoto.

La France est intégrée dans une politique globale prévoyant le respect des engagements protocolaires et conventionnels à travers deux types de force : celles du marché et celles qui relèvent d'une politique publique.

La Corse et ses prédispositions particulières se révèlent dotées d'atouts considérables pour expérimenter l'intégration des solutions du développement durable.

Ce nouveau paradigme est ici appréhendé sous la forme inédite d'une thèse, en apportant une contribution par le biais d'une évaluation multicritère appliquée aux scénarios d'avenir énergétique en Corse.

Le titre du mémoire de thèse correspond précisément au contenu. « Économie du développement durable et politiques publiques d'énergies en Europe : de l'étude des paradigmes à une évaluation multicritère appliquée aux scénarios d'avenir énergétique en Corse ». Par paradigme, nous entendons les modèles, normes, objectifs vertueux, mais aussi les méthodes et solutions contribuant à les atteindre. Dans cette thèse les paradigmes principaux sont l'objectif du développement durable, l'économie écologique, les énergies renouvelables (EnR), les systèmes énergétiques durables, la multidimensionalité, l'aide à la décision, l'évaluation multicritère de surclassement, les logiciels d'analyse décisionnelle. Nous avons souhaité mettre en avant les solutions du développement durable et les opportunités qui en découlent, de façon à renverser l'approche qui vise à se focaliser sur les contraintes. Nous souhaitons rendre opérationnel le concept de développement durable dans notre territoire insulaire.

Le sujet de recherche sera traité en trois temps principaux.

Un premier chapitre, intitulé « Croissance économique, développement durable et analyse économique », livrera des éléments chronologiques et théoriques autour des relations entre l'économie, l'environnement naturel et la société. La synthèse de la littérature débouchera sur l'économie écologique, branche des sciences économiques mais également transdiscipline, ayant pour sujet d'analyse l'objectif du développement durable. Le cheminement analytique se fera en quatre sous-chapitres.

Tout d'abord des « repères historiques » souligneront la prise en compte de l'environnement naturel dans la pensée économique, les liens entre croissance économique et gouvernance internationale, ceux entre l'environnement et les institutions internationales ; pour finalement poser la question : quel ordre économique mondial ? Autrement-dit, croissance capitaliste ou développement durable ?

Le second sous-chapitre portera sur le thème « Environnement, croissance économique et antinomie ». Nous rappelons comment s'est opérée la théorisation de la croissance économique, le rapport de cette dernière avec la pollution, pour ensuite évoquer la décroissance.

Le troisième sous-chapitre, intitulé « Développement, croissance et durabilité », dressera un bref historique du concept de développement durable, caractérisera cet objectif, et soulignera la question de la croissance durable.

De façon plus exhaustive, le quatrième sous-chapitre portera sur le thème « Analyse économique du développement durable ». Seront livrées les étapes de celle-ci, les dimensions de l'objectif de durabilité, l'approche par le marché des problèmes environnementaux, pour au final centrer le propos sur la contribution analytique et opératoire de l'économie écologique.

Le second chapitre du mémoire, s'intitulant « Politiques publiques d'énergies, programmations et équipements », mettra l'accent sur les interventions et situations énergétiques en Europe, en France et plus particulièrement en Corse, région dotée de compétences institutionnelles mais connaissant aussi des spécificités liées à l'insularité. Cinq sous-chapitres viendront développer le sujet.

En premier lieu nous traiterons du thème « Orientation de la politique européenne en matière d'énergie », à travers lequel sera notamment étudié le système d'échange de quotas d'émissions dans la communauté européenne et l'architecture du marché du CO<sub>2</sub>.

Le second sous-chapitre, intitulé « Vers des évolutions structurelles de réseaux électriques », traitera du super réseau électrique, du Smart Grid et de l'intelligence d'usage.

Par la suite, l'analyse interviendra à l'échelle nationale, sur le thème « Energie et système de production d'électricité en France ». Sera établie une réflexion sur le modèle français de politique publique énergétique, sur les enjeux de l'énergie, mais également le bilan, la consommation, le rendement du système et ses évolutions, les échanges d'électricité de la France.

Le quatrième sous-chapitre étudiera la « Production par filière en France », en matière d'énergie nucléaire, thermique, hydro-électrique, éolienne, photovoltaïque ; pour conclure avec le scénario de référence selon RTE (Réseau de Transport d'électricité) sur l'offre de production à moyen terme.

Le dernier sous-chapitre, intitulé « Energie et insularité: le cas de la Corse », présentera tout d'abord les spécificités insulaires au sein de l'espace communautaire européen. Le propos portera ensuite sur les compétences énergétiques de la Collectivité Territoriale et les documents publics de planification notamment et la grille d'analyse multicritère établie par la région. Sera souligné ensuite le développement du solaire thermodynamique. Plus largement, nous présenterons la Programmation Pluriannuelle des Investissements (PPI) de production d'électricité pour la période 2009-2020, et le bilan prévisionnel de l'équilibre offre-demande en Corse avec les scénarios tendanciels selon EDF. Finalement, seront abordés le développement du réseau électrique et le scénario du Grenelle de l'environnement.

Ces deux premiers chapitres du mémoire auront pour point commun la nécessité de disposer d'outils d'analyse multicritère pour éclairer la décision dans sa complexité, face à l'objectif du développement durable et en matière d'énergie.

Ainsi, le dernier chapitre intitulé « Evaluation multicritère de scénarios d'avenir énergétique pour la Corse » livrera une simulation inédite. Nous mettrons en œuvre une méthodologie en vue de répondre à cette question de recherche: parmi les scénarios considérés, en existe-t-il un qui soit un bon compromis entre l'économique, l'écologique, le social et la gouvernance ? Dans un tel contexte multidimensionnel, l'éclairage de cette problématique du choix se fondera sur l'approche du surclassement multicritère RUBIS. Elle permettra d'agréger les valeurs obtenues par les trois scénarios que sont « l'avenir énergétique décidé », « l'hydro-électricité renforcée » et « l'intégration renforcée des énergies renouvelables ». Ils seront évalués sur les critères du coût moyen de production, des émissions totales de CO<sub>2</sub>, de la part relative de NIMBY important ou total (Not In My BackYard, ou principe de non acceptabilité signifiant « pas dans mon arrière-cour ») et de la part relative de transparence forte ou totale. Afin d'illustrer comment fixer des priorités sur ces critères renseignés, un jeu de pondération sera obtenue avec une adaptation de la méthode des cartes révisée implémentée dans le logiciel SRF 2.2. Outre les poids relatifs normés, seront considérés des seuils de discrimination (indifférence, préférence) et de veto sur les critères afin respectivement de paramétrer leurs pouvoirs discriminants et la logique compensatoire de l'agrégation des valeurs. Ces dernières, collectées dans un tableau de performance, seront traitées par le serveur web D3 de calcul multicritère, couplant la méthode de surclassement RUBIS avec une analyse de la robustesse des résultats de type Condorcet. Découlera de cette simulation numérique le scénario d'avenir recommandé (RUBIS Choice Recommendation), comme un des paradigmes énergétiques pour la région insulaire Corse.

Finalement, une conclusion générale récapitulera les principaux enseignements de cette thèse, et apportera quelques élargissements souhaités d'une telle recherche.

# Chapitre 1

## Croissance économique, développement durable et analyse économique

## 1.1 Repères historiques

### 1.1.1 L'environnement naturel dans la pensée économique

Plusieurs auteurs de la pensée économique ont formulé les fondements théoriques de l'économie de marché tout en se préoccupant d'interrogations relatives à l'environnement. Trois périodes dans l'histoire se distinguent : l'économie classique, l'économie néo-classique et l'économie institutionnelle.

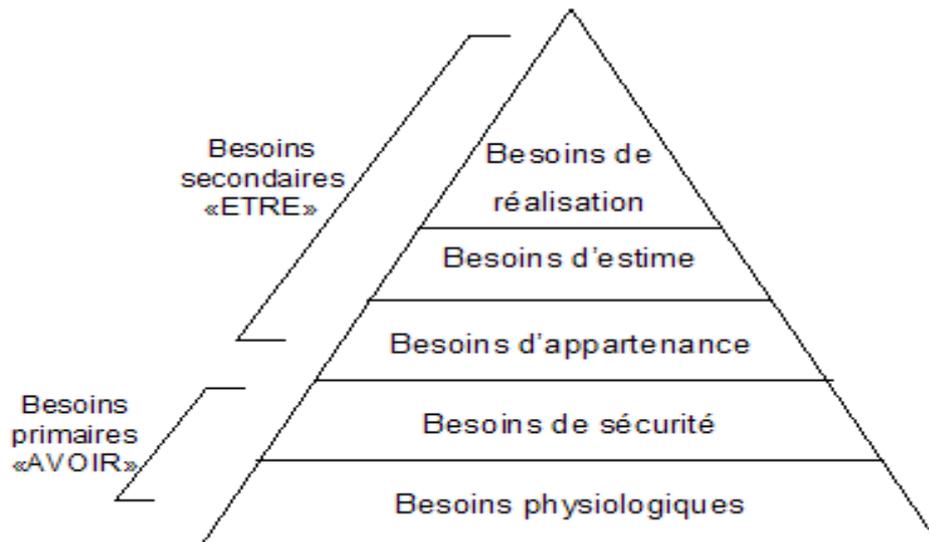
De l'apparition de l'agriculture aux premiers schémas économiques des relations marchandes, de nombreux penseurs se sont penchés indirectement sur le lien entre économie et nature. La pensée préclassique, qui vient juste avant la première période majeure, jette les bases des interactions entre l'économie, la politique, la santé et l'environnement (Brasseul, 2001) (Quesney, 2005). Un consensus a été trouvé quant à l'introduction de la période classique, prenant naissance à la publication de l'ouvrage d'Adam Smith en 1776 (Smith, Blanqui, 1859). Ce philosophe des lumières parvient à synthétiser brillamment les idées économiques de son temps. Smith expose notamment sa sagesse en exprimant l'exigence morale d'une « autorégulation du marché par la main invisible » afin qu'il soit au service de l'intérêt général. Cette exigence intègre la dimension sociale de l'économie du développement durable.

Durant cette époque d'autres précurseurs s'emploient à faire évoluer la pensée économique. David Ricardo œuvre dans la théorie du libre échange international, il se questionne déjà sur l'économie des ressources naturelles à travers la productivité des terres et la croissance. Thomas Malthus est encore d'actualité, notamment chez les partisans pessimistes où ses travaux sur les rapports entre les dynamiques de croissance de la population et la production servent de référence théorique (Ricardo, 1821) (Malthus, 1798). John Stuart Mill est un libéral humaniste influencé par des principes sociaux. L'œuvre dense et profonde synthétise les pensées économistes classiques. Il y évoque la dimension éthique dans l'économie politique, soutient entre autre l'interventionnisme de l'état et ne conçoit pas seulement l'environnement comme source productive mais également comme une source de bien-être (Mill, 1848). D'autres auteurs influents illustrent cette intense période de réflexion économique (Jean Baptiste Say, Karl Marx, Jean de Sismondi,...). Ce courant a été supplanté par le courant néoclassique.

La pensée néo-classique cherche à donner une légitimité scientifique à l'économie. En s'efforçant de s'adapter à la réalité économique, les néolibéraux partent d'une analyse microéconomique et agrègent les comportements individuels, à la différence des classiques et de Marx. La théorie néoclassique va chercher à renforcer les conclusions libérales en reformulant les hypothèses de base de l'analyse économique comme la définition d'une nouvelle théorie de la valeur fondée sur l'utilité. Carl Menger, William Stanley Jevons et Léon Walras réalisent les œuvres fondatrices du courant. Dans cette nouvelle formulation de l'économie de marché chacun a contribué à la réflexion environnementale, au-delà du raisonnement marginal commun. Dans ses travaux Walras associait déjà les deux dimensions sociales et économiques du développement durable. Il proposa par ailleurs une théorie de prix des terrains qui est encore d'actualité pour les droits d'extension de propriété privés sur l'environnement naturel (Baranzini, Diemer, Mouchot, 2004) (Walras, 1875). W.S Jevons est un précurseur de la théorie des ressources naturelles, en se référant au charbon, il observe que l'accroissement d'extraction d'une ressource naturelle non renouvelable conduit vers une hausse des prix qui peut étouffer la croissance (Stanley Jevons, 1878). Menger puis par la suite l'école autrichienne s'inspirèrent de l'ouvrage « éthique à Nicomaque » d'Aristote où l'éthique et la politique sont inséparable. Menger veut comprendre la structure institutionnelle de l'économie car elle conditionne la consommation et la capacité à répondre aux besoins. Il ne s'agit pas d'exclure l'Etat mais de mieux cerner son rôle et ses besoins.

Aujourd'hui face au défi environnemental, l'Etat ou une institution supra-étatique pourraient contraindre les marchés à adapter leurs comportements aux problématiques de notre temps (Menger, 1976).

L'économie institutionnelle appartient au courant de la pensée économique hétérodoxe qui s'oppose au courant néo-classique. Le marché est analysé comme une construction sociale modélisé par les activités humaines dont les besoins peuvent être hiérarchisés à l'image d'un système pyramidal.



**FIGURE 3.1 SYSTEME PYRAMIDAL SELON LES BESOINS PAR ABRAHAM MASLOW**

Ils plaident pour une réorientation du système de valeurs vers l'exigence d'une considération éthique guidant l'action économique. Pour les hétérodoxes, on ne peut effacer le lien entre économie et éthique inspirée notamment par J.S. Mill.

Cette critique Marx l'a choisi révolutionnaire autour d'une philosophie collectiviste pour opposer une rupture à la philosophie libérale. Pour d'autres les tentatives d'introduire des concepts humanistes ont échoué face à la théorie de l'utilité marginale. L'obéissance à des lois mathématiques a permis de justifier la réduction de l'homme à sa dimension utilitariste et ainsi prouver l'autonomie de la science économique par rapport aux sciences sociales. A cette époque, l'économie devait prouver qu'elle méritait d'être distinguée comme science à part entière et certains utilisèrent les mathématiques pour le justifier. Alfred Marshall apparut à la croisée de ces chemins car tout en s'inscrivant dans le courant néo-classique, il fit la promotion d'une approche plus vaste appelée néo-classique moderne. Dans son œuvre il rassemble les théories de l'offre et de la demande, de l'utilité marginale et des coûts de production (Marshall, Sauvaire Bourdan, 1906).

### **1.1.2 Croissance économique et gouvernance internationale**

Dès les années 1950, l'O.N.U adopte comme principe de comptabilité l'expression statistique de la croissance économique. Le produit intérieur brut devient un des principaux indicateurs de la performance et du bien-être économique.

L'économie domine l'environnement et le social. Les objectifs de politiques économiques s'abandonnent à leur propre rôle. Leurs priorités portent sur la poursuite de la croissance économique, n'accordant ainsi qu'un rôle inférieur aux politiques environnementales et sociales.

On observe aujourd'hui dans les instances internationales que les instruments de politique économique se sont étendus aux mesures de régulation sociale, sans pour autant perturber la priorité du maintien des objectifs de croissance.

### **1.1.2.1 De Bretton Woods au consensus de Washington**

A l'issue de la deuxième guerre mondiale, les accords de Bretton Woods ont tenté de faire transiter l'économie mondiale vers une économie de paix.

La « conférence monétaire et financière », organisée autour de deux propositions, le plan White et le plan Keynes, a permis de donner naissance au FMI et à la banque mondiale puis, en 1947, au GATT, chargé de veiller à la libéralisation du commerce international par la réduction négociée des droits de douanes.

Les trois piliers assuraient une fonction spécifique et n'étaient pas armés pour affronter les problèmes environnementaux, dont l'opinion prit conscience au début de la seconde moitié du XXème siècle.

Les institutions ont été conçues après la guerre pour assurer l'ordre économique mondiale.

#### ***Le GATT puis l'OMC face à l'environnement***

La mission du GATT est la libéralisation du commerce en luttant contre les barrières dressées face à l'accroissement de la concurrence internationale. Le protectionnisme environnemental fut longtemps comme un ennemi, cherchant à contrer les efforts de libéralisation du commerce. Malgré une pollution croissante et les échecs de marché, les pertes environnementales ne pouvaient être exprimées et comparées dans les mêmes unités que les gains substantiels apportés par le libre-échange. Les effets négatifs sont longtemps restés masqués par les gains des échanges.

(Damian, Graz 2001)

Progressivement le premier pilier émergea non sans réticence de règle, définissant la protection des espèces et de l'environnement.

L'OMC assura en 1995 la succession dans la lignée de la structure précédente et étendit son action vers le secteur tertiaire. Les coûts sociaux des modes de transport ne furent quasiment pas pris en compte, malgré les effets connexes de dégradation de l'environnement.

L'introduction de la marchandisation de la nature par les droits de propriété privée, initiés par le fonctionnement concurrentiel des marchés, souleva une prise de conscience virulente par des contestataires remettant en cause l'OMC et prônant la nécessité de réformer l'architecture de l'ordre économique mondial.

On a vu timidement intégrer l'environnement dans les négociations de l'OMC, mais d'ores et déjà on imagine facilement la continuité de subordination.

Seule la création d'une organisation internationale nouvelle, attachée aux problèmes environnementaux et ayant pour objectif de coordonner et surveiller l'application des normes et instruments découlant des protocoles en vigueur, apportera l'outil institutionnel adapté aux problématiques contemporaines.

#### ***Le FMI face à l'environnement***

Le deuxième enfant de Bretton Woods est chargé d'assurer le financement du commerce international. Le FMI assurait la stabilité des changes par le régime de change fixe mais ajustable.

Ancré sur le dollar, convertible en or, il s'est établi sous la domination des Etats-Unis dans un contexte d'après-guerre où avec l'Angleterre, ils sortaient grands gagnants des rapports de force mondiaux. Le lien avec l'environnement n'existe pas dans sa version d'origine.

Le volet monétaire de la libéralisation du commerce a contribué à « dollariser » les relations économiques internationales, tout en renforçant l'impérialisme économique américain.

Sa nature de financier (Eichengreen, 2008) a favorisé la promotion de l'évaluation monétaire de l'environnement.

Dans les années 1970, le régime de change fixe laissa la place au régime de change flexible.

Le fond monétaire international devait redéfinir son rôle en gestionnaire des liquidités et dettes internationales, alimenté par l'instabilité des marchés de change et agrémenté d'un degré d'incertitude plus important que celui du change fixe. (Brock and Taylor, 2004)

Etonnamment, la certitude de devoir protéger l'environnement ne pèse pas lourd face à l'incertitude financière qui caractérise l'ordre économique international.

En se rapprochant des pays en difficulté financière, le FMI a conditionné la reconstruction des modèles macro-économiques afin d'atteindre l'équilibre budgétaire, qui intègre le concept de développement durable par la régulation sociale des nombreux pays en voie de développement.

Les méthodes de reconditionnements macro-économiques des pays soumis à l'aide financière du FMI ont été radicalement remises en question depuis quelques années.

Le volet monétaire d'origine laisse progressivement place à un outil de développement dont le financement des problèmes environnementaux apparaît comme indispensable.

### ***La Banque mondiale et l'environnement***

Le dernier pilier de Bretton Woods appelée Banque Internationale de reconstruction et de développement (B.I.R.D) sera mieux connue, plus tard, sous le nom de Banque Mondiale.

Après la guerre il s'agissait de réparer les dégâts causés aux infrastructures économiques par le financement de projets d'investissements.

La protection de l'environnement est entrée graduellement dans les pratiques appliquées.

En 2001 une « stratégie environnementale » fut définie, en diversifiant de plus en plus les projets. Elle visait à atteindre des objectifs de réduction de pollution.

La Banque Mondiale à entrepris un rapprochement avec le FMI pour faciliter les paiements de protection environnementale.

### **1.1.2.2 Quel ordre économique mondial ?**

Après l'annulation de Bretton Woods deux mouvements ont pris forme. (Sampson, 2005)

Le 1<sup>er</sup> souhaite généraliser et étendre coûte que coûte le marché efficient avec son régime de change flexible.

Le 2<sup>e</sup> veut intégrer des contraintes socio-environnementales dans le nouvel ordre économique mondial.

Le 1<sup>er</sup> débouche sur le consensus de Washington et le 2<sup>e</sup> sur le concept de développement durable.

Ci-dessous le tableau 2.4 résume brièvement l'historique des institutions internationales.

1944 Accords de Bretton Woods		
<b>GATT</b> General Agreement on Tariffs and Trade ↓ Libre-échange de biens	<b>FMI</b> Fonds Monétaire International ↓ Régime de change fixe	<b>BIRD</b> Banque Internationale de Reconstruction et de Développement ↓ Développement
1971 Annulation des accords de Bretton Woods		
↓ <b>OMC</b> Libre-échange de services et de la propriété intellectuelle	↓ <b>FMI</b> Régime de change flexible	↓ <b>Banque Mondiale</b> Banque d'Investissement
1986 Consensus de Washington		Publication du rapport de Brundtland
Croissance par les marchés sur le plan mondial		Mise en œuvre du concept du développement durable

**TABLEAU 2.4 HISTORIQUE DES INSTITUTIONS INTERNATIONALES**

(Extrait de l'ouvrage « Economie du développement durable » de Beat Burgenmeier, 2005)

## *De la guerre du Vietnam au consensus de Washington*

L'effondrement du régime de change fixe, après la guerre du Vietnam, annula les négociations de Bretton Woods.

Dans les années 1980, un consensus de convergence entre les institutions issues de Bretton Woods concernait le respect des conditions d'équilibre macro-économique. Ces conditions imposées aux tiers mondes furent couramment transgressées par les USA. Les contraintes d'octroi de crédit ont souvent dégradé le sort des nécessiteux. Le ruissellement des richesses vers le bas, souvent invoqué dans les analyses scientifiques, se fait toujours attendre des plus pauvres.

On observe par opposition à la stratégie de verticalité, une horizontalité dans le transfert du produit de la croissance économique.

Francine Mestrum, auteur de nombreux travaux sur la pauvreté, a démontré entre autre que sans la réduction des inégalités sociales dans le monde il ne peut y avoir de protection de l'environnement efficace. (Mestrum, 2002, 2003, 2008)

Le tableau 2.5 ci-dessous résume les quatre aspects fondamentaux de la croissance réduite à la question de la croissance économique.

<b>Thèses</b>	<b>Antithèses</b>
La croissance économique accroît le bien-être matériel.	La croissance économique réduit le bien-être matériel par une pollution croissante
La croissance est le moyen le plus efficace de promouvoir le développement.	Le développement contient un objectif non seulement de justice sociale, mais implique également un choc culturel.
La pauvreté se trouve réduite par la croissance économique.	Les inégalités sociales augmentent, malgré la promotion de la croissance économique par des marchés concurrentiels au niveau international.
La pollution peut être réduite par le progrès technique qui est un facteur important de la croissance économique.	La croissance contribue à la pollution (effet de volume)

**TABLEAU 2.5 THESE ET ANTITHESE SUR LA CROISSANCE ECONOMIQUE**

(Extrait de l'ouvrage « Economie du développement durable » de Beat Burgenmeier, 2005)

Il existe deux mouvements parallèles à l'unilatéralité du consensus de Washington.

Le 1<sup>er</sup> veut réformer les institutions, pour accéder à des règles de gouvernance souples tout en poursuivant une croissance aussi forte que possible.

Le 2<sup>e</sup> veut associer la croissance économique la réduction de la pauvreté et de la pollution, en réformant radicalement les institutions tout en créant une structure internationale de l'environnement chargée d'appliquer le concept de développement durable.

## 1.2 Environnement, croissance économique et antinomie

### 1.2.1 Différentes approches méthodologiques

L'approche conventionnelle de la recherche consiste à accroître dans chaque discipline le progrès de la connaissance. Les problèmes environnementaux sont appréhendés dans une logique disciplinaire pour une expertise localisée ou multidisciplinaire, pour une expertise à vision panoramique. On additionne ainsi les connaissances issues d'une spécialisation accrue.

La science économique y participe tout en restant dans son propre rôle.

Stratégies	Approches
1. Chaque discipline se spécialise	<b>Approches disciplinaires et multidisciplinaires</b>
2. Une discipline domine :	<b>Approches multi et interdisciplinaires :</b>
-Impérialisme scientifique	-Technologique
-Impérialisme économique	-Néoclassique
-Impérialisme des sciences sociales et humaines	-Sociétale et morale
3. Plusieurs disciplines convergent :	<b>Approches interdisciplinaires :</b>
-Entre les sciences naturelles	-Écologique
-Entre les sciences sociales	-Socio-économiques
4-La recherche en dialogue avec la société	<b>Approches transdisciplinaires</b>

**TABLEAU 2.1 STRATEGIES DE RECHERCHE FACE AUX PROBLEMES ENVIRONNEMENTAUX**  
(Extrait de l'ouvrage « Economie du développement durable » de Beat Burgenmeier, 2005)

L'approche de la science dominante établit le leadership d'une discipline disposant des attributs les plus prometteurs pour analyser et résoudre les problèmes environnementaux avec brio.

La foi aveugle dans la faisabilité scientifique, issue des valeurs industrielles, laisse place à un scepticisme croissant observé par le manque d'intérêt des nouvelles générations pour la science. Nos contemporains se méfient face à l'admiration béate du progrès technique et tentent de faire preuve de plus de discernement.

Ce scepticisme est souvent alimenté sur la scène publique par des scientifiques de renom semant le flou chez les néophytes et non-initiés (Allègre, 2007) (Mari, 2009) ou par des affaires médiatiques telles que le « Climate Gâte ».

Nonobstant ce constat, la domination scientifique est illustrée par les budgets de recherche importants accordés aux sciences naturelles et techniques.

Les sciences sociales contestent légitimement cette hégémonie oh combien dépourvue de toute rationalité dans ces temps où les enjeux dépassent les dominances de courants et de disciplines. La responsabilité des acteurs implique le dépassement des clivages.

(Moessinger, 1996)

Au-delà du fait que l'économie appartient bien entendu aux sciences morales, la sociologie et les sciences humaines étudient l'évolution de la perception de la nature par l'homme en fonction des connaissances scientifiques et du perfectionnement évolutif de nos conceptions éthiques et sociales.

(Sen, 2004)(Schweitzer ,1963)

Une troisième approche de convergence, orientée vers l'étude interdisciplinaire des problèmes environnementaux, occupe une place prépondérante dans la volonté des chercheurs. Peu à peu le monde académique s'organise en ce sens. Sous l'impulsion d'une vision ambitieuse de l'Etat, concernant le système de recherche, la France montre qu'au-delà des difficultés inhérentes à l'établissement de réformes structurelles, il est important d'être en cohérence avec les acteurs de la recherche.

Dans Futuris 2009, ouvrage d'analyse prospectiviste de recherche et innovation en France, rédigé par une quarantaine de tels acteurs, apparaît la crainte que le gouvernement méconnaisse les attitudes des acteurs de la recherche :

*« elles lui permettraient, tout en maintenant le cap des réformes, d'éviter les déclarations ou les modalités de mise en œuvre qui transforment en opposants une partie de ceux au bénéfice desquels la plupart des réformes ont été conçues ».*

Les auteurs relatent aussi qu'il existe des inquiétudes qu'il faudra piloter au plus près dans les transformations progressives des universités et mettent en avant la capacité d'évolution des acteurs concernés.

*« L'adaptabilité, que montre l'évolution des pôles de Recherche et d'Enseignement Supérieur et des pôles de compétitivités, rappelle que des transformations se produisent dès lors que l'état offre des possibilités d'agir aux entités qui composent le Système Français de Recherche et d'Innovation »* (Lesourne, Randet, 2009)

Pour faire face aux problèmes environnementaux, il est nécessaire de créer un nouveau processus social d'apprentissage car seules les approches interdisciplinaires arrivent à cerner les interactions caractérisant les écosystèmes.

Les fruits de cette approche, constatés en sciences naturelles dans l'arborescence des processus observables en milieu naturel, ont permis de définir des concepts majeurs pour comprendre que la pollution en constante augmentation provoque de nouvelles contraintes. (Ecosystèmes, capacité de charge, recyclage des déchets...)

Des évolutions semblables doivent dorénavant s'imposer dans les sciences sociales et humaines. Le défi environnemental nous oblige à dépasser les schémas archaïques d'autrefois pour enfin mettre à plat la régulation sociale sur laquelle repose notre ordre économique et sociale. A ce propos, Kenneth Wiltshire, dans une publication intitulée « Scientifiques et décideurs : vers un nouveau partenariat », valorise les éléments soulignés lors de la conférence mondiale de Budapest sur la science et l'éducation.

Il revient sur l'identification des points d'optimisation du monde scientifique actuel. Il évoque alors les consensus de Budapest autour de l'impérieuse nécessité de vulgariser la science, d'atténuer l'opacité des travaux, d'imposer l'équité financière ou l'équilibre dans les effectifs masculin/féminin.

Puis il conclut sur les éléments progressistes de la problématique scientifique environnementale.

*« L'exigence d'une bien plus grande transdisciplinarité entre les sciences, dures, souples, et celles qui occupent une place intermédiaire.*

*Les problèmes majeurs auxquels ce monde est actuellement confronté exigent une approche transdisciplinaire, et dans l'idéal interdisciplinaire. L'exemple par excellence concerne les aspects écologiques cruciaux impliqués dans la recherche d'un développement humain durable. Beaucoup d'universités dans le monde s'attellent à cet idéal ...*

*Je n'en connais pourtant aucune qui opère de façon véritablement interdisciplinaire bien qu'elles appliquent effectivement des approches transdisciplinaires. Nous manquons toujours des paradigmes et des cadres conceptuels qui pourraient assurer véritablement l'intégration des différentes branches des sciences au sein de modèles communs.*

*En même temps, chacun de nous produit sa propre perspective à partir de son bunker disciplinaire ; puis nous rassemblons toutes ces perspectives au sein d'un bunker central, ce qui est positif – c'est un pas en avant. Mais tous ces efforts demandent à être poursuivis vers des approches scientifiques plus globales, parce qu'il est nécessaire de s'attaquer aux problèmes majeurs de la planète et parce que cela produira davantage de recherche scientifique utile aux décideurs qui luttent avec ces questions »*  
(Wiltshire, 2001)

Comme le souligne l'auteur, des efforts pour promouvoir un cadre commun doivent faire surgir un modèle assimilable par tous et pour tous.

On constate clairement que les défis architecturaux des sciences sont nombreux pour appréhender un concept de développement durable opérationnel.

Néanmoins et d'ores et déjà il existe une quantité astronomique de contributions scientifiques des différentes disciplines sur la problématique environnementale. L'application de ces travaux existants permettrait de franchir un cap décisif dans la poursuite des actions menées pour préserver notre environnement. Il faut à l'avenir réfléchir sur une stratégie visant à intégrer davantage de travaux économiques dans le champ de réflexion des décideurs politiques. Cette approche ne pourra qu'embellir les actions menées par les décideurs sur le terrain.

La participation et l'implication doivent aussi s'appliquer aux autres acteurs engagés dans la préservation (association, fondation, organismes publiques,...).

L'espoir serait ainsi de voir émerger une structure hybride dont le socle serait composé de toutes les réflexions, le corps doté d'une capacité de traiter et soumettre l'information dans le but de répartir au mieux les réflexions aux acteurs concernés par le processus de décision publique et privée, qu'ils soient à périmètre international, national ou régional.

Aujourd'hui les débats relatifs à l'environnement et la croissance continuent d'agiter la science-économie. Doit-on opposer les deux, est-il envisageable de les concilier ? Devons-nous nous focaliser dessus et de quelle croissance est-il question ?

Voici les problématiques majeures associées aux économistes qui étudient la pollution. Les avis sont divergents et les réponses controversées. Certains perçoivent la croissance comme un instrument visant à jouer la partition du bien-être économique le plus étoffé possible. D'autres la conçoivent comme un outil à vocation destructive.

Une analyse lucide de l'environnement, d'un point de vue économique, se confronte au sens de la croissance : est-ce l'origine ou le remède contre la pollution ?

L'observation sera exercée sur la façon dont les économistes théorisent la croissance et illustrent le lien entre croissance et pollution. (Arrow et al. 1995)

Nous regarderons les changements, entrepris par les institutions internationales chargées de l'ordre économique mondial, pour lesquelles la croissance bénéficie d'un grand consensus.

Puis nous intégrerons une compréhension du débat antinomique avec la décroissance.

## 1.2.2 Théorisation de la croissance économique

La croissance fait partie des sujets stimulants de la science économique. Les attentes sociales sont nombreuses autour de ce concept, car elle renvoie inconsciemment à la croissance du bien-être, alors que la croissance économique concerne l'évolution de la production.

Dans l'important rapport de la commission Stiglitz sur la mesure des performances économiques et du progrès social, apparaît l'absolue nécessité de voir évoluer en profondeur les outils de mesure pour affiner et corriger des valeurs considérées comme incomplètes. Plusieurs messages clefs y sont introduits ainsi que des recommandations d'envergure pour bousculer et faire avancer les méthodes analytiques de mesure économique.

Concernant l'économie durable il y est soutenu « une approche pragmatique de la mesure de la soutenabilité », le contenu de cette dernière pourrait essuyer quelques critiques tant sur les propositions avancées que sur l'hégémonie d'une approche économique, ayant pour objectif de gommer les maux de l'ensemble d'un système à bout de souffle.

Mais c'est « le thème unificateur du rapport » qui mérite une plus grande attention :

*« il est temps que notre système statistique mette davantage l'accent sur la mesure du bien-être de la population que sur celle de la production économique, et qu'il convienne de surcroît que ces mesures du bien-être soient resituées dans un contexte de soutenabilité.*

*Il faut, en d'autres termes, s'attacher à élaborer un système statistique qui complète les mesures de l'activité marchande par des données relatives au bien-être des personnes et des mesures de la soutenabilité »*

(Stiglitz, Sen, Fitoussi, 2009)

Stiglitz dans sa conclusion publique lors de la présentation du rapport, corrobore par une analogie sur le système Américain, l'obligation de transformer nos instruments de mesure économique :

*« Nos instruments de mesure actuels, notamment le PIB et sa croissance, nous ont rendus presque aveugles. Ils nous ont fait croire que la vive croissance américaine des dix dernières années devait être copiée partout, alors que c'était un mirage et qu'elle n'était pas soutenable.*

*Ni sur le plan financier et économique, on l'a vu, ni sur le plan social (la majorité des Américains a en réalité connu une décennie de stagnation ou de déclin), ni sur le plan environnemental (tous les indicateurs physiques montrent un dépassement des seuils d'alerte). Les indicateurs économiques dominants nous trompent en ne nous envoyant pas les signaux permettant d'agir et de prévenir à temps les crises majeures, ils ne nous disent rien du bien-être durable, des inégalités, de la pression environnementale, etc. Il en faut d'autres pour cela »*

Au-delà des principaux points d'évolution indispensables, il est nécessaire d'avoir une vue synthétique du concept ; voici en résumé dans un tableau les principaux facteurs de la croissance économique concentrés sur le rôle du capital.

Comportement humain	Le travail compris comme facteur de production Qualifications et motivations du travail, notamment quant au lien entre travail et loisir
Formation du capital	Investissement en infrastructures et en équipements Epargne nationale et son lien avec la consommation
Progrès technique	Savoir -faire et évolution des connaissances Investissements en recherche et développement
Ressources naturelles	Energie, sol, eau, climat, biodiversité, déchets

**TABLEAU 2.2 PRINCIPAUX FACTEURS DE LA CROISSANCE ECONOMIQUE**

(Extrait de l'ouvrage « Economie du développement durable » de Beat Burgenmeier, 2005)

Notre modélisation descriptive s'appuiera sur un seul type de capital désigné par K. Il est possible d'envisager K comme capital naturel mais cela serait l'objet d'une autre observation, celle de l'environnement en tant que facteur de production.

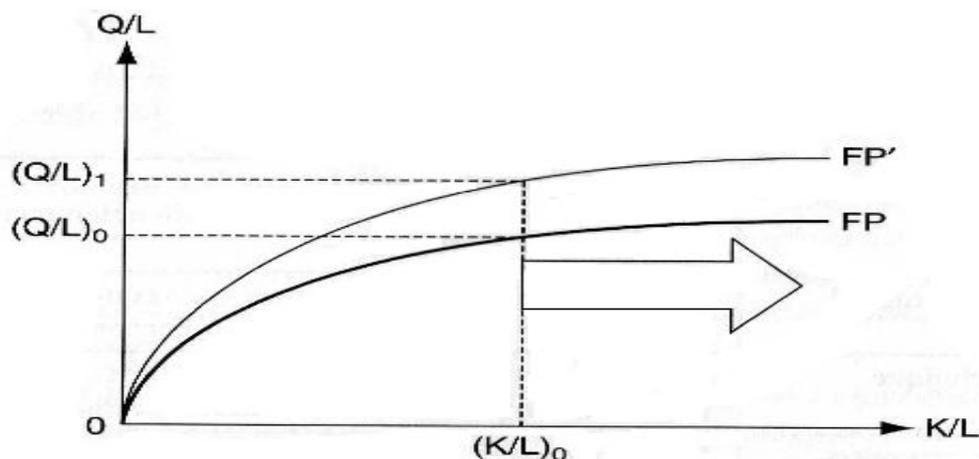
Le rapport entre le capital et le travail (K/L) exprime l'intention capitaliste de la production. Cette relation est exprimée par la fonction de production (FP).

La production par tête (Q/L) augmente en fonction de l'intensité capitaliste exprimée par un accroissement du rapport (K/L). Cette relation n'est pas linéaire ; quand l'intensité capitaliste augmente, des outils plus performants apparaissent, augmentant le rendement additionnel et baissant le capital à partir du rapport (K/L)<sub>0</sub>.

Cette modélisation est basée sur l'hypothèse supposant « que toute chose est égale par ailleurs ». La fonction de production (FP) ne s'exprime alors que par l'évolution du capital par tête (K/L).

En introduisant le progrès technique, on suppose que pour le même capital par tête, il est possible d'obtenir une production par tête plus élevée. ((Q/L)<sub>1</sub> au lieu de (Q/L)<sub>0</sub>). La fonction production devient alors (FP').

L'expression des inventions permet d'économiser du travail, ou du capital en augmentant ou diminuant l'intensité capitaliste.



**FIGURE 2.1 INTENSITE CAPITALISTIQUE ET CROISSANCE ECONOMIQUE**

(Extrait de l'ouvrage « Economie du développement durable » de Beat Burgenmeier, 2005)

La modélisation s'appuie sur deux facteurs fondamentaux pour analyser la croissance. L'action conjuguée de l'intensité capitaliste et du progrès technique peut aussi être utilisée pour juguler la pollution.

Trois options se confrontent :

- La pollution est maîtrisée dans son ensemble par le progrès technique. La croissance est donc compatible avec la protection de l'environnement.
- Il est incompatible de protéger l'environnement en poursuivant la croissance. La technologie ne peut tout résoudre.
- La pollution sera maîtrisée si une politique volontariste est mise en place.

Nous continuerons nos observations sur une étude générale du lien entre croissance économique et pollution.

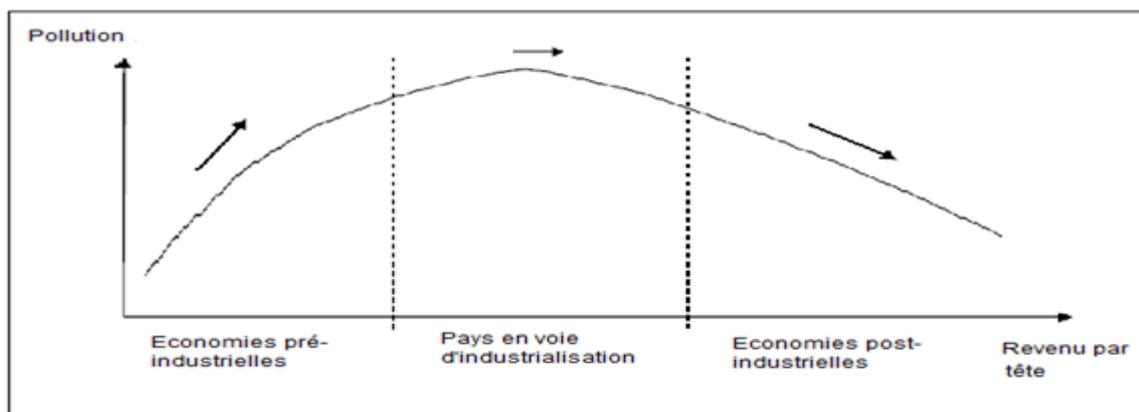
### 1.2.3 Croissance économique et pollution

La pollution maîtrisée dans son ensemble par le progrès technique est illustrée par la courbe environnementale de Kuznets. Au début des années 1990 plusieurs études empiriques (De Bruyn et al. 1998) ont constaté l'existence d'une courbe en cloche entre divers indices de pollution et le niveau de revenu par tête.

Ces auteurs lui attribuèrent le nom de « courbe environnementale de Kuznets » à cause de la similitude avec les résultats des travaux de ce dernier. On note cependant que les fondateurs du modèle de référence ne font nullement référence explicite à une courbe environnementale de Kuznets (Grossman, Krueger, 1994).

Au-delà d'un certain niveau de richesse, la croissance économique s'accompagnerait d'une amélioration de l'état de l'environnement. Une stratégie économique soutenable consisterait alors à atteindre dans les meilleurs délais ce seuil pour ensuite continuer à s'enrichir « proprement ».  
(Shafik, Bandyopadhyay, 1992) (Selden, Song, 1994)

Cependant, non seulement cette courbe n'est décelée que pour quelques polluants aux effets localisés, mais même dans ce cas, de nombreuses critiques méthodologiques fragilisent la portée de ces résultats. Il est donc abusif de vouloir en faire un support de référence du développement et d'autres voies de recherche doivent être explorées.  
(Harbaug, Levinson, Wilson, 2000) (Stern, Common, 2001)



**FIGURE 2.2 COURBE ENVIRONNEMENTALE DE KUZNETS**  
Extrait du site Google image

Une « courbe environnementale de Kuznets », reliant par une forme en cloche les dégradations de l'environnement et le niveau de revenu par tête, a parfois été détectée pour quelques polluants aux effets locaux.

Cependant, elle est clairement infirmée pour des polluants globaux et aucune généralisation ne peut être sérieusement envisagée.

Il existe, sans ambiguïté, un plafonnement écologique global à la quantité de richesses matérielles accumulables, d'ores et déjà largement dépassé.

Type de pollution	Agents polluants	Nombre d'observations	Courbe de Kuznets	Décroissante	Croissante	Plate
Air	Énergie	11	18	1	10	3
	CO <sub>2</sub>	52	2	5	30	9
	CFC	4	36	5	2	3
	SO <sub>2</sub> et SO <sub>x</sub>	66	17		16	1
	SPM	29	5	1	4	1
	Fumée	8	8	3	2	3
	Émissions tox. CO, COV, NO <sub>x</sub> , NO <sub>2</sub>	12	13		2	
		29			10	
Eau	Nitrates etc.	13	5	2	2	4
	Coliformes	5	3		1	1
	Métaux lourds	5	3			2
Qualité en Ville	Accès sanitaire et eau potable	11	1	10		
Déchets		8	5		3	
Ressources	Déforestation	28	15			13
	Biodiversité	5	4		1	

**TABLEAU 2.3 CROISSANCE ECONOMIQUE ET POLLUTION : APPROCHES EMPIRIQUES**  
(Extrait de l'ouvrage « Economie du développement durable » de Beat Burgenmeier, 2005)

La croissance économique au niveau planétaire risque d'être condamnée alors même qu'elle est incontournable dans les pays en voie de développement visant l'accession au bien-être matériel.

La maîtrise de son contenu dans les pays riches, voire une réflexion sur le thème de la « décroissance », devient alors un axe central de l'intégration de la contrainte environnementale si l'on accepte de prendre au sérieux les problèmes de pollution en même temps que l'on reste prudent sur les capacités du progrès technologique. Ce dernier doit être utilisé en priorité à réduire au maximum l'impact environnemental des pays en voie de développement industriel.

Parallèlement, dans tous les pays, la lutte contre les inégalités sociales doit devenir la priorité car cela permettrait de minimiser la quantité de biens nécessaires pour la satisfaction des besoins fondamentaux de l'ensemble des populations.

Le nord, doit (ré-) apprendre l'évidence que l'accumulation de richesse matérielle est une impasse. A la lumière des travaux empiriques, il apparaît que transformer la courbe environnementale de Kuznets en fait stylisé des rapports entre environnement et développement n'est pas une hypothèse raisonnée (et raisonnable) mais plutôt une tentative (idéologique) pour le moins osée de justification de la surconsommation des pays « riches ». (Barthélemy, 1995) (Boutaud, Brodhag, Gondran 2004)

## 1.2.4 Décroissance

L'étymologie du mot renvoie à l'action de décroître. Cela nous amène à réfléchir sur les finalités de l'évolution économique qui, en tout état de cause dans notre société, est indissociable de celle de l'homme.

Nos contemporains animés par des idéaux élevés ne peuvent se soumettre à cette vision de désespoir. L'homme, partie intégrante de la biosphère, ne peut se dissocier de la création et s'isoler dans l'espace défini par le temps de sa vie en sacrifiant égoïstement tout pour lui.

A l'image de la création en constante évolution, dont Georgescu-Roegen voulait qu'elle retrouve sa possibilité de croître, l'économiste américain d'origine roumaine conteste fortement le concept de développement durable en s'appuyant principalement sur la notion d'entropie : la transformation d'un produit ne se fait jamais avec un rendement de 100% et la production d'un objet se fait donc au prix d'une déperdition (matière, énergie, travail).

Nous utilisons plus de ressources que nous n'en produisons. Il considère donc que la croissance, nécessitant un travail croissant, est génératrice d'un désordre croissant. Il convient donc d'inverser les choses.

Il intègre dans sa réflexion une analyse thermodynamique pour abonder dans l'exigence de la décroissance.

(Georgescu-Roegen, 1995)

Plusieurs autres auteurs font l'apologie de la décroissance. Ils considèrent que quand bien même le développement est durable, il est orienté tel qu'il vise à transformer les rapports des hommes entre eux et avec la nature en marchandises.

(Bernard, 2003)

Nous sommes forcés de constater que beaucoup d'entre eux critiquent radicalement, non sans être dénués de sens, la croissance et le développement sans prioriser la protection de l'environnement, mais plutôt une conception des relations entre les hommes.

C'est avant tout la critique du modèle hégémonique dont la réussite sociale et les valeurs n'existent que dans la possession. C'est la " société de l'avoir " face à celle de " l'être ".

L'état du monde actuel soulève de nombreuses inquiétudes et c'est à juste titre qu'il faut enclencher le processus d'une dynamique ambitieuse portée par des valeurs universelles de haut rang.

Le changement et l'adaptation d'instruments de forme juridique, sociale et normative doivent permettre entre autre de nous ramener vers un avenir plus serein.

Mais cela est envisageable uniquement si les préférences collectives s'orientent vers cette société pour un environnement, au sens large du terme, "intact".

Ces dernières années, la pression exercée en faveur des réformes de la régulation sociale a vu apparaître une nouvelle législation environnementale ainsi que de nouvelles normes et mesures économiques pour protéger notre environnement.

Certaines entreprises ont suivi ce mouvement proactif. Les réformes progressent lentement chaque jour davantage vers une organisation sociale, tournée vers le long terme avec en son sein la protection de l'environnement. C'est alors que le désespoir d'antan laisse place à une approche positive du développement, le développement d'une croissance humaine positive.

L'économie est une science dotée de morale, elle ne peut se résoudre à l'évidence des conclusions scientifiques spéculant sur nos morts programmées. Les activités économiques et sociales sont des systèmes non figés, ouverts, en permanente évolution ; alors si le courant des penseurs de la décroissance affirme des évidences, il leur sera donné la possibilité de voir que les actions cumulées

des hommes et des femmes consciencieux renverseront ce désordre en un ordre nouveau, tendant vers des idéaux universels sans cesse plus élevés.

Des pistes émergent doucement afin de mettre l'économie au service de l'humanité. On observe l'apparition d'une volonté d'inscrire nos vies dans le principe de frugalité. Ces solutions nous invitent à revoir fondamentalement nos existences et les bienfaits d'une connaissance plus importante de soi. (Halèvy, 2010) (Foucaud, 2010) (Krishnamurti, 1995, 2001) (Ariès, 2011)

### **1.3 Développement, croissance et durabilité**

#### **1.3.1 Bref historique du concept de développement durable**

En 1951 est publié le premier rapport sur l'état de l'environnement dans le monde. Dans un contexte de sortie de guerre, l'œuvre de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN) trouve peu d'échos chez les décideurs politiques.

Malgré cela et au-delà des caractéristiques environnementales, les Nations Unies décident en 1960 de consacrer la décennie, au développement. Le principe d'une aide publique au développement de 1% des PIB est adopté.

Ils feront émerger la prise de conscience des dangers de la croissance économique à tout va, tant du point de vue des conséquences environnementales directes (déchets, fumées d'usine, pollution de l'air et des cours d'eau) qu'à plus long terme (épuisement des ressources, surexploitation des systèmes naturels).

En 1968, un groupe de réflexion voit le jour (Le club de Rome). Préoccupés par ces éléments, ils effectuent des recherches dont les travaux seront publiés en 1971 dans le rapport « *The Limits to Growth* » (*les limites de la croissance*). Ils s'inquiètent des répercussions de la croissance économique et démographique sur les ressources naturelles de la planète et tentent de démontrer, grâce à une simulation informatique, que la poursuite de la croissance économique entraînera au cours du XXIème siècle une chute brutale de la population à cause de la pollution, de l'appauvrissement considérable des sols cultivables, et de la raréfaction des ressources énergétiques. Le rapport préconise en conclusion qu'afin d'accéder à une société stable, il est impératif de traiter ensemble le développement et l'environnement.

Le rapport se heurte aux perceptions négatives des décideurs politiques. Ils voient alors en cela, la mise en péril de leurs stratégies de croissance économique.

Pendant ce temps est créé en 1971 en France le ministère de la nature et de l'environnement.

Dans le continuum de ces mouvements en 1972, est organisé à Stockholm le Sommet des Nations unies sur l'homme et l'environnement. Il jette les bases d'une nouvelle approche et contribue à l'émergence du concept d'écodéveloppement, conciliant deux approches apparaissant comme antagoniste celle du développement humain et de l'environnement. Il remet en cause le mode de développement unilatéral.

Les deux décennies suivantes verront apparaître de nombreuses contributions, apports et réflexions sur le sujet.

Le premier choc pétrolier de 1973 provoque un véritable choc des esprits et accentue le processus de prise de conscience collectif vers l'obligation d'une remise en cause du modèle dominant de développement soutenu.

Durant cette deuxième période d'approfondissement, les hypothétiques travaux d'origine sont amplifiés et soutenus par les différentes communautés scientifiques. Ainsi la pression exercée par

l'homme sur l'environnement peut dépasser les capacités d'assimilation de la biosphère. Une des caractéristiques majeures du développement durable apparaît : « la capacité de charge ».

C'est ainsi que le cheminement intellectuel des acteurs remet en cause les principes intrinsèques, au mode de vie, des pays dit industrialisés et se remet à observer l'herbe de son jardin plutôt que de vouloir modifier celle de ses voisins dits du Sud.

Le rapport Brundtland de 1987 « Our future commun », traduit en français en 1989 (Brundtland, 1989) définit que « le développement durable est un développement qui satisfait les besoins des générations présentes sans compromettre la capacité des générations futures à satisfaire les leurs » ; et prépare le sommet de la terre de Rio.

L'après Brundtland est marquée par une volonté croissante de bon nombre d'acteurs d'intégrer plus de justice et d'équité dans les notions du terme.

Le cercle de réflexion s'est élargi aux sciences sociales et leurs contributions ont permis d'éclairer le lien entre société et environnement.

De la genèse du concept dans la seconde moitié du XX<sup>ème</sup> siècle, à l'obligation, en France depuis 2004, d'introduire ces notions dans nos écoles, on s'aperçoit que le développement durable est devenu indispensable.

Il lui reste encore de nombreuses portes à ouvrir et de nombreuses barrières à lever, néanmoins au regard de son évolution, une certaine confiance peut se dégager sur les perspectives de son utilisation.

L'apport des communautés scientifiques a été très important, le complément de ses efforts scientifiques doit venir de la volonté de chacun de devenir acteur du développement durable et non plus observateur de cette dynamique d'ensemble.

*« Une vérité s'impose brusquement aux personnes les plus vigilantes et les plus soucieuses de l'intérêt public : le milieu naturel de l'homme est d'une importance capitale, et il est fâcheusement vulnérable. Nous pouvons être fiers d'avoir atteint la lune, et rabattre de notre superbe en constatant avec quelle humiliation nous avons fait de notre planète natale un bidonville. Longtemps une petite minorité a lutté pour la conservation de la nature. Elle n'est plus seule désormais : voici que la masse, en un vaste mouvement d'opinion, s'éveille et réagit contre le traitement déshonorant, contre les dégradations que l'on inflige à ce milieu dont elle découvre que l'homme a un besoin profond.*

*Dans le monde entier, on met au défi des valeurs morales périmées, des façons de faire qui sont d'autrefois. On mène de nouvelles études, on confirme les conclusions récentes et l'on met sur pied une multitude d'institutions, de lois et de programmes. Il n'est plus du tout prématuré de considérer que la somme de ces efforts équivaut à une révolution des affaires humaines, et qu'on peut la qualifier en employant un mot jadis peu usité mais aujourd'hui universellement répandu, de « bataille pour l'environnement ».*

*On disait souvent que c'est le hasard qui rend familier un problème et le nom qu'on lui donne, qui lui assure sa place dans l'esprit des gens informés et fait naître une littérature explicative ; ou qui au contraire le laisse informe, à l'abandon, sans identité »*

(Nicholson, 1973)

### **1.3.2 Caractéristiques du développement durable**

La progression du concept s'inscrit avec les caractéristiques suivantes.

### 1.3.2.1 Objectif « long terme »

Le développement durable s'établit dans la longue durée avec une triple interférence dimensionnelle : dimension sociale, dimension économique et dimension écologique.

Cette composante dimensionnée assure un lien étroit entre les objectifs économiques, sociaux et écologiques.

Ce point de vue engendre un constat simple : il apparaît difficile de concilier un strict équilibre entre elles.

Corine Gendron professeur à l'université du Québec à Montréal s'évertue à décrypter la complexité inhérente à la mise en place pratique d'une approche se voulant concilier le triptyque développement durable.

(Gendron, 2006)

Le long terme est l'une des préoccupations constante du développement durable. Il requiert une grande détermination des acteurs à agir dans ce sens.

L'objectif de développement qui s'inscrit dans une démarche à long terme, invite indubitablement à faire preuve de patience tant dans l'analyse de sa performance que dans son approche de gestion des ressources. (Adriaanse et al. 1997)

Dans une logique de marché orchestrée par l'adaptabilité permanente des stratégies et objectifs d'une entreprise, il existe la possibilité d'agir pour le long terme. Cependant cette visée nécessite la mise en place d'outils systémiques assurant une lisibilité permanente de l'effort entrepris.

Olivier Dubigeon décrit les procédés et méthodes actifs dans le but d'éclairer les résultats observables des entreprises ayant choisi d'apporter une contribution à ce paradigme.

(Dubigeon, 2002)

L'économie écologique offre une perspective plus élémentaire. Elle détermine que la durabilité d'un système ne peut se concevoir qu'une fois la durabilité écologique assurée.

Emmanuel Prinnet, de l'association 4d, œuvrant pour la promotion du développement durable, utilise une métaphore sur le sujet, des plus explicites, afin d'exprimer le clivage théorique existant face à l'approche dominante : « Quand on affirme que la répartition est l'enjeu majeur, on ne fait que réarranger les chaises sur le Titanic »

Cette discipline considère qu'une fois la durabilité écologique atteinte, il devient alors possible d'atteindre une durabilité économique.

Ils s'entraînent ainsi dans un mécanisme d'ensemble jusqu'à accéder à la durabilité sociale. C'est alors qu'ils forment par entremêlement le développement durable.

Ce principe étant le garant du bon fonctionnement d'un système économique à long terme.

Gabriel Wackermann, professeur émérite à la Sorbonne, conclut si habilement sur le sujet dans son ouvrage collectif intitulé, le développement durable.

« Il reste une incertitude incertaine, un flou compréhensible, un inachèvement propre à toute pensée et toute action humaine et sociétale. La prospective n'est pas une certitude, mais une probabilité poussée aussi loin que possible à la faveur de paramètres scientifiques confirmés »

(Wackermann, 2008)

### 1.3.2.2 Articuler global et local

Dans son ouvrage paru en 2004, Louis Guay professeur à l'université de Laval au Québec, présente les enjeux et les défis du développement durable. Il insiste sur la dimension planétaire des défis.

« *Le développement durable n'est plus uniquement une affaire d'agir localement et de penser globalement ; il faut aussi agir et penser conjointement globalement et localement. Les problèmes écologiques globaux (l'amincissement de la couche d'ozone, le réchauffement climatique, le déclin*

*de la biodiversité et à moindre degré, les pluies acides) témoignent des interdépendances écologiques ...Les interactions humaines se sont multipliées ; les activités, diversifiées ; la force de leur impact s'est accrue. Or la prise de conscience que les activités humaines risquent de bouleverser les grands équilibres est assez récente. Alors que dans le passé les pratiques économiques n'avaient des impacts que sur les milieux locaux, il n'en est plus de même aujourd'hui. Le risque de réchauffement climatique est constamment là pour nous rappeler l'échelle à laquelle les pratiques humaines peuvent avoir un effet global... » (Guay, 2004)*

Une fois le cadre du décor planté concernant les aspects inhérents à la croissance, il va de soit qu'une orientation qualitative de cette dernière devient inévitable. Philippe Jurgensen, membre de la Société d'Economie Politique et Professeur d'économie à l'Institut d'études politiques de Paris, présente dans son ouvrage de 2009 « les routes du paradis vert ».

Il se propose de faire la synthèse des solutions éprouvées, définit quatre grands domaines pour atténuer notre impact sur la biosphère afin de « découpler croissance et dégâts environnementaux » : « *La science et l'économie utilisées intelligemment ont une contribution décisive à nous apporter, mais il faut sans aucun doute aussi une forte volonté politique, à l'échelle mondiale et dans ces quatre domaines essentiels que sont : le freinage de la consommation des ressources et de l'effet de serre ; la mise en place d'une stratégie énergétique privilégiant à la fois les énergies nouvelles et le nucléaire ; la protection des ressources en eau, des forêts et de la biodiversité ; la lutte contre les déchets et les pollutions de toutes sortes* » (Jurgensen, 2009)

Cependant, les événements de Fukushima nous appellent à mesurer l'impact que peuvent avoir l'ensemble des paramètres associés à la mise en place d'une stratégie énergétique privilégiant le nucléaire. On constate alors que ces objectifs nécessitent des changements relatifs à la structure, la production et la consommation.

### **1.3.2.3 Conduite écologique**

Conduire les objectifs de la durabilité implique la transmission du capital naturel et culturel aux générations suivantes et la promotion des services de bien-être qu'elle peut nous apporter.

Ces conduites cherchent à réparer les erreurs commises dans l'ignorance des actions menées dans le passé. La correction des coups portés ne parvient pas à rétablir l'état d'origine des écosystèmes affectés. Cela représente les limites que l'état de nos techniques et de notre organisation sociale imposent à la capacité de l'environnement de répondre aux besoins actuels et à venir.

Dominique Bourg écologue scientifique expose succinctement les limites de la substituabilité technique ; « *la substituabilité des services rendus par la nature est donc d'abord un problème qui touche au rapport fondamental entre l'homme et la nature avant d'être un problème technique...Sur le plan technique...cette substituabilité est nécessairement partielle et de plus en plus réduite à mesure que l'homme atteint les frontières du système Terre...La réalité simple et brutale, est que nous connaissons encore très peu le système terre dont nous faisons partie, en particulier la diversité biologique qui l'a largement façonné au cours de son histoire...* »

(Smouts, 2008)

### **1.3.2.4 Aspects sociaux et éthiques**

Il paraît inopportun d'envisager un progrès réel, durable sans que la pensée et l'action n'aient un fondement éthique.

Avoir la connaissance pour chacun qu'il est préférable de s'établir dans une société responsable et raisonnable engendrerait de facto une prise de conscience collective de la nécessité de se comporter au mieux, d'agir au plus sage et d'être respectueux de nous-mêmes et de tout ce qui nous entoure.

L'éthique au cœur des préoccupations sociétales et des valeurs civilisatrices apporte la mesure nécessaire et complémentaire dans l'utilisation et l'aboutissement du progrès. Le théologien prix Nobel de la paix en fait l'éloge dans son ouvrage

*« Notre époque, dans son insouciance, en est arrivée à penser que la civilisation consistait avant tout en réalisations pratiques, scientifiques, techniques, artistiques et qu'elle pouvait bien se passer d'éthique ou n'en garder qu'un minimum »*

(Schweitzer, 1976)

Le développement, est appréciable quand il est maîtrisé et utilisé pour un aiguillage positif de l'orientation des mentalités et des comportements.

L'éthique en appelle donc au développement durable et repose sur un consensus.

A ce titre, le consensus de Washington élaboré au début des années 1970 et mort en 1998, a prouvé qu'un socle constitué « d'ultralibéralisme » ne pouvait être éthiquement admissible, car à peine un tiers de siècle aura suffi pour mettre en lumière le caractère court-termiste et suffisant de cette approche économique-politique.

(Stiglitz, 2001)

L'ambition s'oriente vers la construction éthique d'un ensemble de problèmes à résoudre.

(N'Guyen, 1998)

Face aux inégalités de revenus, de fortunes, de redistribution et les contraintes telles que la famine, la pollution, l'ignorance, ou la migration, une nouvelle construction doit surgir, celle de la fraternité, de la solidarité, de la générosité... antagoniste à l'égoïsme et la cupidité des choix. Cela exigera une forte responsabilité entre les générations.

(Stiglitz, 2011)

### **1.3.3 La croissance durable**

La popularisation de ce terme, souvent employé dans les milieux politiques (CEDD, 2010) a permis de propager son utilisation dans toutes les strates de la société. Le succès rhétorique du développement durable profite de l'ambiguïté associée au terme et de sa nature réconciliatrice face à la croissance. (Criqui, 2007)

Compromis, par essence, il s'appuie sur une théorisation des objectifs du terme dont un consensus mondial fut trouvé autour de l'ambitieux rapport Brundtland, relatant la nécessité de faire tous les efforts pour répondre aux besoins du présent, sans compromettre la capacité des générations futures, tout en les satisfaisant.

Le rapport énonce toutes les propriétés caractérisant le terme. Il met aussi en avant deux concepts : le concept de « besoin » et notamment, des besoins essentiels des plus démunis, à qui il convient d'accorder la plus grande priorité, ainsi que celui des limitations que l'état de nos techniques et notre organisation sociale font peser sur la capacité de l'environnement à répondre aux besoins présents et futurs.

Apparaissent ainsi clairement les trois piliers économiques, social, environnemental et l'impérieuse nécessité d'équité intergénérationnelle.

(Commission des Nations Unies, 1988)

Ce document ressource peut alors servir à l'établissement d'une stratégie de croissance intégrant la durabilité. Il désigne les conditions nécessaires d'une croissance durable.

Outre le fait de préciser que les politiques strictement économiques peuvent influencer le taux naturel de croissance, R.M Solow indique que les choix politico-économiques liés à la croissance ont une portée limitée mais importante.

Aussi nombreux sont les acteurs du développement, aussi nombreuses sont les mises en pratiques et interprétations de ces stratégies.

« Un bon choix de politique économique dépend d'aspect subtils de l'environnement économique et des préférences collectives. Il n'y a aucune raison de suivre une politique, parce que les Allemands, les Japonais, les Américains ou même les Anglais l'adoptent » (Solow, 1972).

C'est justement sur les préférences collectives, mises en avant par R.M Solow, que la notion moderne de soutenabilité/durabilité dégage un consensus dans la perspective de voir évoluer ses trois dimensions.

Dans sa dimension environnementale, la durabilité implique un mode de développement qui respecte et préserve les ressources naturelles et n'amène pas à dégrader la biosphère par effets négatifs (pollution, destruction...). Il s'agit de veiller à préserver la capacité de reproduction de l'environnement en luttant contre les pollutions, en protégeant les ressources non renouvelables et en diminuant les dépenses d'énergie.

Dans sa dimension économique, la durabilité provoque la transmission d'une génération à l'autre de la capacité productive dont disposent les sociétés. R.M Solow le définit comme « capital total par tête ». On retrouve dans ce capital total, le capital industriel, humain et naturel dont les ressources doivent servir à la production ou à la satisfaction des hommes.

Dans sa dimension sociale, elle implique la transmission des ressources entre les générations, les possibilités et les droits permettant d'accéder au bien-être, que ce soit pour les besoins essentiels (alimentaire, logement, santé, éducation), les services ou un certain nombre de bien marchands et non marchands (spiritualité).

Elle veille une nouvelle fois à appliquer le principe d'équité intergénérationnelle en conduisant vers une société équitable.

Cette nouvelle vision de la croissance dépasse et transcende la vision de l' « homo economicus », les aspects de revenu par habitant et l'extension continue de la production et des échanges.

## **1.4 Analyse économique du développement durable**

Nous livrerons ici les principales étapes de l'analyse économique du développement durable, leurs considérations envers les différentes dimensions de l'objectif. Sera plus particulièrement développée la présentation de l'économie écologique, correspondant davantage à notre vision analytique de l'aide à la décision, visant le développement durable, car fondée sur la faible comparabilité des valeurs et l'évaluation multicritère élargissant l'évaluation monétaire.

### **1.4.1 Etapes de l'analyse économique**

La science économique, par l'intermédiaire de différents courants de pensée, contribue à l'émancipation du terme développement durable, enrichissant ainsi le débat public de ces différents points de vue. Trois étapes de l'analyse peuvent être distinguées : l'économie du marché efficient, l'économie de l'environnement et l'économie écologique. Elles sont brièvement abordées dans ce qui suit.

L'économie du marché efficient considère que le progrès technique peut résoudre les problèmes environnementaux dans un contexte de marché concurrentiel. La disparition progressive des ressources (minérales, végétales,...) modifie la valeur de son prix sur le marché. La variation de ce prix incite les acteurs du marché à adapter leurs comportements. Les outils de production intègrent de nouvelles technologies. Les consommateurs adaptent à leur tour l'acte d'achat en fonction des changements de prix. Comme son nom l'indique, l'économie du marché repose sur la régulation économique de l'environnement par le marché. C'est en terme de politique économique et à la visualisation de notre réalité économique, qu'apparaît l'incomplétude de ce courant ; il suffirait ainsi de faire confiance au marché pour nous protéger des dégradations de l'environnement.

L'économie de l'environnement admet qu'il convient d'apporter des correctifs au fonctionnement du marché. Ce courant s'imprègne de l'économie du marché efficient tout en considérant le milieu naturel comme externe au fonctionnement des marchés. Il prône l'intervention étatique par incitation et soutient la promotion d'instruments conformes au marché, comme les taxes pour l'environnement et les droits de propriété sur la faune et la flore. (Beaumais et Chiroleu-Assouline 2001)

L'économie écologique joue pleinement le jeu du développement durable en l'abordant sous plusieurs dimensions. Elle se veut combiner plusieurs instruments afin d'initier une stratégie globale et locale, en intégrant de véritables indicateurs du développement durable. L'environnement est une priorité et ce sont aux activités économiques de s'y adapter. Le fonctionnement des marchés est considéré comme externe au milieu naturel et comme socialement construit. Voici comment Jacques Stambouli, maître de conférences au sein de l'unité d'Études et Recherches Économiques Interdisciplinaires de l'Artois, appréhende le courant : « ...l'économie écologique n'est pas figée. Ce n'est pas un mode de production qui succéderait brutalement à un autre en instaurant la dictature d'une classe exploitée sur une classe exploiteuse...C'est plutôt la prise en compte « de la complexification » des sociétés humaines sur notre petite planète-patrie ; une organisation de la production, de la répartition et de la consommation selon une démarche socio-économique solidaire sur la longue durée ; la prise en compte d'un nouveau niveau - le global -, et de nouveaux problèmes pour les sociétés humaines qui doivent les résoudre en tenant compte de leurs différences culturelles, spatiales, sociales... » (Stambouli, 2008)

On s'aperçoit bien aux travers de ces approches synthétiques, du potentiel de conflit intrinsèque au concept de développement durable dans les différents courants économiques. Ces clivages influencent les décideurs politiques dans leurs prises de position publiques. Ils ont pénétré tous les thèmes, allant de la globalisation à la croissance, en passant par le développement ainsi que les sphères associées : marchande privée, non marchande publique jusqu'à atteindre l'intervention publique. (Rodrick, 1997)

Différentes étapes	Implications théoriques	Approches
Economie du marché efficient	Théorie de la concurrence Théorie de la croissance	Analyses utilitariste et coûts-avantages monétaires
Economie de l'environnement	Théorie des biens publics Théorie des droits de propriété Théorie des ressources naturelles	
Economie écologique	Théorie du recyclage des déchets Théorie des écosystèmes Théorie de la formation des normes et des valeurs	Analyse multicritère, participative

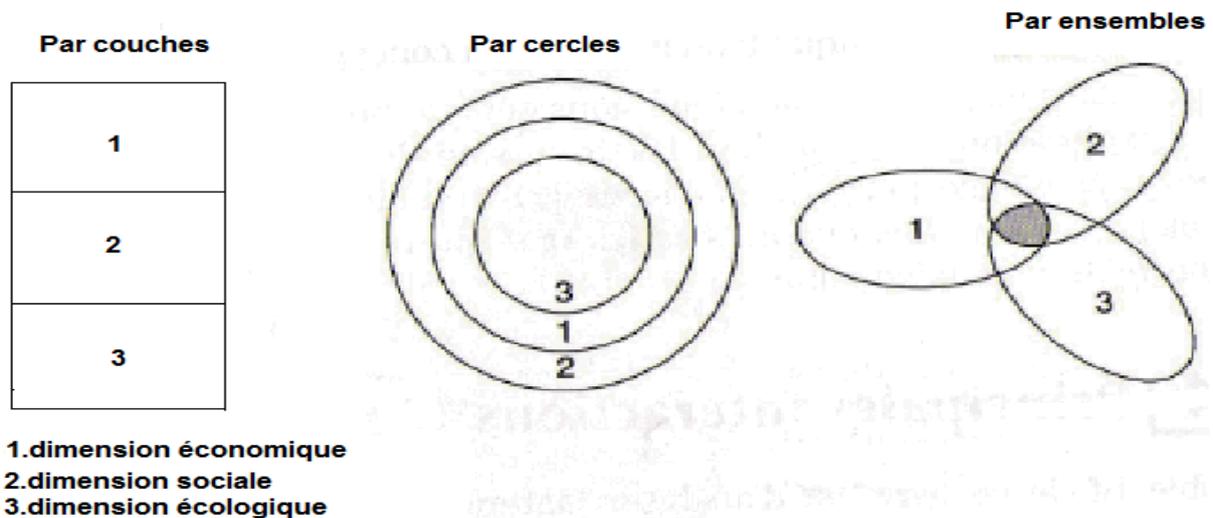
**TABLEAU 1.1 DE LA CROISSANCE ECONOMIQUE AU DEVELOPPEMENT DURABLE**  
(Extrait de l'ouvrage « Economie du développement durable » de Beat Burgenmeier, 2005)

Le tableau 1.1 formalise et caractérise l'implication théorique et l'approche pratique des différentes étapes économiques.

Malgré les présentes divergences et l'étendue des possibilités de mises en place pratiques, orchestrées par les différentes priorités des acteurs, visant à inscrire une politique de développement durable, il existe des points de convergence fondamentaux dans l'interprétation du concept de développement durable.

- Sans la réduction des inégalités sociales dans le monde il ne peut y avoir une protection de l'environnement efficace.

- Le principe de précaution doit guider le concept d'équité intergénérationnelle. ((Jonas, 1990) désigne cet impératif par la formule « In dubio pro malo»).
- L'interdépendance dimensionnelle du développement durable entre l'économique, l'écologique et le social. Les figures ci-dessous illustrent les représentations les plus fréquemment utilisées.



**FIGURE 1.1 REPRESENTATIONS GRAPHIQUES DU DEVELOPPEMENT DURABLE**  
 (Extrait de l'ouvrage « Economie du développement durable » de Beat Burgenmeier, 2005)

La représentation par ensembles est la plus couramment utilisée. Visuellement parlante, on perçoit clairement les intersections, avec au centre le développement durable autour duquel gravitent les trois dimensions associées.

L'objet d'approfondissement de l'étude se concentre sur la dimension économique de cette figure. On constate que les trois courants, exposés précédemment de façon synthétique, ne se confrontent pas les uns avec les autres mais sont parties prenantes de la dimension économique, assurant de ce fait une complémentarité nécessaire à l'aboutissement d'un projet sociétal.

### 1.4.2 Considérations des dimensions du développement durable

On appréhendera ici les interactions et priorités des dimensions du développement durable, du point de vue de la science économique.

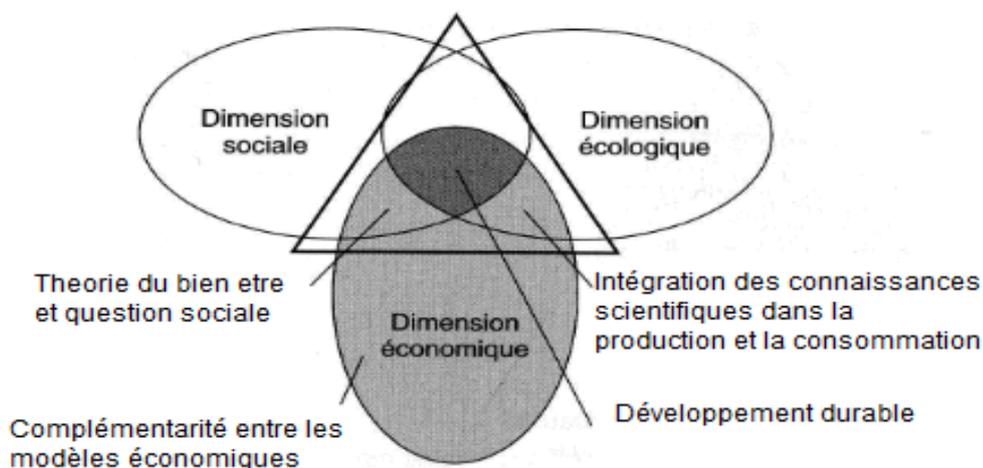
La dimension écologique concerne l'étude de la biosphère intégrée dans les disciplines des sciences naturelles. La science économique concourt à l'apport d'analyse scientifique afin de déterminer comment la production et la consommation sont assimilées et comment les incitations économiques peuvent influencer cette assimilation.

La science sociale et humaine aborde de façon prédominante la dimension sociale.

La science économique aborde cette dimension par la théorie économique du bien être confrontée depuis son origine aux aspects sociaux. La mise en pratique du développement durable bouscule le processus social par nécessité de changement, induit par l'ouverture d'une problématique environnementale. Dans ce cadre, les aspects sociaux doivent être étudiés en relation profonde avec l'environnement.

L'interface tridimensionnelle symbolisée par un triangle, sur la figure 1.2, fait référence à la formation de valeurs communes aux trois dimensions. La zone triangulaire concerne toutes les interfaces du développement durable.

La figure 1.3 dévoile par triangularité le contenu du triangle.



**FIGURE 1.2 PRINCIPALES INTERACTIONS DU DEVELOPPEMENT DURABLE**

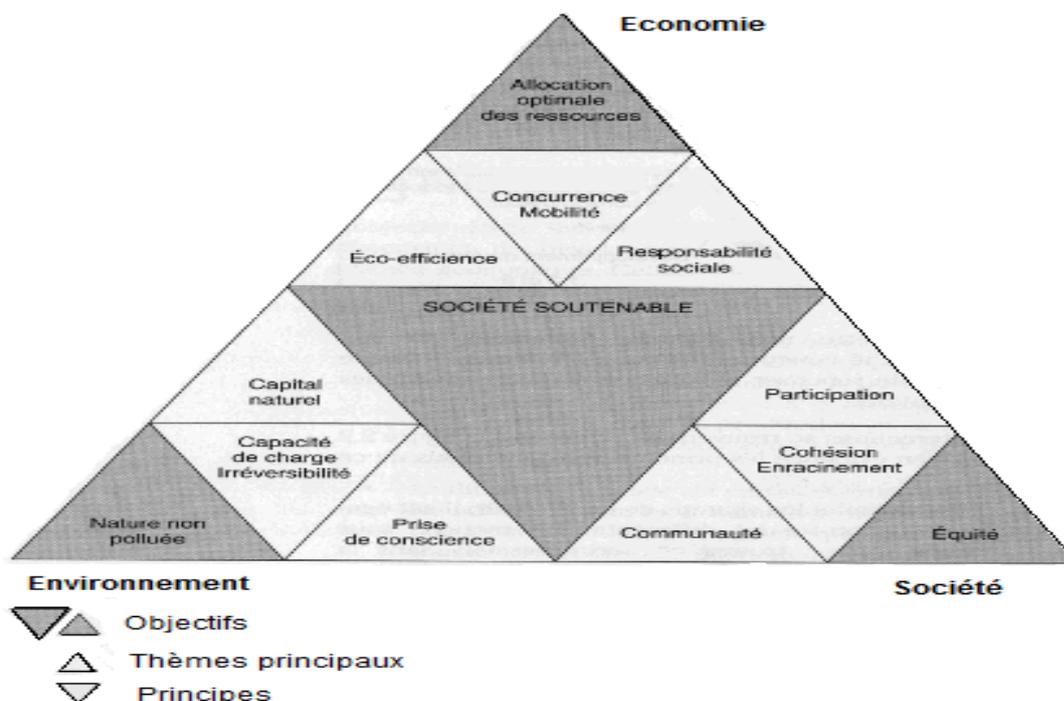
(Extrait de l'ouvrage « Economie du développement durable » de Beat Burgenmeier, 2005)

Outre ces interactions, la priorité accordée à chaque dimension du développement durable est variable selon les approches économiques, comme précisé au tableau 1.2. Le nombre de signe x indique le poids de la contribution des différentes approches.

	Dimensions du développement durable		
	Économique	Écologique	Social
<b>Marché efficient</b>	xxx		
<b>Economie de l'environnement</b>	xx	x	
<b>Economie écologique</b>	x	x	x

**TABEAU 1.2 POIDS DES DIMENSIONS SELON LES APPROCHES ECONOMIQUES**

(Extrait de l'ouvrage « Economie du développement durable » de Beat Burgenmeier, 2005)



**FIGURE 1.3 INTERACTIONS DU DEVELOPPEMENT DURABLE**

(Extrait de l'ouvrage « Economie du développement durable » de Beat Burgenmeier, 2005)

Par ailleurs, Faucheux et Noël (1995), distinguent les approches de durabilité faible et forte.

Le développement durable cherche à associer les efforts de chacun dans le but d'établir une coopération. Le projet se veut participatif car il doit dépasser le cadre des experts. Les enjeux sont communs, toute la société est exposée à la pollution et les solutions doivent se trouver ensemble dans un projet sociétal participatif.

L'expression de cette idée se trouve dans l'agenda 21 de la conférence de Rio de Janeiro en 1992. Elle met à contribution les acteurs locaux pour participer à rendre opérationnel le concept de développement durable.

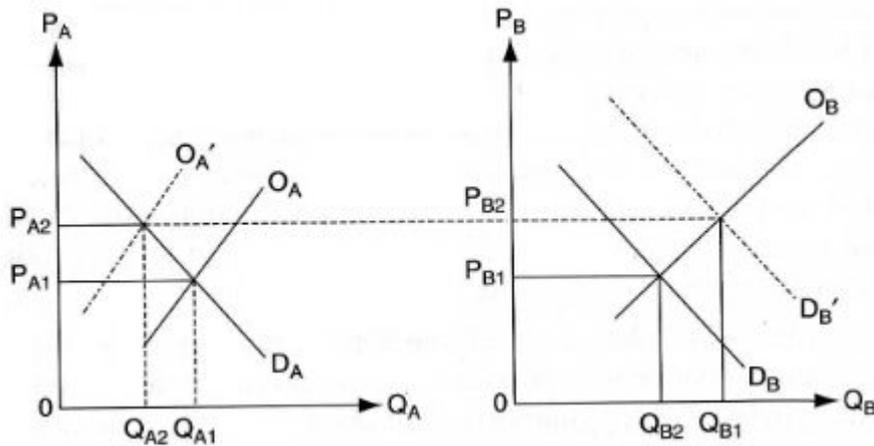
Nous allons préciser l'évolution de l'analyse économique pour aboutir sur un raisonnement interdisciplinaire adapté aux défis contemporains. La science économique accorde à la concurrence davantage de crédit qu'à la coopération pour étudier l'efficacité des marchés. Nous étudierons comment et pourquoi l'idée d'organiser l'économie sous forme coopérative est préférable à l'approche concurrentielle (Rotillon, 2010). Pour cela nous dépasserons les limites établies par un raisonnement schématique de l'activité économique.

### 1.4.3 Marché et problèmes environnementaux

Le fonctionnement concurrentiel des marchés pourrait contribuer à protéger l'environnement (Baden, 1997). Nous allons observer un raisonnement en statique comparative, illustrant l'importance existante lors d'un changement de prix entraîné par une contraction de l'offre.

Dans ce cas le bien A concerne le pétrole, sa production et sa consommation occasionnent une pollution plus importante que le bien B caractérisé par l'électricité d'origine éolienne.

En situation initiale on considère que le prix du pétrole est égal à celui de l'électricité d'origine éolienne, par le rapport entre PA1 et PB1 égal à 1.



**FIGURE 3.2 CHANGEMENT DES PRIX RELATIFS ET SA CONTRIBUTION A LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT**

(Extrait de l'ouvrage « Economie du développement durable » de Beat Burgenmeier, 2005)

La rareté croissante du pétrole entraîne une contraction de l'offre sur le marché exprimée par ( $OA'$ ). Son prix devient supérieur à celui de l'éolien ( $PA2$ ), qui plus attractif voit sa demande augmenter. La figure 3.2 le caractérise par le mouvement du bien B vers ( $DB'$ ) incluant un nouveau prix ( $PB2$ ). Ainsi le prix du pétrole est à nouveau égal au prix de l'énergie produite par éolienne, mais les réajustements du marché vont vers une meilleure protection de l'environnement.

La quantité de bien A échangé a diminué sur le marché du pétrole ( $QA1$ ) à ( $QA2$ ) entraînant une réduction de la pollution.

Sur le marché du bien B, on observe une augmentation des échanges ( $QB1$ ) à ( $QB2$ ). La vente du bien moins polluant est stimulée.

Ce raisonnement montre « l'effet » signal exercé par les prix réorientant les préférences du consommateur vers le bien B, censé stimuler une technologie moins polluante.

Notre réalité économique n'observe que trop peu rarement ces effets de substitution théorique.

Récemment un rapport sur la volatilité du prix du pétrole accentue nos inquiétudes sur le rôle déterminant joué par les marchés financiers pour la définition du prix.

Lors des intenses fluctuations de 2008-2009 le pétrole atteignit un prix culminant de 145 \$ Baril, rechuta à 36 \$ puis remonta vers 80 \$ " ce qui paraît antinomique avec l'état des fondamentaux physiques" (Chevalier, 2010)(Dubois, 2007)(Ancel, 2009).

La question du prix du pétrole débouche incontestablement sur la problématique de la régulation des marchés financiers.

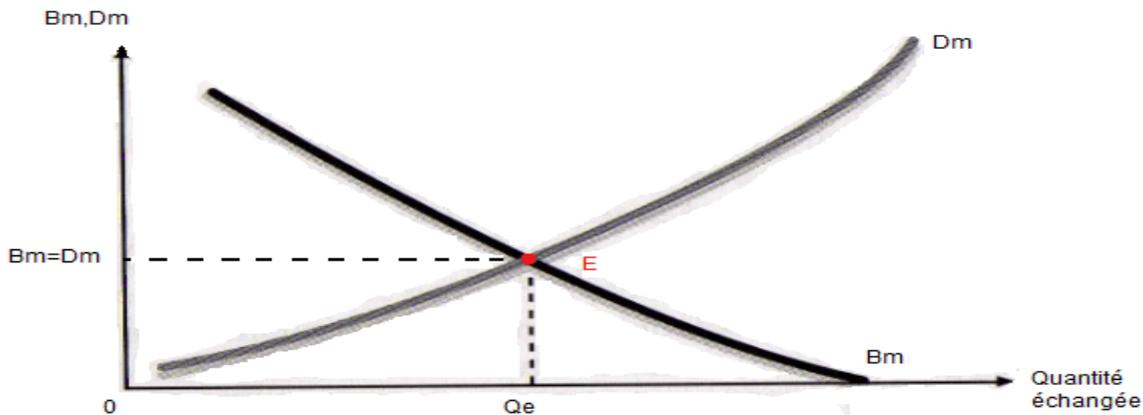
La lenteur des ajustements des marchés menés par des puissances antagonistes ou la concurrence imparfaite relève des échecs de marché qui justifient une intervention de l'état.

Cependant, aujourd'hui l'état ne peut se focaliser uniquement sur les questions environnementales car cela nous amènerait à reproduire les erreurs du passé en ne privilégiant qu'un pilier au détriment des deux autres (le pilier économique et le pilier social). L'objectif étant de mener une progression en équilibre sur les trois dimensions.

### 1.4.3.1 Economie de l'environnement

L'approche néo-classique de l'économie de l'environnement consiste à analyser les conséquences d'un certain nombre de défaillances du marché et la détermination de remèdes qui peuvent y être apportés. (Baumol, Oates 1988)

Le raisonnement marginaliste s'applique à déterminer le niveau optimal de pollution en comparant les dégâts environnementaux et les bénéfices attendus de l'activité économique.



**FIGURE 3.3 NIVEAU OPTIMAL DE POLLUTION DU POINT DE VUE ECONOMIQUE**

Extrait du site Google image

Le graphique relate le fait que les dégâts marginaux s'accroissent avec la quantité échangée (Dm) tandis que les bénéfices marginaux en sont une fonction décroissante (Bm).

A l'optimum ( $Bm=Dm$ ) et  $Qe$ =la quantité échangée à l'intersection E.

Le raisonnement économique ne cherche pas à éliminer les nuisances, il amène à déterminer un niveau optimal de pollution. Le ratio économique de la quantité produite la plus élevée possible s'exprime à l'égalité entre Dm et Bm. Accroître la production au-delà de  $Qe$  entraîne des dégâts marginaux plus importants que les bénéfices marginaux.

L'économie de l'environnement aborde donc les problèmes de pollution exclusivement en termes d'optimisation. Seul le critère de restauration de l'efficacité économique importe. Il vise à faire disparaître par la concurrence les rentes de la demande et de l'offre.

Or, pour la dimension environnementale cela pose un problème de resquilleur car il y a dissociation entre le coût collectif de la pollution et le bénéfice individuel de la production. Par conséquent, personne ne trouve un intérêt à prendre en charge les coûts externes à la production.

Il est ainsi loisible d'effectuer le constat suivant : profiter de la nature sans participer à la dépollution implique une divergence des intérêts individuel et collectif, seul l'état garant des intérêts communs peut remédier à ces dérives de marché.

### 1.4.3.2 Echecs de marché et intervention de l'état

Un échec de marché s'observe quand le bénéfice d'un agent provenant d'une activité économique inflige un coût à un tiers. Si le coût marginal est inférieur au revenu marginal attendu parcequ'un tiers supporte une partie de ce coût, il y a échec de marché. Ce coût social nécessite une intervention.

L'intervention de l'état s'argumente autour de deux raisons fondamentales. L'une pour des raisons objectives liées à la situation monopolistique naturelle de l'Etat, particulièrement dans les infrastructures. L'autre pour des raisons normatives en rapport avec les objectifs politiques du pays tels que l'offre d'une prestation nationale sur l'ensemble du territoire.

En pratique il est délicat de distinguer l'une de l'autre soulevant ainsi un problème normatif. Dès les années 1930 cette problématique interpelle les économistes. Les partisans de la taxe environnementale comme A.C Pigou souhaitaient que l'Etat opère un transfert de personnes à revenus élevés vers les revenus faibles. En se basant sur la constatation suivante, un transfert des revenus haut vers les revenus bas produit une augmentation du bien-être économique Cette politique de redistribution de revenu par le biais d'une fiscalité à taux progressif intègre le cadre de la théorie du bien-être.

Robbins considéra qu'un marché confronté à une externalité n'a pas de fondement scientifique. Il observe que les économistes ne disposent pas de critères objectifs pour évaluer des valeurs sociales. Roy Harrod critiqua Robbins en prétextant que de telles conclusions annihileraient toute recommandation politique issu d'un raisonnement économique théorique car toute politique avantage les uns et gêne les autres.  
(Burgenmeier, 2000)

Cependant l'état ne peut se justifier que sur le plan normatif car cela serait trop radical. Au-delà de ce constat l'observation des défis provoque une remise en question de la pertinence des choix des mesures à périmètre national car les enjeux posés par la pollution sont d'envergure internationale. Il n'existe pas de frontière dans la biosphère. Le périmètre alloué pour ces raisonnements paraît donc très étroit pour lutter contre ses dérives. Cependant il apparaît que c'est en étant « l'exemplarité » que nous parvenons à terme à hisser ces problématiques au rang de défis communs.

Les compromis dans les choix doivent prendre des orientations tangibles soit on défend les pollueurs soit on défend les pollués. Il est improbable de croire qu'on pourra faire les deux durablement. La taxe carbone en est une parfaite illustration.

Échec	Exemple	Action
Manques d'acteurs économiques pour garantir un mécanisme concurrentiel	Concurrence imparfaite sur les marchés environnementaux	Politique de concurrence
Effets externes	Surexploitation des ressources naturelles	Internalisation des coûts-sociaux
Distribution de revenus et de fortunes non équitable	Dimension sociale du développement durable	Politiques sociales
Hasard moral et sélection adverse, condition d'incertitude	Information asymétrique	Assurances
Vitesse d'ajustement trop lente	Evolution du prix du pétrole	Taxation
Incitation à l'investissement socialement sous optimal	Investissements "verts"	Politique technologique
Marchés manquants	Biodiversité, faune, flore etc...	Création de nouveaux marchés

**TABLEAU 3.1 LISTE NON EXHAUSTIVE DES ACTIONS PUBLIQUES FACE AUX ECHECS DE MARCHE**

(Extrait de l'ouvrage « Economie du développement durable » de Beat Burgenmeier, 2005)

L'état possède une large palette d'intervention, les principaux s'articulent de la façon suivante : Promouvoir la concurrence ; Accroître l'internalisation des effets externes par une approche tridimensionnelle basée sur le concept de développement durable ; Favoriser l'équité sociale face aux problématiques environnementales ; Assurer les incertitudes de marché ; Déployer des outils de taxation pour renverser les écarts de prix en faveur des biens et services environnementaux ;

Inscrire, par investissement participatif, les industries dans une démarche durable ; Promouvoir la protection de la biodiversité par des marchés et non l'inverse.

Il existe aussi une multitude d'option pour le choix des instruments de sa politique d'intervention : Par le contrôle, la régulation juridiques, ou en cas de nécessité par l'application de mesure de police ; Par accords volontaires entre l'Etat et les acteurs économiques afin d'accompagner vers un objectif normatif ou éventuellement regrouper différents acteurs vers un objectif commun de protection de l'environnement ; Puis anticiper et prévoir les instruments grâce aux expériences passés.

L'approche analytique des instruments de protection dépend du rapport entre la société et la nature. Cette relation est très variée à l'échelle du globe, les Norvégiens n'ont pas la même approche que les Américains.

L'économie de l'environnement aborde ces relations de deux manières.

### **1.4.3.3 Environnement en tant que bien public**

Dans ce cadre trois caractéristiques majeures apparaissent :

- Il ne doit pas exister de rivalité dans la consommation d'un bien environnemental (Principe de non-rivalité)
- Son usage ne doit pas occasionner un facteur de nuisance
- Tout le monde doit pouvoir avoir accès à l'environnement (Principe de non exclusion)

#### ***Règle d'internalisation***

La règle d'internalisation des effets externes est conforme au principe pollueur/payeur. L'état corrige par une technique visant à déplacer le coût social dans le calcul économique du pollueur.

La prise en compte de ce coût obéit à la configuration du marché et ses « élasticités prix ». Cette élasticité engendre des coûts sociaux soit plus à la charge du consommateur, soit plus à la charge du producteur. La règle d'internalisation est régie par des valeurs respectives d'élasticité prix.

Cela provoque une exclusion du marché des consommateurs les moins solvables et des producteurs les moins efficaces.

L'état atténue cet effet d'exclusion par une redistribution de la recette fiscale. Des efforts visent à réduire la pollution qui en tout état de cause ne peut être entièrement éliminée.

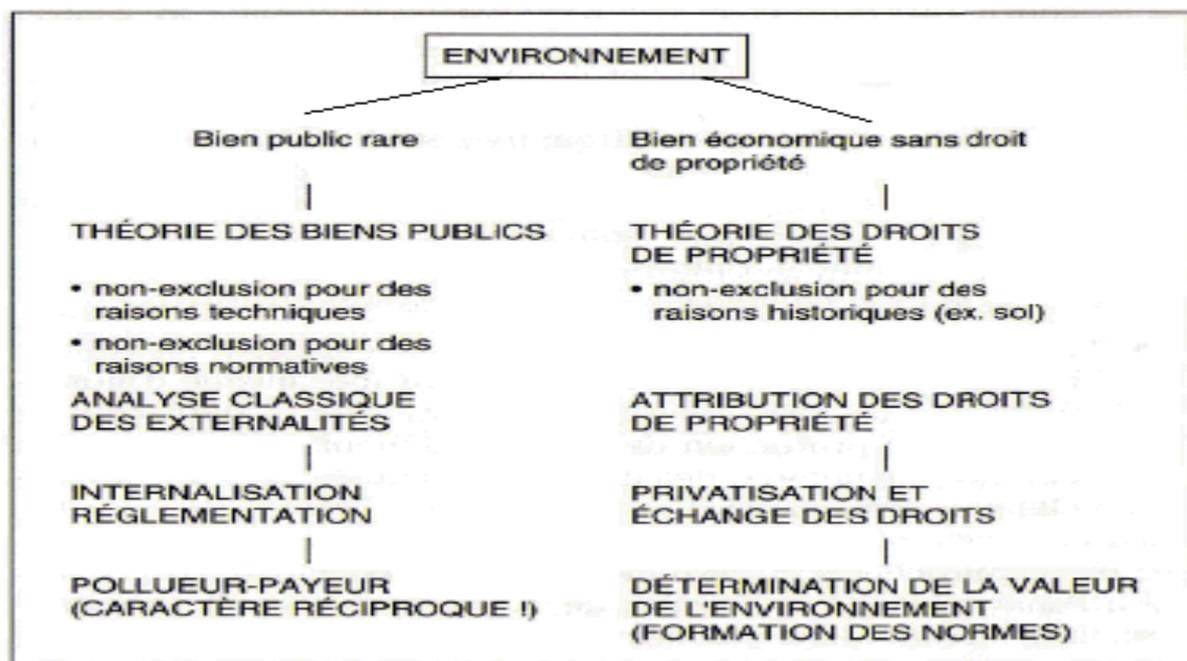
En recyclant les ressources productives, en prolongeant la durée de vie des produits, en utilisant moins de ressources pour la même quantité de biens et en mettant en place des procédés d'élimination de la production. Comme le déclassement d'outil de production.

#### ***Critiques du principe « pollueur payeur »***

Le revers de cette approche pose des inconvénients plus particulièrement dans l'identification du pollueur car il est difficile dans des interactions complexes et dans la réciprocité des actions polluantes de cerner le ou les pollueurs. D'où l'intérêt d'agir avant l'origine de la pollution, sur les causes.

Ceci implique des litiges de responsabilité entre les marchés devant faire l'objet d'intervention. Amenant les juges à trancher sur le terrain normatif et non plus économique, déplaçant ainsi le débat vers un cadre législatif.

La multitude de contrainte litigieuse a contribué à favoriser l'environnement en tant que bien économique.



**FIGURE 3.4 DEUX CONCEPTIONS DE L'ENVIRONNEMENT**

(Extrait de l'ouvrage « Economie du développement durable » de Beat Burgenmeier, 2005)

#### 1.4.3.4 Environnement en tant que bien économique

Dans cette approche l'objectif est de créer des nouveaux marchés visant à échanger des droits de propriété en confrontant l'offre et la demande afin de déterminer la valeur de l'environnement par les prix.

##### *Principes d'attribution des droits de propriété*

L'échange de certificats d'émissions polluantes est l'instrument principal de résolution des problèmes liés à la pollution.

L'approche soulève deux problèmes l'un est relatif à la conception morale d'une telle approche, l'autre à la création et le fonctionnement de nouveaux marchés.

Les droits de propriété impliquent l'acceptation du droit à polluer. Les certificats d'émission sont des instruments de réduction de la pollution. L'attribution des droits de propriété situe la régulation dans l'aménagement institutionnel.

On applique la référence privée des normes et des formules juridiques pour cet aménagement face aux préférences collectives privilégiées dans l'approche des biens publics.

Il existe un conflit d'intérêt dans l'attribution des droits de propriété relatifs à l'utilisation d'une ressource naturelle. Ce conflit est la conséquence de la rareté croissante de la ressource surexploitée par deux activités.

C'est le juge ou le parlement (en fonction des préférences collectives) qui adopte une loi réglementant l'attribution des droits de propriété.

Le fruit de ces négociations répond favorablement au théorème de Coase considérant que cette négociation comme le marché conduit à l'allocation optimale des ressources.

L'attribution des droits de propriétés garantit leur échange sur le marché mais ne contribue pas à une allocation optimale de la ressource.

Cette approche suscite de nombreuses critiques tant sur le fond que sur la forme.

### ***Critiques de l'attribution des droits de propriété***

La création d'un système permissif au droit à polluer se heurte à une opposition forte car elle est perçue comme la privatisation de l'environnement ou des services rendus par l'environnement.

Les détracteurs cherchent en vain tout sens d'équité qu'il soit générationnel ou social.

Le théorème de Coase souffre de la réalité pratique de sa mise en application. Il existe un fossé entre la théorie et la pratique. Deux nombreux coûts de transaction s'observent lors des négociations (organisation, formation, information...) Si les coûts dépassent les bénéfices, l'allocation optimale de la négociation devient caduque.

On constate que les arrangements institutionnels peuvent dépasser l'analyse économique au sens strict et la propriété publique peut exercer une exploitation soutenable des ressources. La théorie des droits de propriété est inopérante pour l'air et les paysages non pollués.

On s'aperçoit que cette approche se distingue très nettement de la théorie des biens publics codifiés dans les lois. Elle confronte de façon conflictuelle raisonnement juridique et raisonnement économique.

L'une propose une réduction de la pollution à moindre coût par optimisation marginale, l'autre s'appuie sur un jugement moral issu d'un processus démocratique majoritaire.

Il est conceptuellement impossible de comparer les deux logiques car cela amène à comparer préférences individuelles et préférence collective.

Les valeurs et les normes ont une importance fondamentale dans nos sociétés. On s'aperçoit que la meilleure solution n'existe qu'en théorie dans ses principes de parcimonie.

Une troisième voie se propose de dépasser l'unilatéralité du raisonnement équilibré à vocation positive du marché en donnant lieu à une modélisation des enjeux du développement durable.

## **1.4.4 Economie écologique**

### **1.4.4.1 Fondements**

L'économie écologique est appelée à jouer un rôle déterminant pour réconcilier les théories et les politiques économiques avec les acquis généralement acceptés des autres disciplines scientifiques.

La théorie néoclassique doit faire face à une crise qui démantèle ses deux piliers fondamentaux portant sur la théorie du comportement humain, fondée sur les axiomes des décisions de consommation, et la théorie de la production incarnée par les notions de concurrence parfaite et de répartition fondée sur la production marginale.

Malgré les avancées majeures qui ont élargi le domaine de la théorie économique, le courant néoclassique persiste à formuler des avis erronés concernant les enjeux environnementaux et sociaux, notamment sur la disparité croissante des revenus, les variations climatiques et la perte de biodiversité.

Aujourd'hui c'est tout un ensemble de lauréats du prix Nobel qui se situent hors du cadre du modèle Walrasien de l'équilibre général. Il est dorénavant admis que pour comprendre le contexte économique il faut saisir la nature des travaux correspondants aux sciences sociales et sciences naturelles.

Nous allons décrypter comment l'économie écologique plaide en faveur d'une démarche structuraliste, qui catégorise consommation et production dans le cadre d'un processus social et biophysique unifié.

### ***Regard chronologique d'une discipline***

L'essence historique du domaine de recherche d'économie écologique fut inspirée par la sociologie, l'histoire des sciences, les sciences cognitives, le commerce international, la biologie ou l'écologie.

Les inspirations théoriques proviennent d'une certaine convergence qui vit émerger plusieurs compartiments d'études. La structure théorique de recherche encadrant ses compartiments fut l'objet d'une réflexion portée par des prérogatives associées aux problématiques d'un système de recherche optimal. (Duchin, 2003)

Le cheminement intellectuel d'une réflexion, l'environnement social de la communauté de recherche ou du chercheur, les facteurs intellectuels externes favorisant l'émergence d'idées, le contexte institutionnel dans lequel évolue la discipline, les spécificités des facteurs économiques et politiques ou bien encore les influences sociales auxquelles la recherche est soumise : tous ces facteurs ont été agrémentés plus récemment par l'importance d'une innovation constante, de la mise en place de médiateurs facilitant la mise en relation des chercheurs avec les entrepreneurs concernés par le domaine de recherche.

L'établissement d'une organisation spécifique doit permettre de stimuler la recherche du secteur, ses idées, sa réputation et d'amplifier l'absolue nécessité d'une complémentarité entre recherches et chercheurs.

Des années 1960 à 1980, les bases de la discipline furent solidement établies avec des formulations modernes soutenues par un parterre d'acteurs. Ces derniers ont été influencés dans la seconde moitié du 20ème siècle par une prise de conscience, qui émergea suite à l'observation de la pression croissante exercée par l'homme sur la biosphère. Cette période fut décisive pour dresser les contours de la discipline.

### ***Conduite d'économie écologique***

L'orientation des choix d'une politique économique écologique chemine vers le bien commun. Le dépassement des intérêts individuels vers le bien-être collectif est réalisable.

Nombreux chercheurs opposent leur discipline à une autre, leur université à une autre,... jusqu'à opposer sciences et politiques. La démocratie est la somme des consciences individuelles. Cette complémentarité entre les individus, la science et la politique, est largement en mesure d'orchestrer les manœuvres issues d'une réorientation des priorités, afin d'intégrer pleinement le développement durable.

L'intention individuelle est à l'origine de l'intention collective. Cette dernière, dont la science est partie prenante, décide des orientations politiques à prendre. (Clément, 1996) (Descombes, 2000) (Fisette, 2003)

Il est vrai que l'économie écologique a intégré l'importance de la transdisciplinarité et des complémentarités à soutenir. Plusieurs disciplines appropriées s'unissent pour étudier les innombrables interactions caractérisant la complexité de nos systèmes, sans isoler un maillon parmi les autres de son ensemble. C'est une approche fondamentale de notre époque et ceci prévaut pour toutes les disciplines.

Les enjeux d'aujourd'hui impliquent de dépasser la dualité qui régent les politiques, sciences et/ou individus.

L'économie écologique, forte de son émergence, tente d'apporter des réponses pratiques à la vision conceptuelle des théories naturelles. La diffusion et le perfectionnement des outils existants permettront, en parallèle à d'autres actions, de conduire nos sociétés vers le développement durable.

#### 1.4.4.1.1 La démarche de l'économie écologique

La littérature économique écologique fait émerger des enjeux conceptuels majeurs qui sont le monisme de la valeur, le modèle de l'acteur rationnel, l'analyse marginale, le traitement de l'incertitude, le rôle de l'efficacité en politique économique et la production en tant que processus social et physique. Ces piliers méthodologiques sont présentés en vis-à-vis d'une démarche alternative.

Enjeu conceptuel	Économie de bien-être néoclassique	Alternative de l'économie écologique
Monisme de la valeur	Réduit la valeur à des unités monétaires mesurables; fonction d'utilité	Sépare la valeur en catégories non mesurables; évaluations multicritères
Acteur rationnel	L'entreprise et le consommateur, pris individuellement, au centre de l'analyse	Analyse les humains comme acteurs sociaux: consommateur opposé au citoyen
Analyse marginale	Statique comparative des changements marginaux	Reconnaît les changements discontinus et les effets totaux
Changements évolutifs	L'évolution comme optimisation contrainte, survie de la vision la plus correcte des résultats du marché, sélection basée sur l'individu.	Importance de la contingence, des accidents historiques, sentier de dépendance. Considère tant l'altruisme et la sélection du groupe que l'égoïsme
Incertain	Réduit l'incertitude au risque. Prise de décision: prise en compte des résultats du marché	Principe de précaution utilisé pour gérer l'incertitude pure. Orientation processus, prise de décision: prise en compte de la co-évolution.
Critères de décision	Efficacité comme seul critère, généralement en fonction des améliorations «parétiennes» possibles	Équité, stabilité et capacité de résilience des systèmes environnementaux et sociaux
Processus de production	Théorie de l'allocation de ressources fixes; fonction de production.	Production comme un processus biophysique, thermodynamique; démarche entrées/sorties élargie, production conjointe de biens et de déchets.
Actualisation	Actualisation linéaire des coût/avantages futurs	Reconnaît la différence entre la valorisation individuelle et la valorisation sociale du futur; dévalorisation hyperbolique

**TABLEAU 4.1 ENJEUX CONCEPTUELS MAJEURS**  
(Extrait de « La démarche de l'économie écologique » de Gowdy et Erickson, 2009)

Soulignons dans ce qui suit les principaux traits.

#### 1.4.4.1.2 Une alternative au monisme de la valeur

Le monisme de la valeur implique que tous les objets utiles possèdent des caractéristiques communes qui rendent leur comparaison possible. Au cours du XXe siècle, les économistes ont vigoureusement débattu autour d'un éventail de valeurs possibles pour finalement adopter durant la seconde moitié du XXème siècle une notion étroite de la valeur, limitée à la valeur d'échange sur le marché.

Un modèle du comportement humain supposant une rationalité stricte et un individualisme méthodique, l'hypothèse selon laquelle toute décision d'affectation qui est prise par une personne l'est indépendamment des autres.

Une analyse coûts-avantages monétaires va des préférences humaines aux choix faits dans le contexte du marché et de la, à la valeur du marché de ces choix. Les économistes écologiques font valoir que les liens de cette chaîne logique sont préservés si les préférences humaines ne sont pas décrites avec précision par les axiomes des choix de consommation ; limiter les choix à ceux faits dans le contexte du marché est inutilement restrictif.

Des observations portant sur les préférences exprimées pour des biens environnementaux nous montrent systématiquement que les préférences pour de nombreux paramètres environnementaux ne sont pas sujettes à des alternatives.

Grace aux études d'économie comportementale et de psychologie on observe l'existence d'effet de dotation, à savoir que les gens attribuent une valeur supérieure aux objets qu'ils possèdent déjà. Par effets d'actualisation hyperbolique, les gens préfèrent un petit avantage dans un futur proche qu'un avantage plus important dans un futur plus éloigné.

Ou bien d'une aversion à la perte, les gens détestent plus le fait de devoir accepter une perte que de bénéficier d'un gain équivalent. Se distinguent encore d'autres anomalies dans la théorie des choix de consommation. (Gintis, 2000)

L'effet de dotation est l'une des raisons expliquant la disparité entre les mesures du consentement à payer des changements de bien-être, et les mesures invariablement plus élevées du consentement à accepter.

Les mesures du consentement à payer sont quasiment utilisées en permanence pour mesurer les coûts/avantages environnementaux, alors que les mesures du consentement à accepter sont théoriquement plus appropriées. (Brown, Gregory, 1999)

L'existence de l'actualisation hyperbolique met en doute la validité de l'analyse coûts-avantages dans un avenir relativement proche à un avenir relativement lointain.

#### **1.4.4.1.3 La faible comparabilité des valeurs**

La pluralité des regards portés sur l'environnement entraîne des conflits concurrentiels de valeurs, d'intérêts, de communautés et de groupes le représentant.

Chacun considère la biodiversité, les paysages, les services rendus par la nature et les choix d'appropriation ou d'appartenance de façon légitimement différente. A titre d'exemple, les enfants dont les parents travaillent pour la préservation de l'environnement n'auront pas le même regard que ceux dont les parents travaillent pour l'utiliser ou le transformer à des fins commerciales. Ceci souligne simplement que les influences d'une orientation environnementale peuvent paraître bonnes pour les uns et mauvaises pour les autres.

Ce point de vue dissocie les regards humains en individualités propres, alors que l'humain, peu importe son regard, appartient à son environnement, qui le renvoie au cadre commun partagé par tous, la terre. Nous sommes donc par essence associés, tels les maillons d'une chaîne de vie prenant racine dans son milieu naturel. Certes, il existe des individualités composant une immense diversité, un ensemble, mais chacune s'isole dans son regard porté sur l'environnement. C'est donc la somme des regards et considérations qu'il faut prendre en compte pour dépasser les conflits ou oppositions, afin de voir émerger une vision commune œuvrant pour le sens commun.

L'approche utilitariste, impliquant une évaluation ou comparaison par un système de mesure monétaire, fut retenue pour résoudre les conflits d'un marché centré sur l'isolement temporel et spatial d'une individualité. Cette approche assume la monétarisation de l'environnement. L'économie écologique se questionne sur la justification de cette approche communément acceptée. La perspective philosophique distingue le concept de comparaison forte et celui de comparaison faible des valeurs, associant une commensurabilité forte par la mesure cardinale et une commensurabilité faible par l'approche ordinale. Les travaux réalisés sur le sujet avancent que l'économie écologique se fonde sur la faible comparabilité des valeurs (Martinez-Alier et al., 1998).

Les tenants du « tout commensurable » et les arguments associés ne sont pas nouveaux dans l'histoire des choix décisionnels liés à l'environnement. Nombreux penseurs économistes se sont penchés sur la question liée aux prises de décisions soutenues par des concepts commensurables ou non. Dans une économie capitaliste balbutiante des années vingt, il fut peu aisé d'exprimer des concepts montrant que le marché et son système de mesure ne pouvaient prendre en compte les dommages écologiques à long terme. Durant cette période d'échange assez intense, qui ressemble passablement à la nôtre, la clairvoyance d'une discussion sur l'allocation intergénérationnelle de ressources non renouvelables fût clairement écartée. La question de « comment mesurer l'incommensurable » continue d'agiter quelques illusions ici et là. Nombreux furent les exemples qui révélèrent à juste titre la présence d'éléments incommensurables et qu'il était nécessaire d'établir un calcul en nature, multidimensionnel. Voici l'une des critiques formulées envers les hétérodoxes de l'époque, qui a retenu l'attention : « l'expression d'un scepticisme au sujet de la planification économique rationnelle... enfermée dans un mode de pensée utopiste ». Théodore Monod aurait pu conclure sur « l'utopie ce n'est pas l'irréalisable mais l'irréalisé ». (Monod, Estibal, 1997). Ainsi, pour tenir compte de l'incommensurabilité, l'économie écologique s'inscrit dans une évaluation multicritère.

#### **1.4.4.1.4 Le recours à l'évaluation multicritère**

A l'heure actuelle, quand l'optimisation et l'analyse coût-bénéfice ne peut fournir des informations pertinentes pour les décideurs, il devient utile d'avoir des évaluations en terme non monétaire. L'analyse multicritère s'applique notamment dans une situation dont le caractère reflète une comparabilité faible. Il existe donc d'autres méthodes de résolution de problèmes reposant sur l'acceptation d'une pluralité de valeurs.

L'évaluation multicritère permet parfois de faire émerger des solutions de compromis. Hélas, c'est souvent l'acteur dit « le plus puissant » qui dicte son choix d'évaluation. Ce rapport de force dont l'éthique est fondamentalement absente s'oppose à l'équité et à la soutenabilité.

Cet outil de prise de décision est reconnu pour gérer des problèmes complexes où s'imbriquent de nombreux objectifs, groupes d'intérêts et regards différents (langage d'évaluation). Il prend en compte les aspects conflictuels, multidimensionnels, incommensurables et incertains d'une prise de décision. L'évaluation multicritère focalise son attention sur l'action à décider et le choix intentionnel associé.

L'émergence d'une solution multicritère est caractérisée par l'existence de différents critères d'évaluation et plusieurs alternatives clairement distinctes. Une analyse de ce type est souvent représentée sous la forme d'une matrice représentant l'évaluation de chaque alternative sur chaque critère. On obtient alors un classement allant de la meilleure à la pire. Pour pallier la difficulté de classement des alternatives, selon un ordre représentant au mieux les objectifs poursuivis, différentes méthodes ont été développées. Elles concernent entre autres l'évaluation des critères, la modélisation des préférences, les conditions d'information et les règles de décision.

Dans le système démocratique public où nous évoluons, cela engage chaque citoyen intégré au processus électoral à une responsabilité totale dans le choix de positionner un décideur à même de

représenter les intérêts de chacun. Cette réflexion peut paraître anodine, mais dans le cadre de la mise en pratique d'une évaluation multicritère, elle prend évidemment tout son sens.

Des processus participatifs ont été élaborés afin de prendre en compte et saisir au mieux les différences d'intérêts et de valeurs des acteurs. Des techniques participatives viennent aussi se combiner afin de captiver les acteurs, puis valider la structure auprès d'eux et, plus largement, encadrer l'analyse.

La réalisation d'une évaluation multicritère nécessite une neutralité d'intérêt dans les enjeux appréhendés. Combien d'intérêts privés sont représentés dans les milieux universitaires où il est très difficile de discerner « les casquettes portées ». Il ne s'agit pas de faire preuve de suspicion, néanmoins le paramètre de neutralité et d'absence d'intérêts convergents doit être pris en compte. Aussi, cette neutralité devrait s'appliquer de façon fondamentale pour les décideurs. (Munda, 1995,2008)(Antunes et al., 2006)

Il existe des critiques à l'une des alternatives du tout monétaire. Nous ne participerons pas à densifier son contenu. L'évaluation multicritère n'est pas une fin en soi; elle contribue humblement, de par son ouverture, à élargir le champ de conscience des acteurs concernés par une multiplication des regards interposés en vue d'une prise de décision unifiée.

Des efforts de vulgarisation doivent être entrepris afin de rendre son usage plus accessible et des convergences sont à entreprendre, particulièrement vers les programmations informatiques, en vue d'accéder à l'utilisation de logiciels plus simplifiés. Il existe là, un levier d'action pour le moins conséquent en termes d'utilisation. L'impact de ses répercussions devrait être important, tant la demande d'une alternative est palpable.

Les travaux portant sur la faible comparabilité des valeurs de l'économie écologique permettent de se souvenir que dans le passé, les débats sur l'incommensurabilité des valeurs agitaient déjà la sphère sociétale économique. Ils soulignent aussi que l'incommensurabilité des valeurs n'implique pas nécessairement leur incomparabilité, mais leur faible comparabilité, qui peut être analysée à l'aide d'outils d'évaluation multicritère.

L'aide multicritère à la décision a émergé, dans l'économie écologique, comme une alternative à l'analyse coûts-avantages monétaires et au monisme de la valeur en général. Cet outil prend en compte un large éventail d'informations pertinentes. Elle permet de choisir, d'évaluer et de jauger les multiples dimensions qui caractérisent les enjeux décisionnels. Elle peut être basée sur divers critères comme l'efficacité, l'équité ou la durabilité tout en intégrant des considérations éthiques tout cela prenant en compte des préoccupations de long terme dans un cadre décisionnel démocratique. Aussi la méthode d'évaluation multicritère révèle qu'il est utile d'intégrer des informations non monétaires ou/et qualitatives dans un cadre d'analyse économique (Oberti, Froger, 2002)(O'Neill, Spash, 2000) (Spash, 2000).

Cette approche, issue du vieux continent, gagne progressivement du terrain et tend à se globaliser.

#### **1.4.4.1.5 Critique du modèle de l'acteur rationnel**

Des expériences théoriques ont conclu l'inverse des préceptes néo-classiques sur l'acteur rationnel. Les préférences dépendent du contexte social ou environnemental et des trajectoires individuelles. (Bowles, 1998)

Un ensemble de preuves empiriques révèle que nous faisons foi d'un sens aigu de l'impartialité quand il s'agit des décisions d'affectation.

L'impartialité s'avère aussi importante que l'égoïsme pour prédire les comportements humains. (Bowles, Gintis, 2002)(Gowdy, Iorgulescu, Onyeiwu, 2003)

Les résultats de nombreux travaux dévoilent que le modèle rationnel n'est pas l'unique bon moyen de prédiction du comportement humain. Nos comportements sont nettement plus complexes et le bien-être social dépasse largement les questions de valeur marchande.

Le modèle de l'acteur rationnel s'expose aussi à des critiques concernant l'actualisation du futur. (Price, 1993)

Une action individuelle raisonnable peut s'avérer inappropriée pour l'ensemble de la société. Cependant une somme d'action collective raisonnable implique le bien être des générations futures.

Aujourd'hui ce qui fait obstacle à l'adoption de points de vue alternatifs, c'est l'absence de congruence avec le modèle Walrasien du bien-être.

L'efficacité allocative a fréquemment été priorisée par les politiques néo-classiques. Limiter les choix d'une politique économique au champ de l'efficacité mène à la conclusion que le mécanisme du marché devrait commander les choix sociaux. Le marché est cependant peu à même de faire des choix sociaux.

L'économie écologique distingue les valeurs individuelles et les choix sociaux. Cela réaffirme l'importance d'une société hiérarchisée, où chacun respecte pleinement son rôle défini et ses responsabilités associées.

(Vatn, Bromley, 1994)

#### **1.4.4.1.6 Maintien d'une capacité de résilience des écosystèmes**

Le fondement de la théorie expose les limites de l'analyse marginale dans le cas de l'évaluation des écosystèmes (Gowdy, 1997).

L'économie écologique favorise l'idée que la résilience est une caractéristique fondamentale d'écosystèmes sains. Afin de maintenir une stabilité d'ensemble, qu'elles soient macro-économiques ou comportementales, il est important de préserver cette capacité à s'adapter à des changements imprévus et imprévisibles.

Plutôt que l'approche courante de l'équilibre général, un modèle d'entrées et sorties a été développé pour définir de façon plus flexible l'activité économique.

Un tel cadre de comptabilité sociale permet d'organiser l'information quantitative et qualitative dans le but d'analyser et d'évaluer les politiques alternatives non-marginales et leur impact dans les différentes dimensions du développement durable. (Boutaud, 2009).

#### **1.4.4.1.7 Le traitement de l'incertitude**

Les économistes écologiques souhaitent développer une approche structurelle intégrant des aspects techniques d'économies particulières pour les utiliser dans différents scénarios.

(Faye, Duchin, 1998)

L'approche politique classique suppose que l'incertitude peut être réduite par une notion de risque. L'économie écologique prône le principe de précaution pour prendre en compte les incertitudes. Elle l'applique par une vision co-évolutionniste en donnant une approche d'ensemble d'un système complexe afin de structurer nos choix individuels et sociétaux.

Cela nécessite une certaine « souplesse d'esprit » dans l'application face à des cas pratiques spécifiques.

Des enseignements ont émergé pour caractériser cette approche.

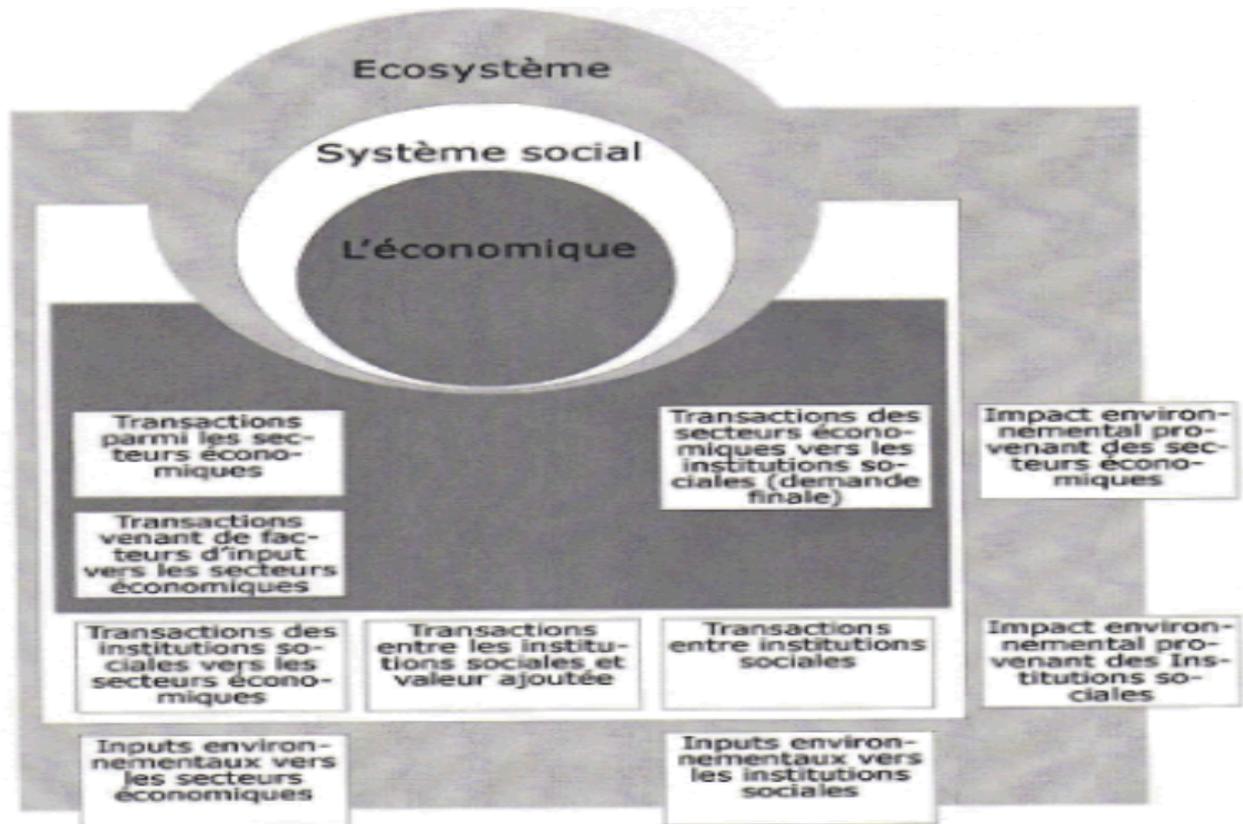
(Norgaard, 1994) (Erickson, 1999)

### 1.4.4.1.8 La nature physique et la production

L'économie écologique débuta avec perspicacité, considérant que l'équilibre économique matériel devait s'établir avec les matières premières entrant et les déchets qui en sortent.

L'approche des modèles dynamiques d'entrées et sorties peut être vue comme un instantané d'une économie particulière à un moment donné. Elle continue de s'embellir, devenant une matrice de comptabilité sociale en donnant une image concise de l'activité économique et des interconnexions entre le secteur économique et les institutions sociales.

(Boulding, 1966)(Goergescu-Roegen, 1976)(Daly, 1977)(Mayumi, 2001)(Røpke, 2004, 2005).



**FIGURE 4.1** UNE VISION DES SYSTEMES DE COMPTABILITE IMBRIQUEE EN ECONOMIE ECOLOGIQUE

(Extrait de « La démarche de l'économie écologique » de J. Gowdy et J. D. Erickson, 2009)

Aujourd'hui la voie étroite du néoclassicisme a largement été complétée. A l'origine l'économie écologique était une alternative, elle devient progressivement une référence. Elle paraît nettement plus appropriée pour affronter les enjeux de notre époque.

Pour comprendre l'économie humaine, il faut pouvoir apprécier l'importance des hiérarchies, la contingence et l'auto-organisation afin de pouvoir reconnaître la fragilité des économies de marché dans l'espace biophysique et la spécificité de la culture.

Cette école invite à initier une démarche flexible qui reconnaît l'unicité des cultures et des écosystèmes spécifiques. Elle réclame une pluralité des démarches vis-à-vis de la théorie économique et des politiques.

(Norgaard, 1989)

## **1.4.4.2 Orientation et développement de l'économie écologique**

### **1.4.4.2.1 Intégrations sociétales**

Tel que nous l'avons présenté précédemment, la première vague environnementaliste à avoir pénétré nos sociétés dites « industrialisées » est apparue autour d'une formulation concrète dans les années soixante. La seconde émergea du rapport Brundtland en 1987, puis s'amplifia en 1992 après la conférence de Rio de Janeiro. Entre les deux, en 1988, la société internationale d'économie écologique vit le jour. Elle ne fut pas seulement la continuation de cette prise de conscience massive mais plutôt la remise en question de la vision hégémonique de nos orientations sociétales.

Depuis la caractérisation du courant de pensée en 1988, qui s'établit sous la bannière de l'International Society for Ecological Economics, ou Société Internationale d'Economie Ecologique, de nombreuses contributions ont été apportées afin d'en délimiter les contours et d'en renforcer le caractère.

Cette transdisciplinarité s'ouvre à un nouveau paradigme, nettement différent des schémas poursuivis par l'économie néo-classique ou l'économie de l'environnement. Il est intéressant d'observer quelles trajectoires ont pris les acteurs initiateurs de cette approche scientifique transversale, tant pour les facteurs internes que les facteurs externes de cette discipline.

### **1.4.4.2.2 L'influence théorique**

La structure de cette discipline est issue d'un décloisonnement de nombreux domaines de recherche visant à renverser l'état d'inertie ambiant par la convergence des esprits.

Son organisation et son modèle de développement diffèrent des autres domaines scientifiques. Forte d'un corps disciplinaire hétérogène, elle s'applique à promouvoir sa propre organisation.

En prenant appui sur les travaux de Withley portant sur une approche générale de l'organisation sociale et intellectuelle de la science, Røpke regroupe en cinq catégories distinctes les questions déterminantes de caractérisation d'une discipline. Elles portent sur l'organisation de la connaissance, la réputation et l'identité de la discipline, son organisation interne, son institutionnalisation et sa relation avec le monde extérieur.

Premièrement, ces interrogations soulignent l'importance d'une organisation sociale adaptée aux perspectives entrevues par les acteurs la composant. Les réponses rapportent qu'il n'existe pas un modèle d'organisation de la connaissance mais plusieurs au sein de la discipline. Comme à son origine, l'économie écologique est bombardée de contributions en tout genre imprégnées de l'environnement local des acteurs. Une réponse globale portant sur une telle diversité se présente comme inopportun. Les ramifications de cette discipline sont solidement ancrées dans une échelle locale. Les acteurs s'efforcent d'apporter des solutions en correspondance avec leurs territoires respectifs d'affiliation ou d'appartenance. La discipline est encore en effervescence, elle bénéficie d'une prise de conscience croissante et galopante. Dans son caractère philanthrope, symbolisant une économie au service de l'homme et de la terre, il semble prématuré de la définir dans un compartiment, surtout juste après sa naissance dans l'empirisme sociétal.

(Røpke, 2005)

Deuxièmement, l'identité, comme reconnaissance de ce qu'est l'économie écologique, est extrêmement faible auprès de nos contemporains, voire quasi inexistante. Après un rapide tour d'horizon dans notre environnement, on distingue de nombreux amalgames avec les partis politiques. En termes de réputation, il est clair que la passivité des chercheurs dans la promotion de cette discipline est principalement due au conservatisme, dont font preuve les universités auxquelles ils sont rattachés.

Il n'existe pas de problème d'identité mais uniquement des solutions à mettre en œuvre. Elles sont multiples et dépendent uniquement de la volonté des décideurs à les mettre en œuvre.

Troisièmement, son organisation interne en données micro dépend des priorités, de l'activité et de la composition des disciplines scientifiques présentes au sein des entités. Dans sa globalité, ces dernières années, la hiérarchie de la société internationale de l'économie écologique se concentrait en une poignée d'individus en lien générationnel direct avec les pionniers de cette approche. Cette concentration devrait s'estomper en vue de l'émancipation du courant de pensée et de la diversité des publications rattachées.

Quatrièmement, l'institutionnalisation est un succès dans son imprégnation internationale, cependant un renforcement du maillage régional pourrait être envisageable. Concernant l'adhésion, disponible sur le site officiel du site, il existe un caractère inégal et discriminant car l'accès au « membership » est soumis au règlement de 15 Dollars U.S par année grégorienne. Le but de cet aparté est de souligner que cette contribution est une barrière de plus dans la diffusion de cette discipline scientifique à travers le monde.

Enfin, les relations avec le monde extérieur sont très diverses en fonction des pays. Il existe plusieurs appréhensions extérieures au sein même d'un territoire. Elles peuvent concerner les sphères décisionnelles continentales comme les organes de l'union européenne ou bien les instances étatiques ou encore les acteurs régionaux parfois même les trois en même temps. Les organismes privés ou les associations sont aussi concernés.

(Røpke, 2004)

L'économie écologique est donc polyforme voire polychrome. Elle peut être assimilée à un reflet du monde car ses voies sont variées. Elle repose sur les hommes qui constituent son corps. Son approche ouverte, non cloisonnée se veut pragmatique et intégrée à une réalité locale.

#### **1.4.4.2.3 Formule moderne de l'économie écologique**

Nous avons rapporté auparavant la création du cadre institutionnel du courant et sa revue scientifique *ecological economics*, vitrine des formulations exprimées. Il fait l'écho, depuis son origine, d'une diversité disciplinaire dont les recherches portent sur les systèmes économiques (économie biophysique, de l'environnement et des ressources, de l'agriculture, de la socio-économie, de l'économie humaine...), les systèmes écologiques, physiques, énergétiques, philosophiques sont aussi intégrés à cette réflexion.

L'écologie y trouva une place prépondérante, grâce à l'ouverture créée par la discipline, elle put trouver un point d'ancrage sur les autres approches du courant afin de concrétiser des avancées théoriques convergentes. Inspirés par la thermodynamique, les écologues développèrent des modèles d'études d'écosystèmes basés sur les flux d'énergies et de matières. Ces modèles trouvèrent un relais chez les économistes qui conceptualisèrent cela dans la vision d'une société organique.

L'évolution de ces considérations économiques et écologiques dans une même langue de flux de matières et d'énergies ont permis de prendre conscience du caractère irréversible de nos choix de société. Et cette réalité, telle quelle fut perçue hier, imposa donc de changer de modèle représentatif du système économique. Il fallait reconsidérer ce dernier en tant que sous-ensemble de l'écosystème planétaire dont il dépend. A l'instar du modèle économique imposé, ce n'est donc pas un système fermé sur lui-même, mais un sous-système ouvert dans l'ensemble de l'écosystème de la planète.

(Passet, 2006 et 2010)

Nous choisirons de reprendre l'exemple, emprunté à Herman Daly, qui présente explicitement par une symbolique factuelle (fabrication d'une tarte aux fraises) le recul associé à cette prise de conscience.

« Dans le système d'économie fermé, il faut un pâtissier, un four, divers outils et le savoir-faire du pâtissier. Il prend comme ingrédients de la farine, du beurre, du sucre, des fraises, eux aussi résultat de la production par d'autres agents économiques analogues à lui. Il transforme ces ingrédients en une tarte utile au bien-être de celui qui l'achète. Le pâtissier a ajouté de la valeur aux ingrédients.

Dans le système ouvert, tous les ingrédients sont aussi le résultat d'une valeur ajoutée de la nature: la farine nécessite du blé, le sucre nécessite de la canne à sucre ou de la betterave sucrière; ces produits nécessitent un sol, des insectes ravageurs pour en entretenir la fertilité; le beurre nécessite des vaches qui ruminent et se nourrissent d'herbe; il faut de l'eau, du soleil et de la chaleur, donc une pluviométrie, un ensoleillement et une température propices à ces cultures.

Il faut donc que le système de production du sous-ensemble économique reste compatible avec le maintien de ces conditions naturelles, propices au travail de la nature ».

(Daly, 1996)

Dans le système ouvert, le sous-système économique dépend de l'écosystème planétaire. Nous constatons alors aisément grâce à cette vue analogique et la résultante des choix qu'elle engendre, qu'il existe une approche souhaitant intégrer la complexité de notre réalité au sein d'un système économique, dans le but de la préserver pour l'intérêt de tous ; puis une autre approche, aveuglée et assourdie par les discours chimériques des intéressés de cette négligence, organisée dans le but de maintenir le statu quo.

Par de la même, l'économie écologique s'est efforcée de sensibiliser l'humanité envers sa dépendance au bon fonctionnement des écosystèmes, qui fournissent le support de vie de la société humaine ; mais aussi de tout système et que dégrader la Nature ne peut entraîner que notre propre dégradation (Shi, 2003).

#### **1.4.4.2.4 Les autres formulations**

A cette base fondamentale sont venues s'ajouter des approches co-évolutives en adéquation avec l'ouverture de la discipline. En voici une liste non exhaustive :

- L'économie telle que nous l'appliquons, entraîne des problèmes environnementaux critiques : il en résulte *un seuil d'irréversibilité*.
- *Les travaux transdisciplinaires* sont essentiels pour faire face aux défis environnementaux proposés.
- *Le pluralisme* sous toutes ses formes et dans toutes ses applications.
- *accroître l'attention de nos recherches scientifiques sur les liens entre l'homme et son environnement*. La quasi inexistence de contenu sur le sujet révèle la profonde inconscience dans les choix directifs choisis. Nous commençons à peine à effleurer la pleine conséquence de nos actes.
- *Une convergence des réflexions* encadrées par un cadre commun.
- *La solidité d'un socle éthique* prenant en considération la profonde iniquité engendrée par l'économie de la croissance capitaliste.
- *La volonté de connaître d'avantage la Nature* afin d'en apprécier ses pleines valeurs.
- *Réintégrer l'économie dans un ensemble* avec lequel elle doit se rééquilibrer afin de gommer l'illégitime supériorité acquise sur l'homme et la vie.

Aujourd'hui ces formulations gagnent chaque jour du terrain. Elles furent un temps marginalisées par le conditionnement sociétal et galvaudées par les relais puissants de l'économie conservatrice.

L'économie écologique prend aujourd'hui son essor de diverses manières dans le monde entier. Cette dynamique d'ensemble anticipe l'immobilisme décisionnel des sphères dirigeantes dans l'optique de contrecarrer cette déperdition programmée de notre support de vie. L'économie écologique apporte donc les moyens scientifiques et intellectuels de s'affranchir du modèle imposé.

#### **1.4.4.2.5 Les chercheurs et la recherche**

La caractérisation des idées imprégnant l'économie écologique provient entre autres de chercheurs issus d'une grande variété de spécialisations, et nombreux sont ceux qui s'y associent grâce à la transdisciplinarité intrinsèque de la discipline. Il serait présomptueux d'établir une liste des chercheurs occupant une place prépondérante dans l'émergence des recherches de la discipline. Ils sont venus apporter leur pierre à l'édifice d'une dynamique d'ensemble orientée vers un avenir prometteur et durable, prenant en compte les sérieux problèmes environnementaux planétaires. Leurs services ont permis de mettre en lumière une autre économie profitable à l'homme et à la Nature.

L'attractivité de la discipline apporta des contributions, issues de la socio-économie, évaluant l'influence des rapports humains sur l'évolution économique. Ils ne furent pas les seuls à se sentir aspirés par cette approche moderne. Des chercheurs affiliés à l'économie de l'environnement et des ressources se mirent en ordre de marche ; ils densifièrent considérablement le contenu des contributions car en termes d'effectif, l'économie générale dispose de ressources humaines nettement plus importantes que la branche hétérodoxe. Pour en mesurer la pertinence, il suffit d'observer les parcours des contributeurs de l'écriture commune du journal d'économie écologique de façon à en distinguer l'influence scientifique. Dans la foulée de la création du Journal, dans les années 90, on observa une hausse importante dans le nombre de contributions apportées. La lisibilité globale du bulletin d'économie ouvrit des lucarnes alternatives intéressantes pour les néo-contributeurs.

La troisième phase de développement et d'apport constructif interne provient de l'écologie. L'origine du courant initiée par les économistes de tout horizon attira l'attention des écologues. Il leur fallut intégrer de nouvelles réflexions, singulièrement celles des interactivités entre l'homme et la Nature.

Cette ouverture d'origine s'est au fil des années estompée, car l'idée de la transdisciplinarité a séduit bon nombre d'entre eux. Ils se sont alors recentrés sur leur discipline, tout en convergent, grâce aux études transversales, vers les différentes dimensions attachées à l'écologie. Le nombre d'apports scientifiques portés pour l'économie écologique s'en est vu amoindri.

En parallèle de la montée en puissance de l'économie écologique, des disciplines associées comme celle des biens communs, de l'écologie industrielle, de la santé des écosystèmes, etc... se sont émancipées de leur attachement d'origine à l'économie écologique. Elles ont fondé leurs propres institutions respectives, de manière à distinguer leurs contributions.

Ces disciplines et de nombreuses autres encore abondent dans le même sens, celui qui mènera vers une connaissance plus importante de l'environnement. Elles ont évidemment saisi la résilience inévitable à laquelle nous faisons tous face. Elles tentent d'y apporter des solutions par des contributions aussi diverses que variées. Après avoir pris conscience des choix tacites sociétaux, s'inscrivant dans une dynamique d'involution environnementale sans précédent, elles œuvrent pour un avenir viable et serein.

Il n'apparaît pas de ligne conductrice claire concernant un programme de recherche de l'économie écologique. Le courant s'est inspiré d'une grande diversité d'approches convergentes, intégrant la formation d'une identité propre au courant, la particularisation de la résilience, l'appréhension du concept de la valeur et des choix décisionnels, et enfin la formulation alternative de l'économie.

## Epilogue

Le 1<sup>er</sup> chapitre décrit l'économie du développement durable, il prend la mesure des formulations d'un concept se voulant « projet de société ». Le développement durable n'est pas exempt des tractations dont les changements de paradigme font l'objet.

L'activité professionnelle parallèle à la rédaction de ma thèse m'a permis de constater que le développement durable, qui est à l'origine le fruit d'une réflexion de fond sur notre société contemporaine, a été alpagué dans des démarches de « Greenwashing ». Son image et les intentions d'origine ont été déformées par de nombreux acteurs et reformulées à des fins égoïstes. Mise à part ces attermoissements, notre paradigme commun changera à mesure que nous changerons nos propres regards en intégrant de nouvelles connaissances. (Latouche, 2003) (Benoit-Moreau, 2008) (Fédération des Amis de la terre, 2012)

En 2011, l'« Earth over shoot Day » a été atteint au mois de septembre, en novembre pour l'an 2000. La demande de matière première s'accroît tous les jours alors que nos réserves de métaux dépassent difficilement les 50 ans ; pendant que nos forêts continuent de disparaître, une île de plastique de 600 000 km<sup>2</sup> s'est formée dans l'Océan Pacifique et quelques cents millions de tonnes de synthétique se baladent en mer ; nous observons des déséquilibres de plus en plus importants des écosystèmes, avec leur lot de désertification, d'extinction et d'intoxication. De grands désastres écologiques se succèdent et l'indifférence du pouvoir est proportionnelle à l'ampleur du désastre. En 2010, on estimait que 8 milliards de litres de pétrole avait été déversés en mer. (Global Footprint network, 2012)(Reeves, 2005)(Amara, 2010)(Youtube, 2012)

Et pourtant, malgré ce sinistre aperçu macro-écologique, le développement durable est souvent banalisé et renvoyé à une idéologie pour utopistes, alors que 98 % des européens se déclarent concernés par l'environnement.

« Toute vérité franchit trois étapes. D'abord, elle est ridiculisée. Ensuite, elle subit une forte opposition. Puis, elle est considérée comme ayant été une évidence. »  
(Schopenhauer, 2004)

## Chapitre 2

# Politiques publiques d'énergies, programmations et équipements

## 2.1. Orientation de la politique européenne en matière d'énergie

### 2.1.1 Consonance protocolaire

La volonté politique de la communauté européenne s'inscrit, à terme, dans le respect des engagements visant à mettre en œuvre la convention de Rio et le protocole de Kyoto.

Il y est prévu des dispositions, permettant de réaliser une mise en commun des obligations.

Cette disposition adaptative fut introduite à la demande de la commission européenne afin de régler en interne la répartition.

C'est donc la performance de l'ensemble du groupe d'Etats signataires qui est prise en considération. Dans les faits l'objectif global de l'Europe reste inchangé ; cela permet une réadaptation de la distribution des objectifs de réduction des émissions prévus initialement par le protocole de Kyoto au sein des pays de la communauté européenne,

(Nations Unies, Protocole de Kyoto, 1998)(Déclaration de Rio sur l'environnement et le développement, 1992)(CCNUCC, 1992)

Voici ci-dessous deux tableaux explicatifs de cette redistribution, en interne, des objectifs de limitation et de réduction des émissions de gaz à effet de serre à hauteur de 8 % pour 2008-2012 par rapport aux émissions de 1990.

État	Engagements chiffrés de limitation ou de réduction (% des émissions de 1990)	État	Engagements chiffrés de limitation ou de réduction (% des émissions de 1990)
Allemagne	92	Islande	110
Australie	108	Italie	92
Autriche	92	Japon	94
Biélorussie	95	Lettonie	92
Belgique	92	Lituanie	92
Bulgarie	92	Luxembourg	92
Canada	94	Norvège	101
Communauté europ.	92	Nouvelle Zélande	100
Croatie	95	Pays-Bas	92
Danemark	92	Pologne	94
Espagne	92	Portugal	92
Estonie	92	Rép. Tchèque	92
États-Unis	93	Roumanie	92
Fédération de Russie	100	Royaume-Uni	92
Finlande	92	Slovaquie	92
France	92	Slovénie	92
Grèce	92	Suède	92
Hongrie	94	Suisse	92
Irlande	92	Ukraine	100

**TABLEAUX 5.1 OBLIGATION DE REDUCTION DE KYOTO SELON L'ANNEXE B DU PROTOCOLE DE KYOTO** (Extrait de l'ouvrage « Energie ; Economie et politiques » de Jean-Pierre Hansen et Jacques Percebois)

Pays	Engagements chiffrés (% de l'année de référence)
Communauté européenne (15 États)	92
Allemagne	79
Autriche	87
Belgique	92,5
Danemark	79
Espagne	115
Finlande	100
France	100
Grèce	125
Irlande	113
Italie	93,5
Luxembourg	72
Pays-Bas	94
Portugal	127
Royaume-Uni	87,5
Suède	104

**TABLEAUX 5.2 REDISTRIBUTION DES OBJECTIFS DE KYOTO AU SEIN DES ETATS MEMBRES DE L'UNION EUROPEENNE** (Extrait de l'ouvrage « Energie ; Economie et politiques » de Jean-Pierre Hansen et Jacques Percebois)

Le protocole de Kyoto ne se borne pas à définir les quotas d'émissions, présentés dans les tableaux précédents, mais fixe l'obligation de bâtir une comptabilité générale du carbone, répertoriant les émissions de GES et leur absorption.

Les signataires doivent aussi fournir la preuve qu'ils s'acquittent de leur engagement au titre du protocole.

La conférence de Rio de Janeiro et ses suites a permis « l'adoption théorique » d'un ensemble de textes juridiques ou déclaratoires, fort contraignant.

Nous insistons sur le sens « d'adoption théorique » car au regard d'une lecture détaillée de cet arsenal de textes, nous sommes en mesure de nous interroger sur l'application concrète de ces formulations. Ainsi apparaît une géométrie très variable dans le sens que nous accordons à l'engagement ou la ratification.

Un seul exemple, et non des moindres, sera mis en avant parmi les nombreux points discordants existants, entre un accord théorique et une contradiction pratique associée.

Le principe n°15 de la déclaration de Rio sur l'environnement fait explicitement référence au principe de précaution : « *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 à plus tard l'adoption de mesures effectives visant à prévenir la dégradation de l'environnement* »

Une des formes de contradiction de mise en œuvre pratique a été observée dans notre actualité récente en avril 2010, où dans le golfe du Mexique une entreprise privée agissant sous mandat d'un état, a expérimenté une technologie d'extraction du pétrole sans certitude scientifique absolue, visant à prévenir la dégradation de l'environnement. Les conséquences sont désastreuses et le principe évoqué précédemment fut allègrement bafoué.

Les intentions de prise en considération des aspects environnementaux sont d'ores et déjà établies dans de nombreuses formulations, mais au regard des faits, nous sommes en droit de nous demander, quand est-ce qu'ils deviendront pleinement effectifs ? (Derdevet, 2009)

L'orientation des politiques européennes d'énergie est donc, dans une certaine mesure, conditionnée par l'application des objectifs prévus par le protocole de Kyoto.

En tant que signataire, la communauté européenne a choisi d'organiser la réalisation de ses engagements par le biais d'un marché de quotas d'émissions.

## 2.1.2 Le système d'échange de quotas d'émissions dans la communauté européenne

Ce système désigné, EU-ETS (European Union – Emission Trading Scheme) a été instauré par une directive de 2003 et amendée en 2009 avec les nouvelles orientations politiques de la communauté. Il découle des objectifs de Kyoto et de la mise en commun des obligations de réduction d'émissions des Etats membres. Les principales caractéristiques et dispositions sont présentées ci-dessous. (Communauté Européenne, 2003)

L'article 2 de la directive de 2003, délimite le périmètre d'activité ; il est présenté dans l'Annexe 1. Dans le cadre de nos recherches, notre attention se porte sur l'activité dans le secteur d'énergie et son gaz à effet de serre correspondant (Annexe 2) : le dioxyde de carbone ou CO<sub>2</sub>. L'observation des Annexes permet de dégager une vue d'ensemble.

Activités	Gaz à effet de serre
<u>Activités dans le secteur de l'énergie</u>	
Installations de combustion d'une puissance calorifique de combustion supérieure à 20 MW (sauf déchets dangereux ou municipaux)	Dioxyde de carbone
Raffineries de pétrole	Dioxyde de carbone
Cokeries	Dioxyde de carbone
<u>Production et transformation des métaux ferreux</u>	
Installations de grillage ou de frittage de minerai métallique, y compris de minerai sulfuré	Dioxyde de carbone
Installations pour la production de fonte ou d'acier (fusion primaire ou secondaire), y compris les équipements pour coulée continue d'une capacité de plus de 2,5 tonnes par heure	Dioxyde de carbone
<u>Industrie minérale</u>	
Installations destinées à la production de ciment clinker dans des fours rotatifs avec une capacité de production supérieure à 500 tonnes par jour, ou de chaux dans des fours rotatifs avec une capacité de production supérieure à 50 tonnes par jour, ou dans d'autres types de fours avec une capacité de production supérieure à 50 tonnes par jour	Dioxyde de carbone
Installations destinées à la fabrication du verre, y compris celles destinées à la production de fibres de verre avec une capacité de fusion supérieure à 20 tonnes par jour	Dioxyde de carbone
Installations destinées à la fabrication de produits céramiques par cuisson, notamment de tuiles, de briques, de pierres réfractaires, de carrelages, de grès ou de porcelaine, avec une capacité de production supérieure à 75 tonnes par jour, et/ou une capacité de four de plus de 4 m <sup>3</sup> et une densité d'enfouement de plus de 300 kg/m <sup>3</sup>	Dioxyde de carbone
<u>Autres activités</u>	
Installations industrielles destinées à la fabrication de:	Dioxyde de carbone
a) pâte à papier à partir du bois ou d'autres matières fibreuses;	
b) papier et carton dont la capacité de production est supérieure à 20 tonnes par jour	Dioxyde de carbone

## ANNEXE II

### GAZ À EFFET DE SERRE VISÉS AUX ARTICLES 3 ET 30

Dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)

Méthane (CH<sub>4</sub>)

Protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O)

Hydrocarbures fluorés (HFC)

Hydrocarbures perfluorés (PFC)

Hexafluorure de soufre (SF<sub>6</sub>)

#### **TABLEAU 5.3 ANNEXE I ET II DE LA DIRECTIVE PRESENTANT LES ACTIVITES ET LES GAZ POUR LESQUELS S'APPLIQUENT LA DIRECTIVE**

(Extrait de la directive 2003/87/CE du Parlement et du conseil Européen d'Octobre 2003)

Depuis 2005, toute installation visée par l'EU-ETS doit détenir une autorisation d'émettre des G.E.S. Pour la France, c'est sous l'autorité compétente du ministère de l'environnement que se délivrent les autorisations.

Chaque Etat membre a été en charge d'établir un plan national d'affectation des quotas (PNAQ) qui quantifie le montant total de quotas alloués aux entreprises ou exploitations ; les plans nationaux sont par la suite approuvés par la commission européenne.

L'article 10 prévoyait une mise aux enchères pour la période de 2005 à 2007 afin que les Etats qui le souhaitent puissent mettre aux enchères jusqu'à 5 % de l'allocation totale du pays de 2005 à 2007 puis 10 % de 2008 à 2012. En France, 1128 installations ont ainsi été retenues dans le premier Plan National d'Allocation des Quotas (PNAQ1). Elle concerne les secteurs d'activités présentés précédemment dans le tableau 5.3.

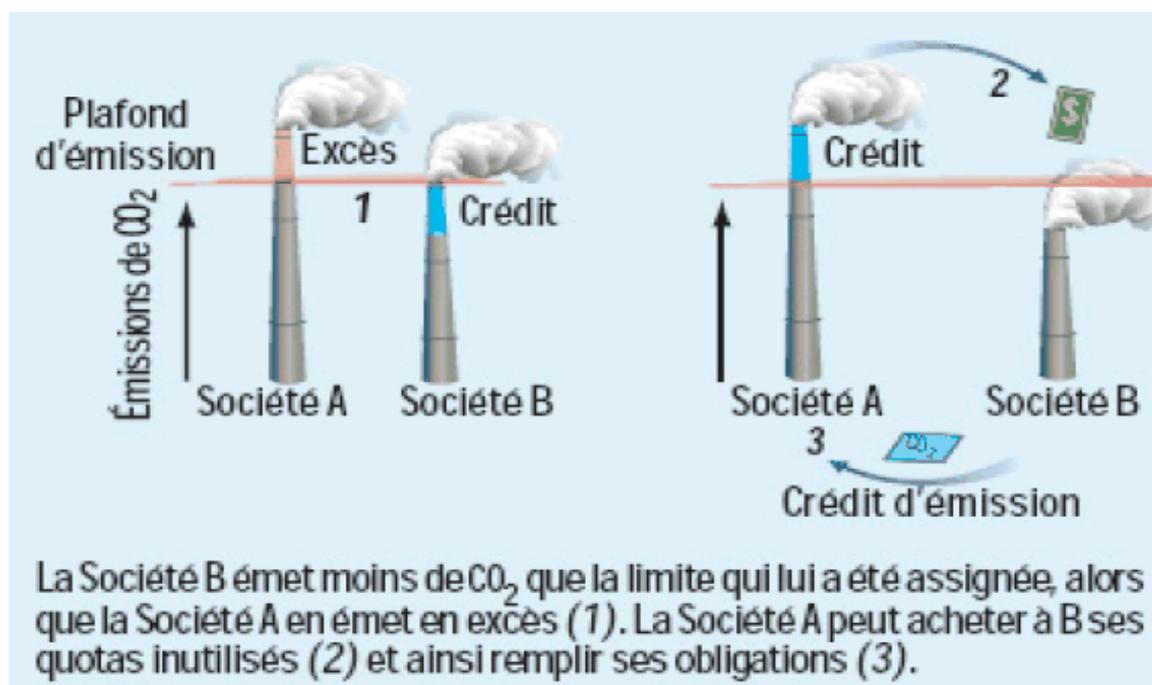
Les quotas sont attribués au plus tard le 28 février de chaque année par chaque Etat selon leur PNAQ respectifs ; les exploitants sont libres de les utiliser ou de les échanger.

Chaque année, les entreprises dressent leur propre bilan des émissions de CO<sub>2</sub> pour chacune de leurs installations et doivent restituer, le 30 avril de chaque année suivante, le nombre de quotas correspondants aux émissions réelles totales de leurs installations. Les quotas restitués sont ensuite annulés.

Les entreprises, ne disposant pas d'un nombre suffisant de quotas pour couvrir leur émission, sont financièrement pénalisées. Pour éviter de telles sanctions, elles ont la possibilité d'acquérir des quotas soit auprès d'autres exploitants disposant de quotas excédentaires, soit auprès d'entreprises spécialisées dans le négoce de quotas.

(Godard, 2004, 2005)

En voici une vue simplifiée.



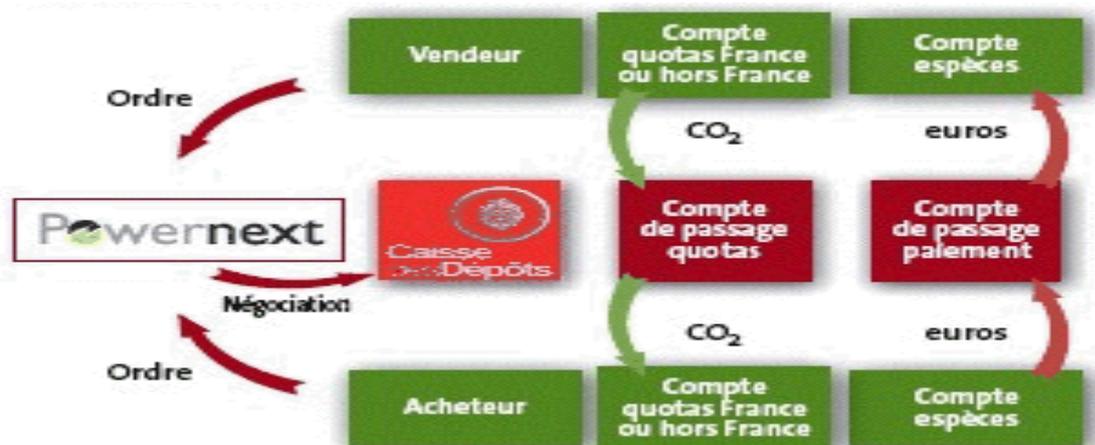
**FIGURE 5.1 LE MECANISME D'ÉCHANGE DE QUOTAS D'ÉMISSION AUPRES D'AUTRES EXPLOITANTS**

(Extrait de la mission climat de la caisse des dépôts et consignations)

Le marché boursier Powernext Carbon a été créé en janvier 2005 pour faciliter les transactions au comptant des quotas de CO<sub>2</sub> et donc la gestion du risque de non-conformité. Powernext est le lieu de rencontre entre l'offre (vente de quotas) et la demande (demande de quotas).

En France, c'est la Caisse des Dépôts et Consignations qui a la charge du suivi des quotas alloués. Elle intervient comme gestionnaire et garante des transactions, en tenant le registre des allocations nationales de CO<sub>2</sub> : elle débite le compte CO<sub>2</sub> du vendeur et crédite celui de l'acheteur.

Quatorze états (Allemagne, Belgique, Espagne, France, Luxembourg, Pologne, Portugal, République Tchèque, Slovaquie, Suisse, Monaco, Lichtenstein, Biélorussie et Russie) ont retenu son offre de gestion de quotas, développée sous la marque Seringas.



**FIGURE 5.2 SCHEMA SIMPLIFIE DU FONCTIONNEMENT EN FRANCE DE POWERNEXT CARBON**  
(Extrait du site internet <http://www.pleinchamp.com/>)

Un projet de révision du système européen a été adopté par le parlement européen le 17 décembre 2008. A partir de 2013, la contrainte de réduction des émissions sera renforcée avec l'application

d'un plafond d'allocation conditionné par la signature ou non d'un accord international fixant un objectif de réduction à l'ensemble des pays industrialisés. Sans accord international parvenu, l'objectif européen de réduction des émissions de gaz à effet de serre est fixé à – 20% en 2020 par rapport à 1990. En cas d'accord international, cet objectif serait porté à une réduction de 30% des émissions de gaz à effet de serre. Le dispositif devrait se poursuivre au moins jusqu'à cette date (Communauté Européenne, 2009).

### **2.1.3 L'architecture du marché du CO<sub>2</sub>**

La mise en place de ce marché de permis de l'Union européenne s'est agencée en trois phases allant de la phase d'apprentissage (2005-2007), de confirmation (2008-2012) et enfin la troisième non encore caractérisée (2013-2020).

Les caractéristiques principales du mécanisme de ce marché sont les suivantes :

- Pendant les deux premières phases, *les allocations initiales furent presque exclusivement allouées gratuitement aux entreprises*, le débat pour maintenir ces conditions est encore ouvert pour la phase III.
- Il est d'ores et déjà établi que pour la phase III, à l'exception des dix nouveaux états membres de l'union, *le secteur électrique ne disposera plus d'aucune allocation gratuite*. Les allocations gratuites furent accordées initialement sur la base des émissions historiques et pour la phase 2 sur la base des émissions de 2005-2007.
- *La fermeture d'une installation entraîne automatiquement la perte des allocations gratuites associées et les nouvelles reçoivent des allocations gratuites déterminées par le référentiel technologique propre à l'installation.*
- Lors de la phase I, les industriels ne pouvaient épargner des allocations (banking) pour compenser des émissions futures, cependant il est autorisé d'emprunter les allocations de l'année à venir pour couvrir les émissions de l'année en cours ; *le banking est autorisé en phase II et III.*
- Il est possible de *revendre sur le marché du CO<sub>2</sub>* des réductions d'émissions obtenues hors de l'Union Européenne grâce au « *Clean Development Mechanism* » (MDP : Mécanismes de Développement Propre) intégrées dans *les mécanismes de flexibilité.*

## **2.2 Vers des évolutions structurelles de réseaux électriques**

### **2.2.1 Super réseau électrique**

L'intégration d'un très haut niveau d'éolien et de solaire sur le réseau nécessite le développement d'interconnexion européenne.

(European Commission, 2011)

Aujourd'hui les réseaux électriques des différents pays européens sont partiellement interconnectés ; en l'état actuel du réseau électrique, nous pouvons intégrer entre 30% et 55% d'EnR-V. (Eolien et Solaire). Si nous établissons l'hypothèse d'une interconnexion parfaite entre les réseaux électriques des différents pays Européens, il est envisageable d'intégrer 55 % EnR-V. L'interconnexion se présente comme un outil de flexibilité très abordable.

(Czisch, G. 2002, 2004, 2010)



**FIGURE 7.1 SCHEMA D'INTERCONNEXION EUROPEEN ANTICIPEE EN VUE DE L'INTEGRATION D'ENR (EN MW)**

Extrait du rapport, Priority for 2020 and beyond, a blueprint for an integrated European Energy network

Il est possible d'aller encore plus loin dans l'intégration de source renouvelable d'électricité pour ainsi cibler 100 % d'intégration d'EnR. Ce changement de paradigme nécessite de profondes restructurations et une intégration des connaissances scientifiques existantes sur le sujet.

Les solutions sont présentes et de nombreuses recherches en font l'éloge. On espère les voir intervenir le plus rapidement possible.

Au regard de nos situations respectives et des données scientifiques établies, il est possible d'affirmer que la seule constante de l'évolution est le changement.

(Jacobson, Delucchi, 2011)(Andresen et al., 2010)(Heide et al., 2010, 2011)(Greiner, 2010)(Aboumahboub et al., 2010)(Negawatt, 2006)(I.P.C.C, 2011)(Autres références scientifiques, 2012)(S.R.U, 2011)

### 2.2.2 Smart Grid et intelligence d'usage

L'intégration des technologies de l'information permet d'anticiper une évolution intelligente du réseau.

L'usage de *Smart grid* permettrait d'établir des interactions dynamiques sur l'ensemble de « la chaîne d'énergie » pour ainsi accompagner la mutation structurelle du réseau électrique.

Des domaines de recherches scientifiques variés comme l'Economie, la Sociologie ou l'Ingénierie électrique se sont penchés sur une analyse prospectiviste du sujet.

(Coll-Mayor et al, 2007)

La dénomination Smart grid pourrait se traduire par « réseau intelligent ». L'usage de ce terme est devenu assez courant pour l'ensemble de la sphère d'activité concernée.

(ETP, 2012)

L'approche Européenne définit l'application de cette somme de technologies comme un réseau électrique qui intègre intelligemment les comportements et actions de tous les utilisateurs connectés dessus, afin de livrer une électricité « durable », « sûre » et « économique ».

Le terme fait référence à un large panel de technologies dont les répercussions s'appliquent aussi bien à la production, qu'à la consommation ou bien encore à la gestion. Les smart grids sont des systèmes de mesures en temps réel et d'échanges d'informations. Des capteurs relèvent des informations qui se transmettent dans un réseau de communication afin d'équilibrer et optimiser en permanence les flux d'utilisations.

(Clastres, 2011)

Certains travaux considèrent que c'est la réponse à la problématique d'une demande en constante augmentation, pour absorber des pics de consommations importants à partir d'une offre décentralisée et intermittente (éoliens, photovoltaïques,...), tout en élargissant les possibilités d'équilibrage, en multipliant le nombre d'interlocuteurs intégrés par le marché européen de l'électricité.

La France et de nombreux pays Européens (Irlande, Grande Bretagne, Pays-Bas, Espagne) se sont fixés des objectifs précis dans le développement de smart grids. Plusieurs gouvernements prévoient un déploiement conséquent d'ici 2020.

(Faruqi et al, 2010)

Les smart grids ne sont pas uniquement perçus pour équilibrer l'offre et la demande ; l'union Européenne considère qu'ils peuvent servir de remède pour atténuer l'impact des effets de l'utilisation de l'énergie sur les changements climatiques, et résoudre les problèmes spécifiques à chaque pays de l'U.E.

(C.R.E, 2010)

Chaque pays de l'U.E possède ses propres perspectives dans l'utilisation de ces technologies sur son territoire. Par exemple, la France souhaiterait utiliser ces technologies pour informer les consommateurs, maîtriser la demande énergie, apprivoiser les signaux d'informations du marché de l'énergie, ou bien encore limiter les coûts de gestion, d'opération et de distribution du réseau. Au sein des intentions d'utilisation européennes, il existe un large consensus sur les aspects positifs découlant de son usage.

(Pérez-Arriaga, 2010)

L'ENTSO-E (European Network of Transmission System Operators for Electricity ou Réseau européen des gestionnaires de transport de l'électricité) est une association qui réunit les réseaux de transport d'électricité de 34 pays d'Europe. Les 41 gestionnaires de réseau européens (ENTSO-E) proposent une vision paneuropéenne établie dans un plan décennal qui est actualisé tous les deux ans.

(ENTSO-E, 2012)

Ce schéma de développement propose ainsi plus de 100 grands projets à l'échelle européenne. Ils représentent la rénovation ou la construction de 51 500 km de lignes électriques à haute tension en Europe pour un investissement global de 104 milliards d'Euros.

Ces investissements correspondent aux travaux nécessaires pour répondre à plusieurs défis européens ;

#### *Intégrer les énergies renouvelables dans le réseau européen*

La production renouvelable (notamment l'éolien en mer du Nord, solaire et éolien dans le sud de l'Europe – Espagne et Italie) est en plein essor. Il faut renforcer le réseau pour accueillir ces nouvelles énergies, et gérer les flux nord-sud européens qui en résultent. Ce d'autant plus que la décision de l'Allemagne d'arrêter toutes les tranches nucléaires d'ici 2022, à la suite de l'accident de Fukushima, va accentuer le déséquilibre entre le sud du pays (qui concentre actuellement l'essentiel de la production nucléaire) et le nord (où sont situés les grands parcs d'énergie éolienne, qu'ils soient terrestres ou maritimes en mer du Nord).

#### *Assurer la liaison est-ouest de l'Europe*

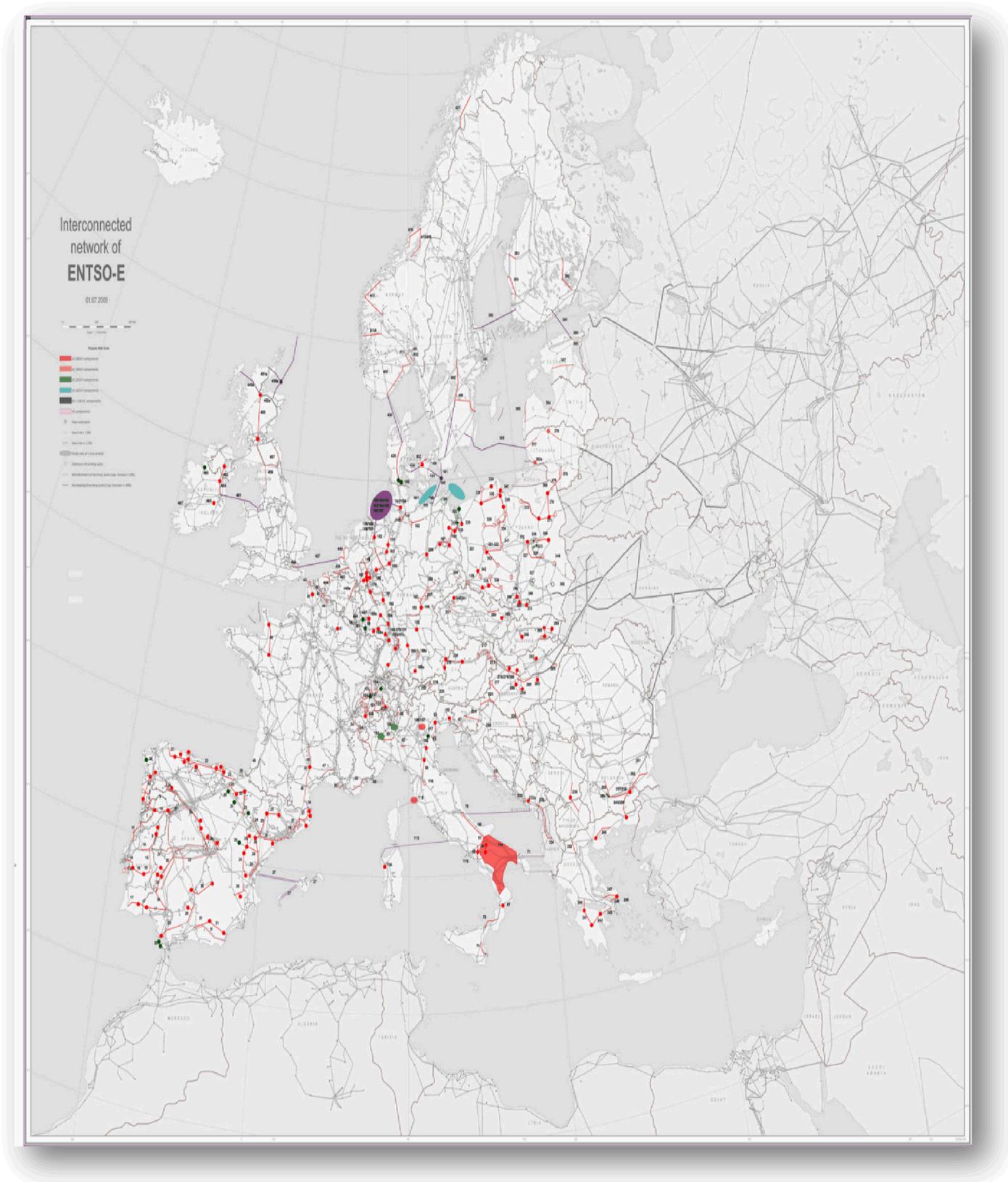
Le réseau européen devra permettre les échanges d'électricité entre les pays de l'Est plutôt exportateurs (République tchèque, Roumanie, Ukraine ...) et les pays d'Europe de l'ouest importateurs, comme l'Italie.

#### *Contribuer à l'intégration des « péninsules électriques »*

Il s'agit de développer le réseau intérieur et les interconnexions de la péninsule ibérique, des Îles Britanniques et des Etats Baltes pour mieux les relier au réseau continental.

Le rapport actualisé paru début 2012 fait le point sur l'état d'avancement des projets signifiés dans le premier document.

Il met en relief qu'un cinquième des projets seront mis en service avant la fin de l'année 2012, un tiers sont retardés à cause des procédures administratives plus longues que prévues qui devraient s'estomper sous l'effet du futur paquet Infrastructures Energétiques de la Commission Européenne ainsi que des nouveaux investissements qui seront à prévoir d'ici 2020 (TYNDP, 2010 et 2012).



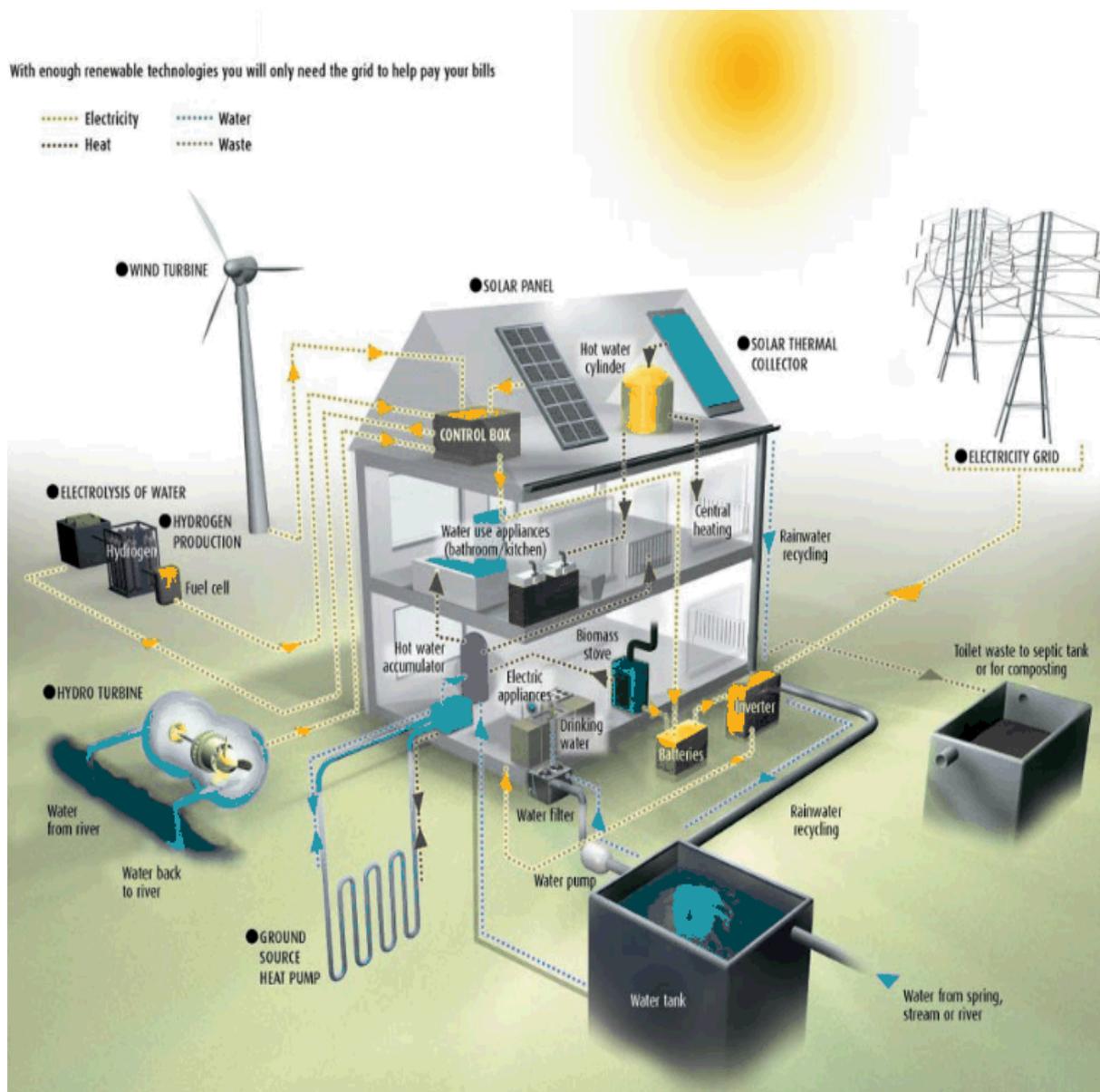
**FIGURE 7.2 CARTE DU PLAN D'INTERCONNEXION DE L'ENTSO-E**  
 Extrait du rapport « 10 year network development plan, 2010 Pilot project »

Nous avons vu précédemment que l'usage d'innovations technologiques peut renforcer les effets négatifs portés sur l'environnement. Au-delà de ces considérations, quelles seront les intentions d'usage de ces nouvelles technologies ?

On espère voir l'intérêt commun primer sur les intérêts privés, afin que l'orientation de ces technologies puisse aller vers une diminution des dépendances énergétiques de chacun, en accroissant l'autonomie énergétique des postes de consommation.

Une dynamique « off the grid » prend du volume à travers le monde. Elle inverse la problématique de l'énergie en s'appuyant sur l'autonomie comme principe individuel fondamental. Le mouvement « off the grid » est méconnu en France mais demeure très populaire au Etats-Unis.

(Rosen, 2008, 2010)(Bhattacharyya, 2012)



**FIGURE 7.2 BIS SCHEMA DE PRINCIPE D'UNE HABITATION « OFF THE GRID »**

Extrait du site internet <http://ipreping.blogspot.fr>

L'exemple ci-dessus émet l'hypothèse d'une connexion au réseau pour valoriser l'excédent d'électricité produite.

Les choix associés aux déterminants de l'énergie sont l'objet d'un rapport de force. On retrouve dans la littérature associée absolument tout et son contraire.

L'absence d'informations transparentes maintient la pertinence des choix de politique publique d'énergie hors de portée de ceux pour lesquels ils sont censés être destinés. Les citoyens pourront ou auront l'obligation de se contenter des choix d'experts dont l'intégrité peut être cruellement remise en cause.

(Popper, 1981)

Cette affirmation vigoureuse vient du fait qu'on distingue deux lignes claires dans la littérature scientifique traitant le sujet.

La première considère qu'une remise en cause du modèle énergétique français est impensable. Elle concerne une partie des tenants du système énergétique.

La deuxième voie expose à la lumière d'éléments scientifiques, les multiples possibilités existantes dans l'association de nos savoir-faire, compétences, technologie,... pour découpler les ressources « finies » de notre monde avec nos intentions de développement.

## **2.3 Energie et système de production d'électricité en France**

Nous avons vu précédemment l'intégration de la France dans une politique globale prévoyant le respect des engagements protocolaires et conventionnels. Ses applications ont donc été orchestrées ou réorchestrées par les instances décisionnelles européennes.

L'Europe et la France en son sein sont soumises à deux types de force : les forces du marché et celles qui relèvent d'une politique publique.

Le changement climatique, les pollutions, l'insécurité énergétique se présentent comme les enjeux majeurs de cette époque. L'intégration de ses aspects implique des changements d'envergure dans nos infrastructures énergétiques. Notre analyse est étayée par les publications présentes dans le journal scientifique « Energy policy ». Ce journal international intègre les différents critères d'évaluation associés à l'énergie. Les données macro et micro-économique s'y complètent dans des formulations scientifiques.

L'énergie est plurielle, elle possède des spécificités à la fois techniques, historiques, éthiques économiques, sociales et environnementales. Sa nature observable fait donc appel à la pluridisciplinarité pour répondre à des questions transversales.

### **2.3.1 Réflexion sur l'historique du modèle de politique publique énergétique français**

La France a agencé ses politiques d'énergie en prenant en considération la rareté et la qualité des ressources fossiles sur son territoire et les enjeux associés à la maîtrise d'un approvisionnement extérieur en ressource bon marché. Les gouvernances étatiques françaises du 20<sup>ème</sup> siècle prirent principalement en considération la question de moindre dépendance énergétique.

Le contexte géopolitique du 20<sup>ème</sup> siècle est marqué par deux guerres d'envergure mondiale et de nombreux conflits et tensions dans des régions riches en ressources fossiles.

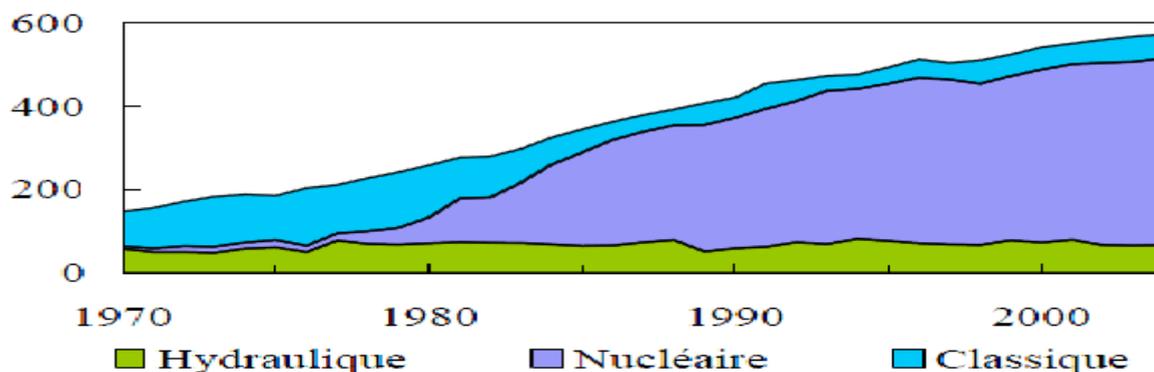
Ces événements accentuèrent l'importance accordée aux choix de subir ou non les conséquences incertaines de telles circonstances non maîtrisables. Les décideurs firent le choix d'atténuer progressivement la dépendance envers les importations d'énergie.

Il en résulta un choix centralisé d'inscrire la France dans une réduction des utilisations énergétiques pour la croissance, afin de ne pas devenir une nation énergivore.

(Jeanneney, 1953)

C'est dans les années 1970, lors des fluctuations importantes du prix du pétrole, qu'une modification significative du paysage énergétique français intervint.

Un programme électronucléaire massif apparut en complément du parc de production hydraulique français comme la solution en mesure de dépasser les problématiques précitées.



**TABLEAU 6.1 EVOLUTION DE LA PRODUCTION NETTE D'ELECTRICITE EN FRANCE PAR FILIERE, DE 1970 A 2004 (EN TWH)**

(Extrait du rapport de l'Observatoire de l'énergie, électricité et politique énergétique)

Cette modification ne fut pas l'objet, comme on aurait pu le croire, d'une réflexion portée par la représentation démocratique nationale. Des réflexions académiques décryptèrent ce processus, en soulignant que le débat concernant ce choix fut limité à quelques responsables de l'administration et de l'industrie et que l'opinion publique fut sensiblement écartée des sources d'informations et d'un vrai dialogue avec des experts concernant une décision d'une telle ampleur.

Ce « monolithisme » décisionnel et la concentration des efforts déployés dans la seule direction de l'électronucléaire furent clairement regrettés.

(I.E.J.E, 1975)(Turpin, 1983)(Beltran, 1998)

L'intégration des aspects environnementaux dans les choix de politique énergétique fut progressive. L'échange d'information accentua l'importance d'une prise en compte environnementale dans les sphères de décision.

(Chevalier, 1982)(Jones, 1979)(Beltran, 2009)

L'échange d'information et son partage constituent probablement « la pierre angulaire » de l'économie écologique. Il apparaît comme fondamental que le partage de l'information permette d'intégrer un choix plus large de considération.

Une initiative est née dans le but de remédier à ces préoccupations, avec l'intention d'échanger les informations entre les acteurs du changement. Ce modèle est applicable à de nombreuses configurations. (Facts Reports, 2012)

Albert Einstein disait « on ne peut résoudre un problème sans changer le niveau de conscience qui l'a créé ». L'information et sa transparence se présente comme une des solutions majeures pour faire évoluer la conscience de chacun vers le développement durable.

(Galea, 2004)

### 2.3.2 Examen synthétique des enjeux énergétiques

#### *Vue panoramique du modèle énergétique français*

Précédemment nous avons observé l'intégration croissante et significative de l'électronucléaire dans le mix énergétique français. La notion de filière classique comprend entre autres le fioul, le charbon et le gaz. L'hydraulique puis plus tard d'autres formes de sources d'énergies renouvelables sont venus s'ajouter dans le mix.

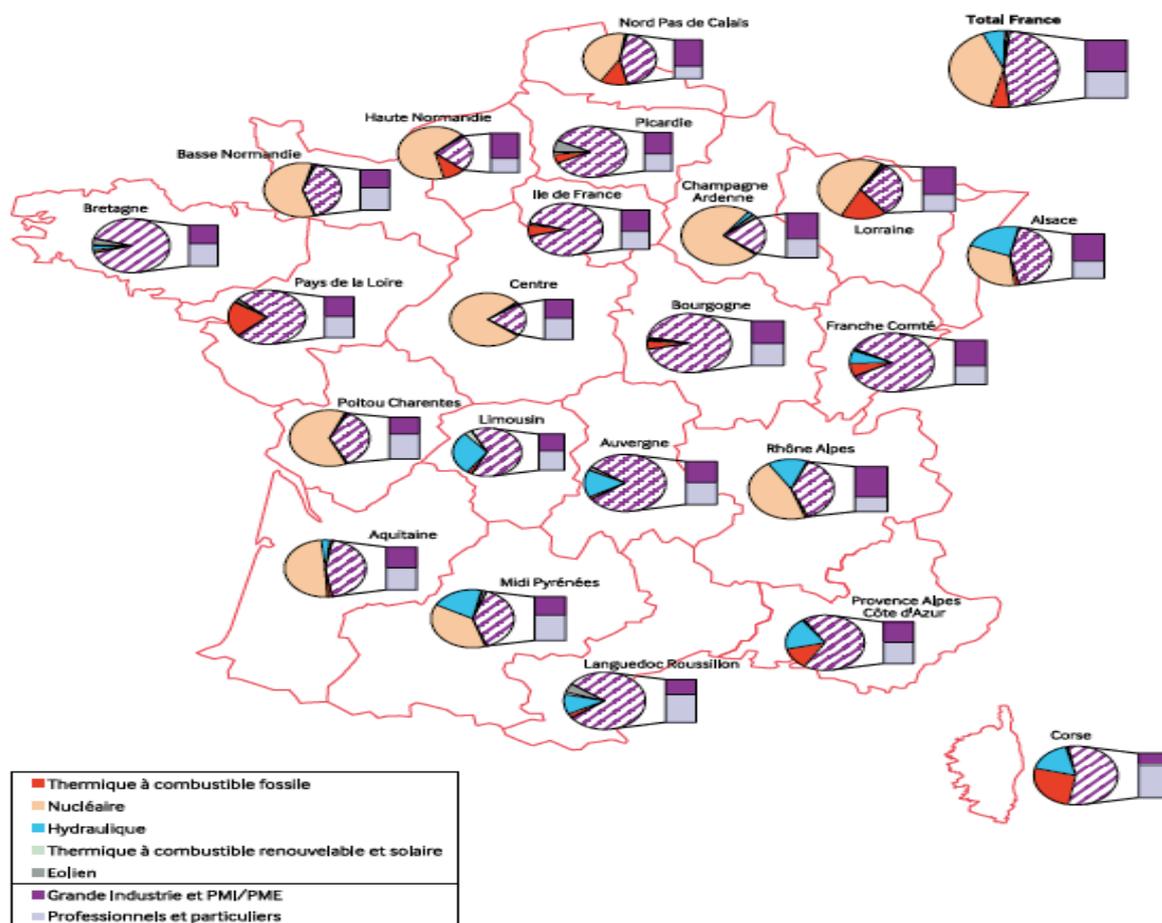
Nous allons en détailler les grandes lignes afin de saisir la pertinence des choix que font peser certaines filières sur le modèle énergétique.

Tout d'abord, à titre pédagogique, il est préférable de présenter les unités de mesure et leur ordre de grandeur, car on retrouve un grand choix d'utilisation d'unités de mesure dans la littérature associée aux statistiques.

(A.I.E, 2012)

<u>Puissance :</u>	<u>Energie :</u>	<u>Tension :</u>
KW = kilowatt	kWh = kilowatt-heure	kV = kilovolt
MW = Millier de kW	MWh = Millier de kWh	BT : U o 1 kV
GW = Million de kW	GWh = Million de kWh	HTA : 1 kV 1 U o 50 kV
MVA = Million de voltampères	TWh = Milliard de kWh	HTB : 50 kV 1 U o 500 kV

Le site internet du réseau transport électricité (R.T.E) permet de visualiser par l'intermédiaire d'*éCO2mix* la consommation, la production et les émissions de CO<sub>2</sub> de l'électricité française de façon quasi-instantanée ! Par ailleurs, il concentre une base de données comptables non négligeable.



**FIGURE 6.1 REPARTITION FRANÇAISE DE LA PRODUCTION ET DE LA CONSOMMATION PAR REGION ADMINISTRATIVE EN 2010**

(Extrait du rapport R.T.E, Statistiques de l'énergie électrique en France en 2010)

Le tableau 6.1 présente territorialement la part significative occupée par l'électronucléaire dans le mix énergétique français (voir en haut à droite de la figure pour une vue d'ensemble).

« Les graphes représentent visuellement les caractéristiques principales de chaque région administrative en terme de différents types de production et des principaux secteurs de consommation additionnés. La partie droite de chaque disque (hachuré) représente la part de la consommation, qui est ensuite détaillée en dégradés de violets. »

Prenons la Corse à titre d'exemple : sa part de consommation est supérieure à la part liée à la production, ce qui signifie que sur son territoire, elle ne consomme plus qu'elle ne produit d'électricité ; la production est essentiellement d'origine thermique à combustible fossile, avec toutefois une part non négligeable de la production d'origine hydraulique et enfin une part de thermique à combustible renouvelable et solaire. Cette dernière part tendra vers une revalorisation à la hausse, du fait de l'insertion sur le réseau de nouveaux outils de production à source renouvelable.

On constate un déséquilibre important dans la répartition de la consommation par rapport aux régions continentales. Elle se répartit pour plus de  $\frac{3}{4}$  aux particuliers et le reste aux PMI/PME. (Partie rectangulaire à la droite du graphe).

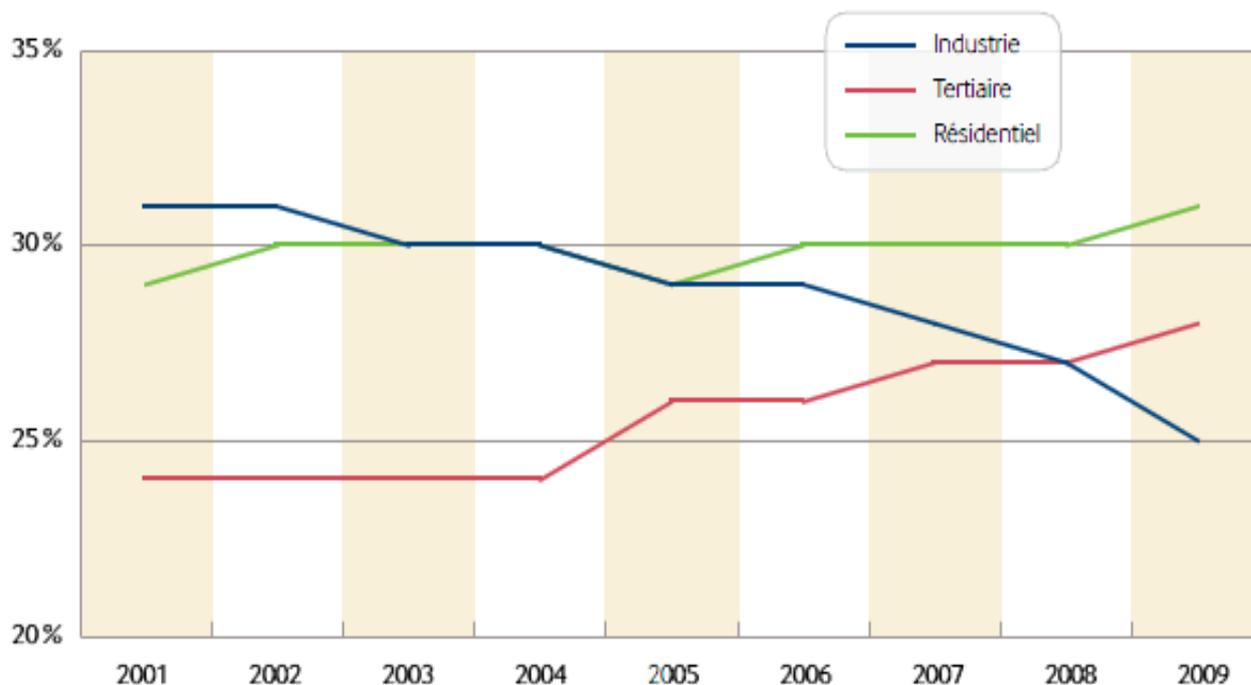
Nous reviendrons plus en détail sur les caractéristiques Corses dans le chapitre suivant.

En se basant sur les statistiques fournies par R.T.E en 2010, la « consommation intérieure brute » atteignait 513,2 TWh ; elle correspond à l'ensemble des quantités d'électricité mises à disposition de la consommation française (y compris la Corse, mais sans les DOM et TOM) :

Productions nucléaire, thermique à combustible fossile, hydraulique et autres sources d'énergies renouvelables, plus les importations, moins les exportations et le pompage, consommées, d'une part par les usagers, d'autre part par les pertes dans les réseaux de transport et de distribution.

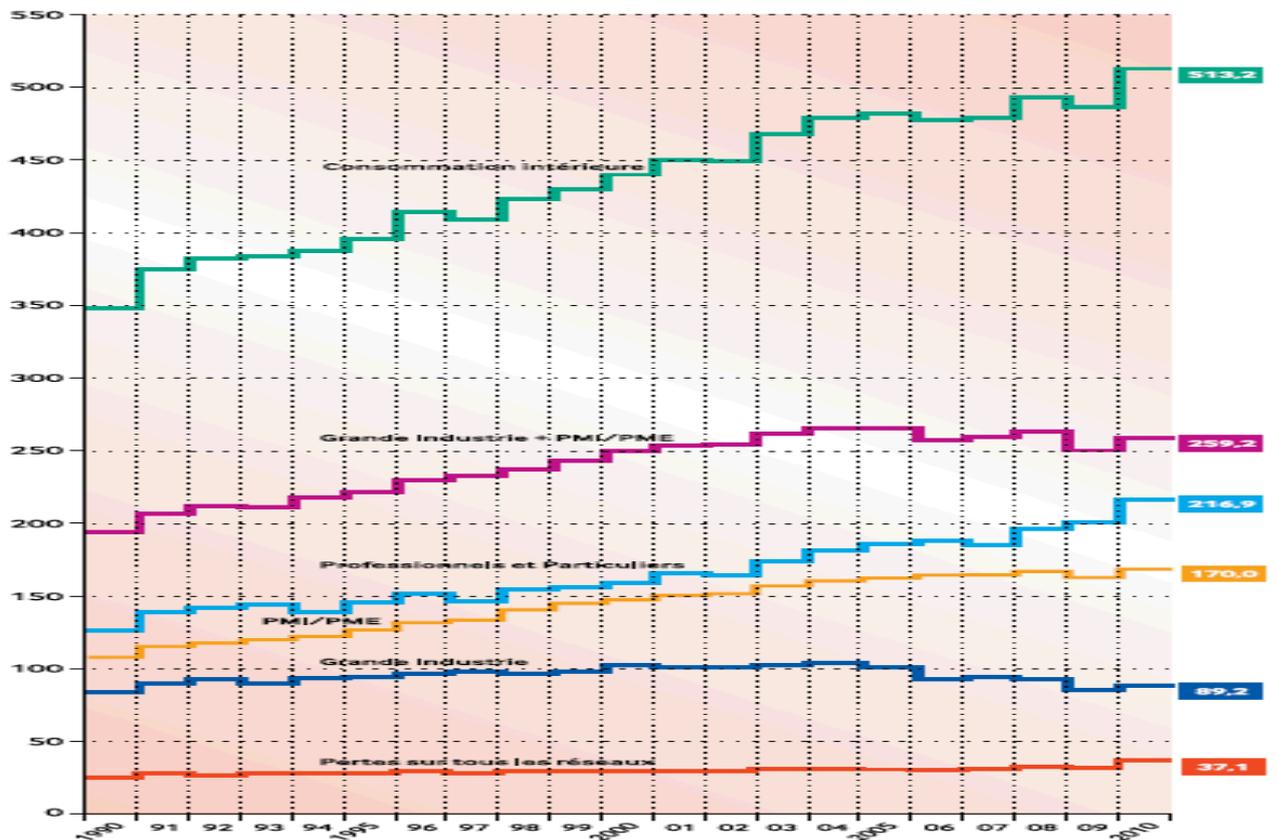
La consommation est en hausse de 5,5 % par rapport à 2009.

Les 513,2 milliards de kWh se composent principalement de la consommation des professionnels et des particuliers, en hausse de 7,2 % par rapport à 2009, passant de 202,3 TWh à 216,9 TWh, et de celle de la Grande Industrie et des PMI/PME, 259,2 TWh, en hausse de 3,4 % par rapport à 2009 (250,8 TWh).



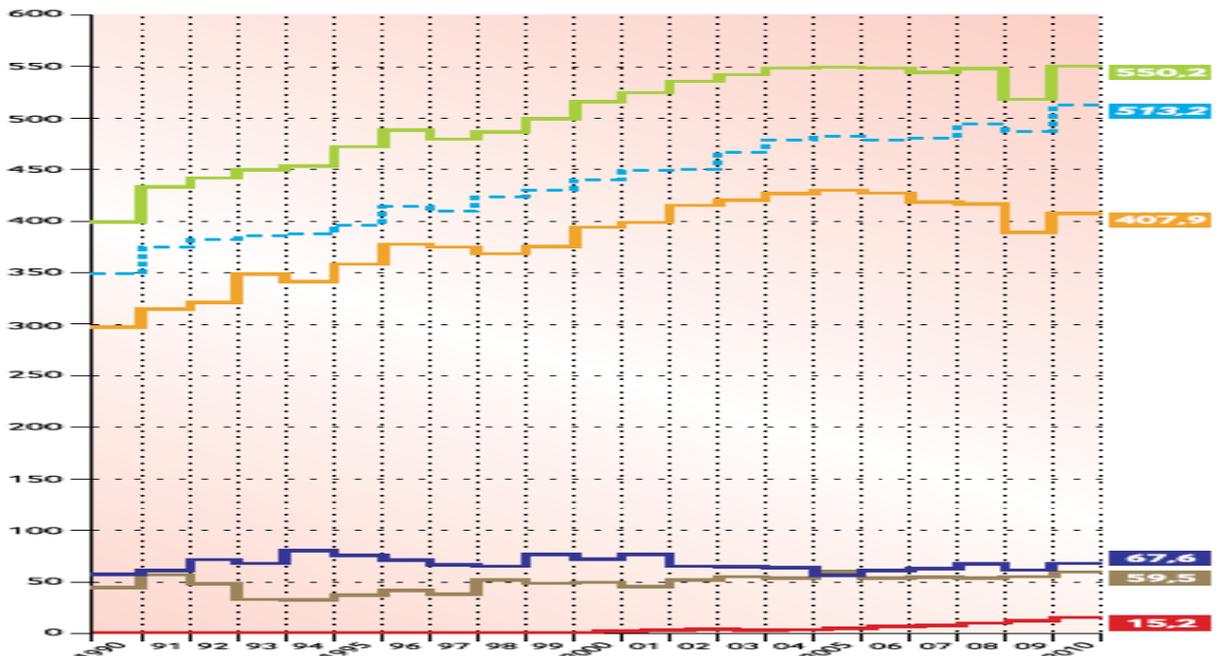
**FIGURE 6.2 DECOMPOSITION SECTORIELLE DE LA CONSOMMATION**

(Extrait de Bilan Prévisionnel de l'équilibre offre-demande d'électricité en France, Edition 2011)



**TABLEAU 6.2 ÉVOLUTION PLURIANNUELLE DE LA CONSOMMATION D'ÉLECTRICITÉ EN FRANCE (EXPRIMÉE EN TWH)**

(Extrait du rapport R.T.E, Statistiques de l'énergie électrique en France)



**TABLEAU 6.3 ÉVOLUTION PLURIANNUELLE DE LA PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ EN FRANCE (EXPRIMÉE EN TWH)**

Extrait du rapport R.T.E, Statistiques de l'énergie électrique en France



En complément des courbes, les éléments quantifiés observés soulignent la dépendance du parc productif français envers les importations de matières premières, nécessaires pour la transformation en énergie électrique. En 2009, environ 77,89 % de la production sont tributaires d'un apport de matière extérieure. Pour 2010, contrairement à ce que l'on pourrait penser, cette proportion est légèrement en hausse, 78,01 %.

Equipement	Puissance maximale installée			Production			Emission de CO2		
	Au 31 décembre 2009	Au 31 décembre 2010	Evolution	2009	2010	Evolution	2009	2010	Evolution
	MW	MW	MW	GWh	GWh	%	Milliers de tonnes	Milliers de tonnes	%
Sur le réseau de RTE									
Nucléaire	63 130	63 130	0	389 998	407 876	+ 4,6			
Thermique à combustible fossile	22 982	24 230	+ 1248	36 886	41 719	+ 13,1			
Hydraulique	23 805	23 823	+ 18	56 046	61 104	+ 9,0			
Autres sources d'énergie renouvelables	626	792	+ 166	1 343	1 444	+ 7,5			
<b>Total sur le réseau de RTE</b>	<b>110 543</b>	<b>111 975</b>	<b>+ 1432</b>	<b>484 273</b>	<b>512 142</b>	<b>+ 5,8</b>			
France									
Nucléaire	63 130	63 130	0	389 998	407 876	+ 4,6	-	-	
Thermique à combustible fossile	26 154	27 399	+ 1 245	54 895	59 484	+ 8,4	30 281	31 296	+ 3,4
dont :									
- Charbon	7 942	7 942	+ 0	20 688	19 114	- 7,6	19 840	18 336	- 7,6
- Fioul	10 001	10 447	+ 446	7 720	8 032	+ 4,0	3 128	3 619	+ 15,7
- Gaz	8 159	8 963	+ 804	24 065	29 925	+ 24,4	7 265	9 296	+ 28,0
Hydraulique	25 357	25 390	+ 33	61 882	67 599	+ 9,2	-	-	
Autres sources d'énergie renouvelables	5 793	7 864	+ 2 071	12 342	15 263	+ 23,7	2 804	2 910	+ 3,8
<i>Thermique à combustible renouvelable</i>	<i>1 030</i>	<i>1 223</i>	<i>+ 193</i>	<i>4 341</i>	<i>4 965</i>	<i>+ 14,4</i>	<i>2 804</i>	<i>2 910</i>	<i>+ 3,8</i>
<i>Solaire</i>	<i>190</i>	<i>878</i>	<i>+ 688</i>	<i>147</i>	<i>572</i>	<i>+ 289,1</i>	-	-	
<i>Eolien</i>	<i>4 574</i>	<i>5 764</i>	<i>+ 1 190</i>	<i>7 855</i>	<i>9 726</i>	<i>+ 23,8</i>	-	-	
<b>Total France</b>	<b>120 434</b>	<b>123 783</b>	<b>+ 3 349</b>	<b>519 118</b>	<b>550 222</b>	<b>+ 6,0</b>	<b>33 085</b>	<b>34 206</b>	<b>+ 3,4</b>

**TABLEAU 6.4 EVOLUTION DU PARC DE PRODUCTION EN 2010**

Extrait du rapport R.T.E, Statistiques de l'énergie électrique en France

En 2010, en France, un peu moins 80 % de l'électricité française était couplée à l'utilisation de ressources « finies ».

Par ailleurs on observe une hausse significative des émissions de CO<sub>2</sub> dans l'usage des combustibles fiouls et gaz.

Le paysage énergétique français est très divers. Le mix énergétique propre à la France est en constante évolution. Les outils de production d'énergie sont marqués à divers degrés par leur empreinte environnementale et sociale.

Leurs apports contribuent à préserver l'équilibre entre l'offre et la demande en considérant les contraintes techniques associées à l'utilisation de l'énergie électrique.

Les différentes étapes du système énergétique d'un pays peuvent se synthétiser dans un schéma condensé, appelé bilan énergétique.

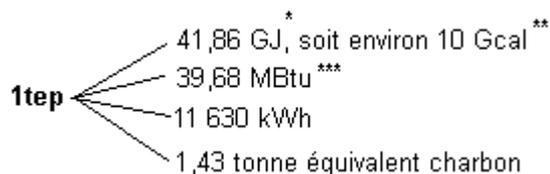
### 2.3.3 Bilan énergétique, de l'alpha à l'oméga

Le bilan énergétique d'un pays est un tableau à double entrée indiquant les étapes de composition du système énergétique, de la production des matières premières énergétiques jusqu'à la consommation des produits énergétiques par les secteurs d'activités finaux, en passant par la transformation (raffineries, centrales électriques) des produits énergétiques, de la forme primaire à la forme finale.

On trouve de nombreux Bilans énergétiques (Enerdata, A.I.E, Eurostat). Le bilan choisi est celui de GLOBAL CHANCE « une association de scientifiques et d'experts partageant la conviction qu'un développement mondial plus équilibré peut et doit résulter de la prise de conscience croissante des menaces qui pèsent sur l'environnement global »

(Enerdata, 2012)(A.I.E\*, 2012)(Eurostat, 2012)(Global Chance, 2012)

Au préalable, relevons que selon le conseil mondial de l'énergie, 1tep (tonne équivalent pétrole) équivaut à :



(\*) **GJ** = Giga Joule

(\*\*) **Gcal** = Giga calorie

(\*\*\*) **MBtu** = Mega British Thermal Unit

L'ordre de grandeur dans les bilans énergétiques nationaux est le Mtep (mégatonne d'équivalent pétrole soit 1 000 000 tep), au niveau régional la ktep (kilotonne d'équivalent pétrole, soit 1 000 tep), et au niveau local la tep.

Dans la lignée des observations précédentes, l'association Global Chance constate :

*« Dans les bilans officiels classiques (AIE, Eurostat, Enerdata), à côté des sources primaires fossiles (charbon, pétrole, gaz naturel, chaleur primaire – eau chaude solaire ou géothermique – et biomasse), on trouve la case « électricité primaire » qui comprend l'électricité d'origine nucléaire, hydraulique, éolienne, solaire photovoltaïque, géothermique.*

*Mais les productions d'électricité de ces différentes sources et techniques ne sont pas comptabilisées de la même façon : pour l'hydraulique, l'éolien et le photovoltaïque, on compte en « électricité primaire » la production d'électricité en tep (tonne équivalent pétrole) avec le coefficient : 1 000 kWh = 0,086 tep. Il n'en est pas de même pour la géothermie et le nucléaire. Pour la géothermie, le coefficient d'équivalence est « 1 000 kWh = 0,86 tep » (soit dix fois plus élevé) et pour le nucléaire, « 1 000 kWh : 0,26 tep » (soit trois fois plus élevé). Ce coefficient vient du fait que l'on ne comptabilise pas dans ce cas l'électricité produite mais la chaleur produite dans le réacteur : il n'est donc pas correct d'appeler cette production électricité primaire ».*

Malgré son potentiel très important et de nombreuses possibilités, en France la production à partir de sources géothermiques (haute température) est très faible ; les conséquences sur le Bilan énergétique seront minimes.

(Laplaige, Lemale, 2008)(Bugarel, 2010).

La contribution du nucléaire est très élevée ; une centrale nucléaire est une centrale thermique dans laquelle la chaleur est produite dans le réacteur nucléaire par les fissions des matériaux fissiles, et le « combustible » à l'origine de ces fissions est l'uranium naturel qui constitue donc la matière première de cette production d'électricité.

C'est pour cette raison qu'apparaîtra « dans le bilan énergétique, une colonne « Uranium » pour bien rappeler le combustible de base de la production d'électricité d'origine nucléaire. La valeur de l'énergie primaire correspondante est bien la valeur de la chaleur produite dans le réacteur et transformée ensuite en électricité via un turboalternateur, comme dans une centrale thermique à combustible fossile. Le rendement d'une centrale nucléaire étant relativement faible (de l'ordre de 33 %), on obtient ainsi le coefficient 0,26.

La quantité d'uranium ainsi consommée, dans la mesure où cette matière première est en France entièrement importée, figure dans la ligne « importations ». Cela constitue une différence notable avec les bilans officiels classiques qui considèrent que la production d'énergie d'origine nucléaire, même en valeur primaire, est une production « nationale », même si l'uranium est totalement importé. »

La lecture du bilan est issue du rapport de Global chance ; il présente une grille de lecture du bilan énergétique.

### Grille de lecture du bilan énergétique de Global Chance

#### ***De la production primaire à la consommation primaire.***

a) ***La ligne « Production primaire »*** indique les productions nationales des différentes sources d'énergie primaire :

- Valeurs en tep des productions de la matière première correspondante pour charbon et lignite, pétrole brut, gaz (gaz naturel), uranium et biomasse (bois, déchets organiques agricoles ou ménagers).

- La case « HESG » comprend la production d'électricité d'origine hydraulique, éolienne, solaire photovoltaïque et géothermique, avec les règles de passage de la production d'électricité à la valeur en tep présentées ci-dessus.

Les valeurs des différentes productions d'électricité de chacune de ces sources sont données dans le tableau 7.4 (voir ci-dessous).

- La case « chaleur » représente la « chaleur primaire » et comprend la chaleur produite par les panneaux solaires thermiques (chauffage et eau chaude sanitaire) et la chaleur d'origine géothermique.

b) ***Les lignes « Importation » et « Exportation »*** ne se limitent pas aux échanges de produits « primaires » (charbons, pétrole brut, gaz naturel, uranium, biomasse) mais incluent également les échanges de produits pétroliers (exprimés en tep) et d'électricité.

Les valeurs en tep des importations et des exportations de l'électricité sont calculées avec le facteur d'équivalence  $1 \text{ TWh} = 0,086 \text{ Mtep}$ . Si un pays exporte de l'électricité d'origine thermique (fossile ou nucléaire), on ne compte pas dans le bilan primaire une réduction proportionnelle de combustible (fossile ou uranium) mais seulement l'électricité exportée. Inversement, un pays importateur ne verra imputer à sa consommation primaire que l'électricité importée exprimée avec le même

coefficient d'équivalence. Pour cette raison, les échanges d'électricité figurent dans la colonne « électricité ».

c) La ligne « soutes maritimes » comprend tous les approvisionnements en énergie des flottes qui s'approvisionnent dans des ports du pays concerné. Elle ne concerne en fait que les produits pétroliers. Cette consommation d'énergie n'est pas comptée comme consommation du pays dont on présente le bilan.

d) La ligne « variation de stocks » concerne le charbon, le pétrole, les produits pétroliers, le gaz et la biomasse.

e) La ligne « Consommation primaire » est la somme, colonne par colonne, des cases correspondantes (en tenant compte de leur signe + ou -). On voit que sont pris en compte dans la consommation primaire le bilan des échanges de produits pétroliers et le bilan des échanges d'électricité (avec la règle signalée plus haut).

#### ***De la consommation primaire à la consommation finale :***

Entre la ligne « consommation primaire » et la ligne « consommation finale » se situent les consommations et les productions du secteur de l'énergie :

a) **Raffineries** : consommation en tep (signe -) de pétrole brut (et d'un peu de charbon et de gaz) et production en tep (signe +) de produits pétroliers.

#### ***b) Centrales électriques :***

- Consommation en tep de charbon, de produits pétroliers, de gaz, d'uranium et de biomasse et des autres énergies renouvelables (signe -).

- Production en tep d'électricité par ces centrales plus électricité importée dans la colonne « électricité ».

- La valeur figurant dans la case correspondant à la colonne « chaleur » est la chaleur produite par la cogénération (production simultanée d'électricité et de chaleur utilisée).

c) **Autoconsommation et pertes** : autoconsommation des mines, raffineries, centrales électriques et pertes sur les réseaux de transport et de distribution (gaz et surtout électricité).

Cette ligne comprend, avec le signe – les consommations effectives des différents produits énergétiques qui sont consommés par les différentes opérations du secteur énergétique.

Curieusement, elle comprend aussi deux cases en signe + qui ont la signification suivante :

- dans la case correspondant à la colonne « pétrole brut » figurent des quantités de produits pétroliers considérés comme de mauvaise qualité et qui doivent être « re-raffinés » et qui sont par conséquent assimilés à du pétrole brut en entrée de raffinerie (sinon il y aurait double comptage) ;

- dans la case correspondant à la colonne chaleur figurent les quantités de chaleur produites par les chaufferies pour le chauffage urbain (hors chaleur produite par cogénération).

d) Les valeurs de la ligne « Consommation finale » sont obtenues, pour chaque produit énergétique, en faisant la somme algébrique des valeurs à partir de la consommation primaire.

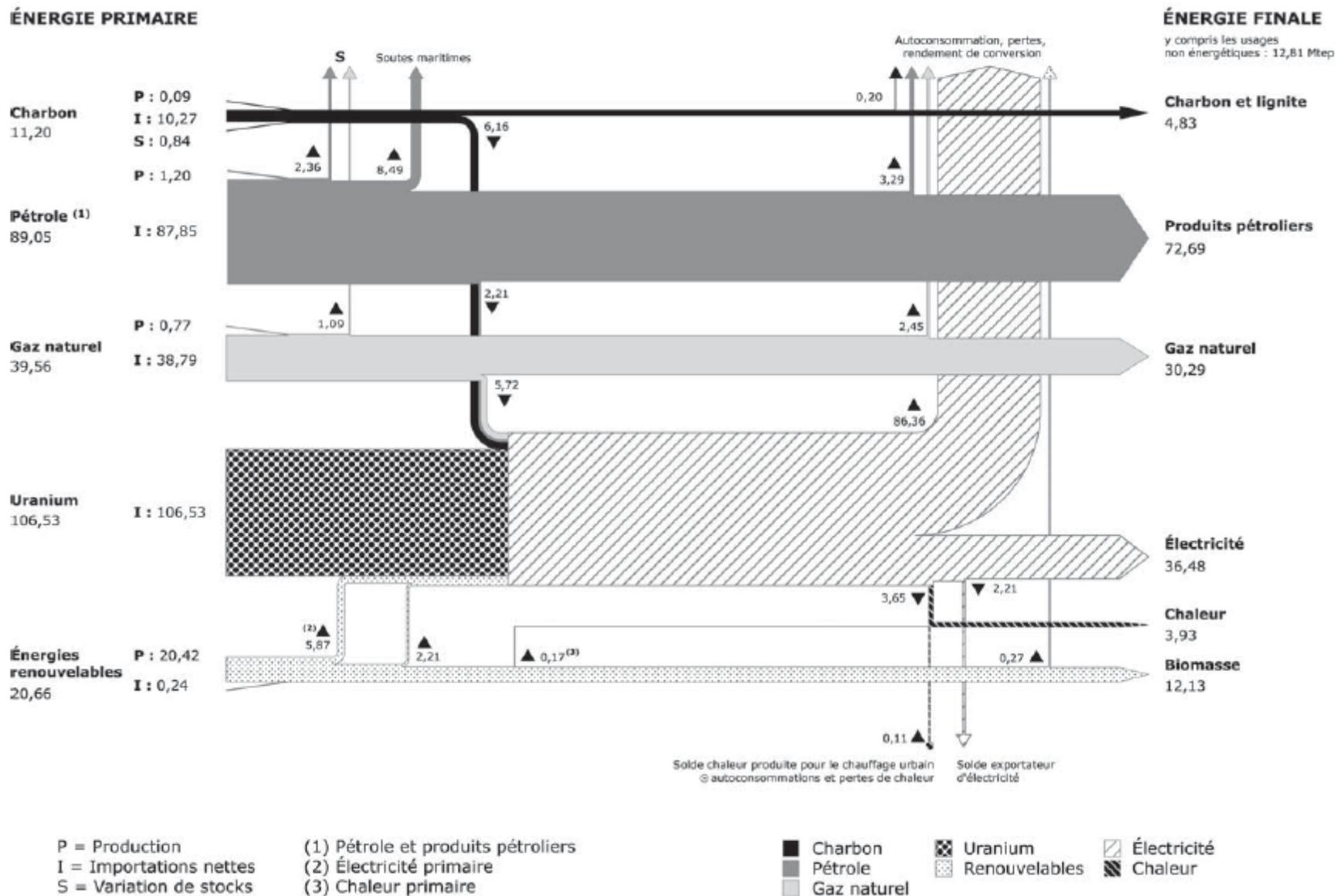
### ***La consommation finale***

On distingue la consommation énergétique finale et la consommation non énergétique (usages non énergétiques du charbon, des produits pétroliers et du gaz par l'industrie).

Les lignes de la zone « Consommation énergétique » présentent les consommations de produits énergétiques par secteur d'activité final : industrie, transports, résidentiel, tertiaire, agriculture.

On note que la consommation des usages non énergétiques – consommation de matières premières énergétiques (essentiellement produits pétroliers et gaz) pour l'industrie chimique - est relativement importante.

Ces consommations ne sont donc pas des consommations finales pour les besoins énergétiques mais il est nécessaire d'en tenir compte pour obtenir un bilan complet et cohérent des consommations des produits énergétiques.



**FIGURE 6.3 BILAN ENERGETIQUE DE LA FRANCE EN 2009 (EN MTEP)**

Extrait du rapport Global Chance, L'analyse des données, Consommations d'énergie et bilans énergétiques en Allemagne et en France. (Réalisation : Atlas Conseil)

Unité : Mtep	Charbon, Lignite	Pétrole Brut	Produits pétroliers	Gaz	Uranium	HESG**	Electricité	Chaleur	Biomasse	Total
<b>PRODUCTION PRIMAIRE</b>	<b>0,09</b>	<b>1,2</b>	<b>0</b>	<b>0,77</b>	<b>0</b>	<b>5,87</b>	<b>0</b>	<b>0,17</b>	<b>14,38</b>	<b>22,47</b>
Importation	10,75	72,43	38,66	40,72	106,53	0	1,65	0	0,41	271,16
Exportation	-0,48	-0,03	-23,21	-1,93	0	0	-3,86	0	-0,17	-29,69
Soutes maritimes et aériennes	0	0	-8,49	0	0	0	0	0	0	-8,49
Variation de stocks	0,84	-0,67	-1,69	-1,09	0	0	0	0	-0,01	-2,63
<b>CONSOMMATION PRIMAIRE</b>	<b>11,2</b>	<b>72,93</b>	<b>5,27</b>	<b>38,46</b>	<b>106,53</b>	<b>5,87</b>	<b>-2,21</b>	<b>0,17</b>	<b>14,61</b>	<b>252,82</b>
Raffineries	0	-76,62	77,61	0	0	0	0	0	0	0,98
Centrales électriques	-6,16	0	-2,21	-5,72	-106,53	-5,87	46,58	3,65	-2,21	-78,47
Autoconsommation, pertes *	-0,2	3,69	-7,97	-2,45			-7,89	0,11	-0,27	-14,98
<b>CONSOMMATION FINALE</b>	<b>4,83</b>		<b>72,69</b>	<b>30,29</b>			<b>36,48</b>	<b>3,93</b>	<b>12,13</b>	<b>160,35</b>
Energétique	4,73		60,56	29,65			36,48	3,98	12,13	147,54
<i>Industrie</i>	4,4		4,25	9,35			10,79	0	1,95	30,74
<i>Transport</i>	0		40,97	0,08			1,11	0	2,53	44,69
<i>Résidentiel</i>	0,33		7,85	15,85			13,71	0,13	6,98	44,85
<i>Tertiaire</i>	0		4,16	4,14			10,52	3,85	0,63	23,31
<i>Agriculture</i>	0		3,34	0,21			0,35	0,01	0,04	3,95
Non énergétique	0,06		12,11	0,64			0	0	0	12,81

Unité : tep	Charbon, Lignite	Pétrole Brut	Produits pétroliers	Gaz	Uranium	HESG	Electricité	Chaleur	Biomasse	Total
<b>PRODUCTION PRIMAIRE</b>	<b>0,001</b>	<b>0,019</b>	<b>0</b>	<b>0,012</b>	<b>0</b>	<b>0,094</b>	<b>0</b>	<b>0,003</b>	<b>0,23</b>	<b>0,36</b>
Importation	0,172	1,16	0,619	0,652	1,706	0	0,026	0	0,007	4,342
Exportation	-0,008	-0,001	-0,372	-0,031	0	0	-0,062	0	-0,003	-0,475
Soutes maritimes et aériennes	0	0	-0,136	0	0	0	0	0	0	-0,136
Variation de stocks	0,013	-0,011	-0,027	-0,018	0	0	0	0	0	-0,042
<b>CONSOMMATION PRIMAIRE</b>	<b>0,179</b>	<b>1,168</b>	<b>0,084</b>	<b>0,616</b>	<b>1,706</b>	<b>0,094</b>	<b>-0,035</b>	<b>0,003</b>	<b>0,234</b>	<b>4,049</b>
Raffineries	0	-1,227	1,243	0	0	0	0	0	0	0,016
Centrales électriques	-0,099	0	-0,035	-0,092	-1,706	-0,094	0,746	0,058	-0,035	-1,257
Autoconsommation, pertes *	-0,003	0,059	-0,128	-0,039			-0,126	0,002	-0,004	-0,24
<b>CONSOMMATION FINALE</b>	<b>0,077</b>		<b>1,164</b>	<b>0,485</b>			<b>0,584</b>	<b>0,063</b>	<b>0,194</b>	<b>2,568</b>
Energétique	0,076		0,97	0,475			0,584	0,064	0,194	2,363
<i>Industrie</i>	0,07		0,068	0,15			0,173	0	0,031	0,492
<i>Transport</i>	0		0,656	0,001			0,018	0	0,04	0,716
<i>Résidentiel</i>	0,005		0,126	0,254			0,22	0,002	0,112	0,718
<i>Tertiaire</i>	0		0,067	0,066			0,168	0,062	0,01	0,373
<i>Agriculture</i>	0		0,053	0,003			0,006	0	0,001	0,063
Non énergétique	0,001		0,194	0,01			0	0	0	0,205

\*y compris retour et transferts et chauffage urbain, \*\*HESG=Hydraulique, Eolien, Solaire(Photovoltaïque) géothermie.

**TABLEAU 6.5 BILAN ENERGETIQUE DE LA FRANCE EN 2009 (EXPRIME EN MTEP)**

**TABLEAU 6.6 BILAN ENERGETIQUE PAR HABITANT EN 2009 EN FRANCE POUR UNE POPULATION DE 62,44 MILLIONS D'HABITANTS (EXPRIME EN TEP)**

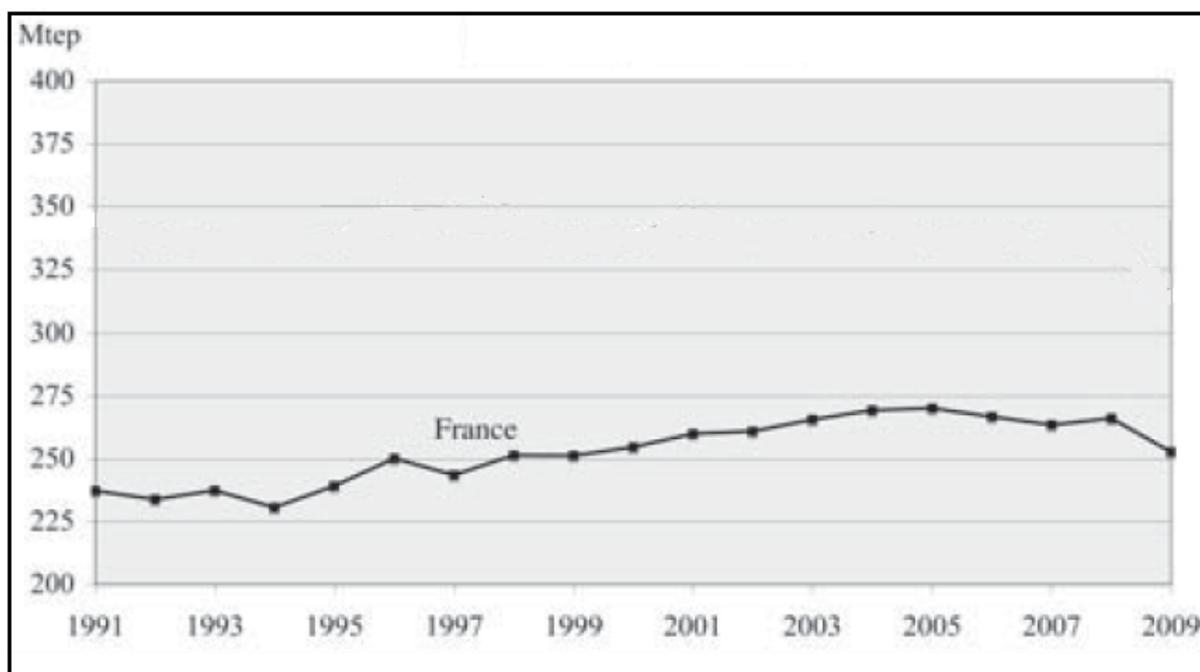
### 2.3.4 Consommations d'énergie primaire

« De la production primaire à la consommation primaire »

Les importations ou exportations d'électricité sont exprimées en tep (à partir des kWh) en équivalence « 1000 kWh = 0,086 tep »

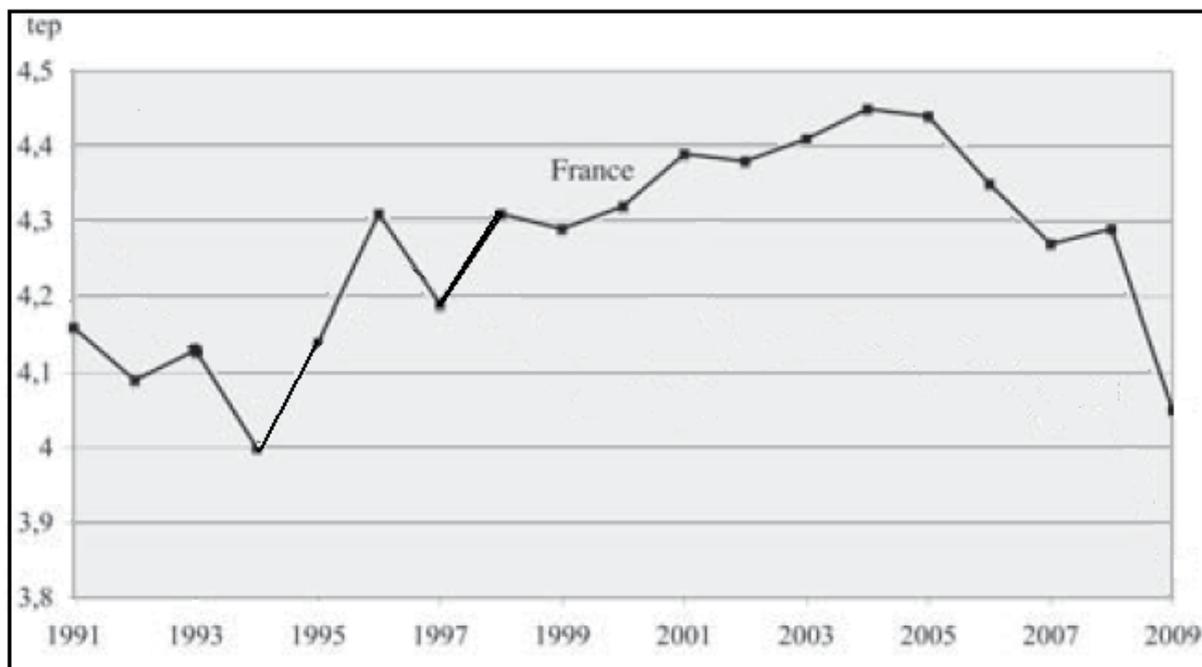
« Si un pays exporte de l'électricité d'origine thermique (fossile ou nucléaire), on ne compte pas dans le bilan primaire une réduction proportionnelle de combustible mais seulement l'électricité exportée. Inversement, un pays importateur ne verra imputer à sa consommation primaire que l'électricité importée, calculée avec le même coefficient d'équivalence. Pour cette raison, les échanges d'électricité figurent dans la colonne « électricité », tout en étant pris en compte dans la consommation primaire. »

Les tableaux suivants étayent notre analyse en poursuivant la double approche combinatoire (pays/habitants) entrevue précédemment dans les bilans énergétiques.



**FIGURE 6.4 EVOLUTION PLURIANNUELLE DE LA CONSOMMATION D'ENERGIE PRIMAIRE EN FRANCE (EXPRIMEE EN MTEP)**

Extrait modifié du rapport Global Chance, L'analyse des données, Consommations d'énergie et bilans énergétiques en Allemagne et en France.



**FIGURE 6.5 EVOLUTION PLURIANNUELLE DE LA CONSOMMATION D'ENERGIE PRIMAIRE EN FRANCE PAR HABITANT (EXPRIMEE EN TEP)**

Extrait modifié du rapport Global Chance, L'analyse des données, Consommations d'énergie et bilans énergétiques en Allemagne et en France.

Totale		1991	1997	2004	2008	2009
France	Mtep	344,5	346,2	343,1	335,1	314,7
Par habitant	tep	4,16	4,19	4,45	4,29	4,05

**TABLEAU 6.7 EVOLUTION PLURIANNUELLE DE LA CONSOMMATION D'ENERGIE PRIMAIRE EN FRANCE ET PAR HABITANT**

Extrait modifié du rapport Global Chance, L'analyse des données, Consommations d'énergie et bilans énergétiques en Allemagne et en France.

Les données indiquent une augmentation de 16 % de la consommation d'énergie primaire en France (sur la période 1991-2009). La consommation par habitant est relativement stagnante durant les années 90 puis augmente sensiblement à partir de 1997 pour enfin décroître 10 ans plus tard et atteindre un seuil inférieur à celui de 1991.

Nous allons maintenant projeter les données dans un tableau comparatif de l'Union Européenne à 15 puis à 27, afin de situer la consommation d'énergie primaire par habitant en France par rapport à ses voisins de l'U.E.

Les données sont celles de 2007, une année marquée par la baisse d'intensité de consommation d'énergie primaire en France.

L'actualisation du tableau ci-dessous pourrait réévaluer à la baisse le positionnement de la France à propos de sa part de consommation d'énergie primaire dans l'U.E à 27. (15,1 % en 2007).

2007	Population million	Cosommation Energie primaire		
		Total Mtep	%	Par hab tep
Unité				
Allemagne	82,43	330,7	18,4	4,01
Autriche	8,34	33	1,8	3,96
Belgique	10,58	58,9	3,3	5,56
Danemark	5,44	20,3	1,1	3,73
Espagne	44,84	148,6	8,3	3,31
Finlande	5,28	37	2,1	7,01
France	61,69	269,8	15,1	4,37
Grèce	11,18	30,7	1,7	2,75
Irlande	4,32	15,5	0,9	3,6
Italie	59,6	181,5	10,1	3,04
Luxembourg	0,47	4,7	0,3	10,2
Pays-Bas	16,43	82,5	4,6	5,02
Portugal	10,67	25,6	1,4	2,4
Royaume-Uni	60,86	223	12,4	3,66
Suède	9,09	49,8	2,8	5,48
<b>UE-15</b>	<b>391,23</b>	<b>1511,6</b>	<b>84,3</b>	<b>3,86</b>
Bulgarie	7,66	21,5	1,2	2,81
Chypre	0,79	2,7	0,2	3,39
Estonie	1,34	5,3	0,3	3,94
Hongrie	10,04	27	1,5	2,69
Lettonie	2,28	4,9	0,3	2,16
Lituanie	3,38	9,3	0,5	2,74
Malte	0,41	0,9	0,1	2,31
Pologne	38,13	98,3	5,5	2,58
Rép. Tchèque	10,26	45,7	2,5	4,45
Roumanie	21,52	39,9	2,2	1,85
Slovaquie	5,39	18,2	1	3,38
Slovénie	2,01	7,3	0,4	3,65
<b>NEM</b>	<b>103,2</b>	<b>281</b>	<b>15,7</b>	<b>2,72</b>
<b>UE-27</b>	<b>494,42</b>	<b>1792,6</b>	<b>100</b>	<b>3,63</b>

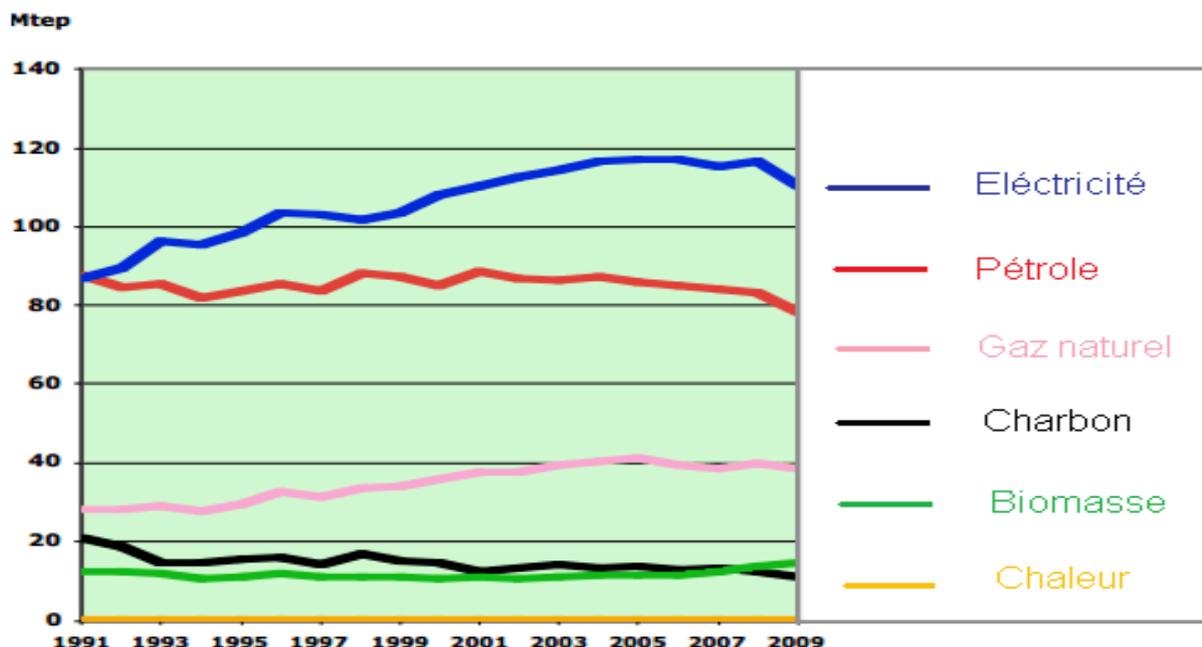
**TABLEAU 6.8 CONSOMMATION D'ENERGIE PRIMAIRE DANS LES PAYS DE L'U.E-27 EN 2007**

Extrait de Global Chance, Petit memento énergétique de l'Union Européenne, fiche n°10

La consommation d'énergie primaire par habitant de l'ensemble des nouveaux États membres (NEM) est nettement inférieure à celle de l'ensemble UE-15 !

Nous noterons qu'en 2007 le pourcentage de consommation d'énergie primaire de la France au sein de l'Union Européenne était à peu près égal à l'ensemble du pourcentage des nouveaux États membres de l'U.E ! (15,1 pour 15,7)

Nous allons maintenant décomposer les données françaises par source d'énergie.



**FIGURE 6.6 ÉVOLUTION PLURIANNUELLE DE LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE PRIMAIRE PAR SOURCE EN FRANCE (EXPRIMÉE EN MTEP)**

(Extrait modifié du rapport Global Chance, L'analyse des données, Consommations d'énergie et bilans énergétiques en Allemagne et en France.)

« La rubrique « Électricité » comprend la production d'électricité d'origine nucléaire et celle d'origine renouvelable hors biomasse (HESG) comptabilisées en énergie primaire. La rubrique « Chaleur » comprend le solaire thermique pour la production de chaleur et la géothermie basse température »

France	1991	1999	2007	2008	2009
Charbon	21,1	15,2	13,4	12,6	11,2
Pétrole	87,9	87,3	83,9	83,2	78,2
Gaz naturel	28,5	34,1	38,5	39,9	38,5
Electricité	86,8	103,6	115,1	116,4	110,2
Chaleur	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2
Biomasse	12,6	11,0	12,6	14,0	14,6
<b>Total</b>	<b>237,2</b>	<b>251,3</b>	<b>263,6</b>	<b>266,2</b>	<b>252,8</b>

**TABLEAU 7.1 ÉVOLUTION PLURIANNUELLE DE LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE PRIMAIRE PAR SOURCE EN FRANCE (EXPRIMÉE EN MTEP)**

Extrait modifié du rapport Global Chance, L'analyse des données, Consommations d'énergie et bilans énergétiques en Allemagne et en France.

En 1991, l'électricité primaire (nucléaire et hydraulique), est la première source dont la consommation augmente sur l'ensemble de la période (+ 34 % entre 1991 et 2008) ; la consommation du gaz naturel croît à son tour de 40 % (1991-2008) ; enfin la consommation de la biomasse augmente de 16 % sur la même période.

Celle du pétrole diminue légèrement (-5,3 % sur la même période) et celle du charbon décroît aussi (- 40 % sur la même période).

Unité : Mtep	Charbon, Lignite	Pétrole Brut	Produits pétroliers	Gaz	Uranium	HESG**	Elec.*	Chaleur	Biomasse	Total
France	11,2	72,93	5,27	38,46	106,53	5,87	-2,21	0,17	14,61	252,82
Part (%)	4,4	28,8	2,1	15,2	42,1	2,3	-0,9	0,1	5,8	100

**TABLEAU 7.2 STRUCTURE PAR SOURCE DE LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE PRIMAIRE TOTALE**

Extrait modifié du rapport Global Chance, L'analyse des données, Consommations d'énergie et bilans énergétiques en Allemagne et en France.

Le signe \* mentionne les importations nettes d'électricité (d'où le signe – puisque les exportations sont plus importantes que les importations pour les deux pays) qui sont prises en compte dans la consommation primaire.

La principale source primaire est l'uranium, à 42 %, suivie de « pétrole brut + produits pétroliers » à 31 %, du gaz naturel à 15 %, de la biomasse et du charbon à respectivement 6 % et 4 %. La contribution des énergies renouvelables pour la production d'électricité est de 2 %, celle de la chaleur primaire (solaire thermique et géothermie) de 0,1 %. Les exportations nettes d'électricité sont de 0,9 %.

La contribution des énergies renouvelables est de 20,65 Mtep (8,2 % de la consommation primaire).

*« Nous avons vu précédemment que, pour des calculs simplifiés, on peut retenir une valeur de 20 tonnes d'uranium naturel (Lorsque l'on parle de tonnes d'uranium naturel, il s'agit en fait de tonnes de l'oxyde U3O8 (« Yellow cake »), octaoxyde de triuranium, contenu dans le « Yellow cake », produit final d'extraction de l'uranium à partir du minerai (uraninite ou pechblende). Pour une production de 1 TWh (milliard de kWh) ou 0,086 Mtep d'électricité et 0,26 Mtep d'énergie primaire « nucléaire (uranium) ».*

La consommation d'uranium naturel pour la production d'électricité d'origine nucléaire est donc respectivement, pour l'année 2009, d'environ 8 200 tonnes ; ce qui fait de la France le premier consommateur de l'Union Européenne.

Nous allons maintenant détailler la production d'électricité.

### 2.3.5 Le rendement du système

Le rendement du système énergétique est égal au rapport de la consommation finale à la consommation primaire. Ce rapport est de 0,634 pour la France. La ligne « centrales électriques » du bilan fournit d'une part la quantité de tep d'énergie primaire en « entrant » des centrales électriques et la production brute de ces centrales en électricité et en chaleur (cogénération). Les données ci-dessous s'appuieront sur une comparaison avec les centrales électriques allemandes.

Centrales électriques	Charbon, Lignite	Produits pétroliers	Gaz	Uranium	HESG	Biomasse	Electricité	Chaleur	Total
Allemagne	-60,49	-2,58	-14,38	-35,07	-5,39	-14,56	51,32	8,33	-72,82
France	-6,16	-2,21	-5,72	-106,53	-5,87	-2,21	46,58	3,65	-78,47

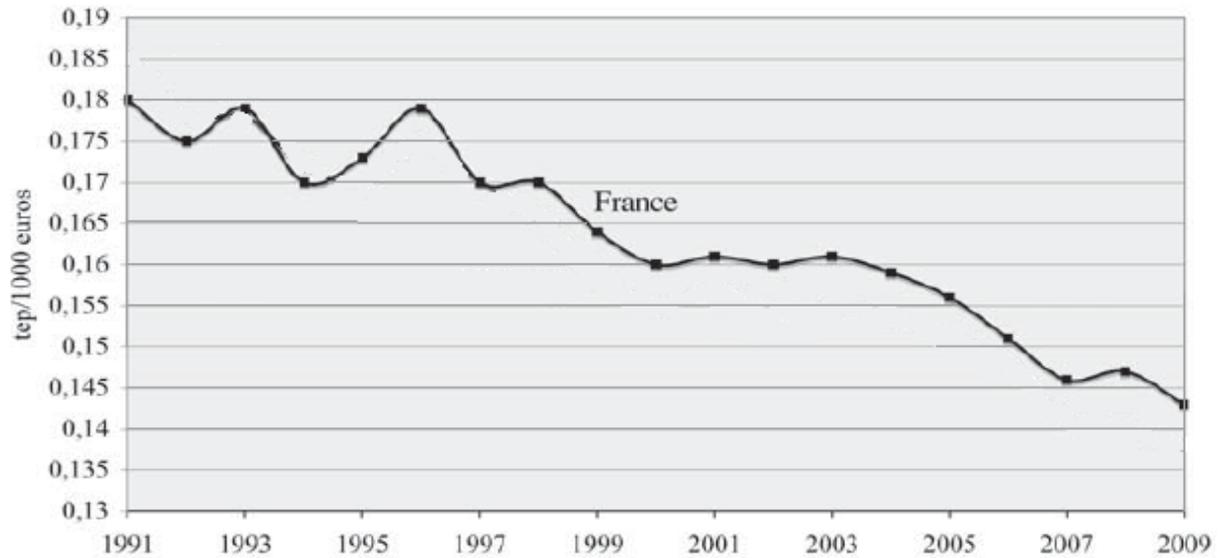
  

	Allemagne	France
Entrants (Mtep)	132,5	128,7
Electricité produite (Mtep)	51,32	46,58
Chaleur produite (Mtep)	8,33	3,65
Entrants/Electricité produite	2,58	2,76
Entrants/ (Electricité + chaleur produites)	2,22	2,56

**TABLEAU 7.3 RENDEMENT DE LA PRODUCTION BRUTE D'ELECTRICITE**

Extrait modifié du rapport Global Chance, L'analyse des données, Consommations d'énergie et bilans énergétiques en Allemagne et en France.

L'intensité énergétique primaire, rapport des consommations primaires au produit intérieur brut, décroît sur la période 1991-2009 ; elle se situe à 0,143 tep/1 000 euros en 2009.



**FIGURE 6.7 EVOLUTION PLURIANNUELLE DE L'INTENSITE ENERGETIQUE PRIMAIRE EN FRANCE**

Extrait modifié du rapport Global Chance, L'analyse des données, Consommations d'énergie et bilans énergétiques en Allemagne et en France.

L'institut national de la statistique et des études économiques (I.N.S.E.E) définit la production brute d'électricité comme « *celle mesurée aux bornes des groupes des centrales, elle comprend donc la consommation des services auxiliaires et les pertes dans les transformateurs des centrales* » (I.N.S.E.E, 2012)

L'I.N.S.E.E obtient ses informations comptables du service Observation et Statistiques du Commissariat général au Développement durable (Ministère du développement durable, des transports et du logement). Ce dernier collecte les données de production des principaux producteurs en France : EDF, CNR et Snet, les données d'échanges extérieurs de RTE et les données de consommation proviennent d'EDF (ERDF), et de RTE.

Par ailleurs, il existe une base de données en ligne (PEGASE) commune à l'I.N.S.E.E et au Service de l'observation et des statistiques. (M.D.D.T.L, 2012)(PEGASE, 2012)

<b>Bilan électrique 2009</b>	<b>Total</b>	<b>Par habitant</b>
	<b>France</b>	<b>France</b>
		<b>(62,45 millions)</b>
	<b>TWh</b>	<b>kWh</b>
<b>PRODUCTION BRUTE, dont</b>	<b>541,7</b>	<b>8674</b>
<b>Renouvelables non thermiques</b>	<b>69,6</b>	<b>1113</b>
Hydraulique, dont	61,6	986
<i>Pompage</i>	4,6	74
Géothermique	0	0
Eolien	7,8	124
Solaire	0,164	2,6
<b>Thermiques, dont</b>	<b>471,7</b>	<b>7554</b>
Nucléaire	409,7	6562
Fossile	56	896
<i>ex-charbon</i>	27,7	444
<i>ex-pétrole</i>	5,9	95
<i>ex-gaz</i>	22,3	357
Biomasse	6	96
<b>Divers</b>	<b>0,49</b>	<b>8</b>
<b>AUTOCONSUMMATION (1)</b>	<b>-23,8</b>	<b>-382</b>
<b>PRODUCTION NETTE (2)</b>	<b>517,8</b>	<b>8293</b>
<b>IMPORTATIONS (3)</b>	<b>19,2</b>	<b>308</b>
<b>EXPORTATIONS</b>	<b>-44,9</b>	<b>-719</b>
<b>CONSOMMATION DU POMPAGE</b>	<b>-6,5</b>	<b>-105</b>
<b>DISPONIBILITE INTERIEURE (4)</b>	<b>485,6</b>	<b>7776</b>
<b>PERTES DE TRANSPORT ET DISTRIBUTION</b>	<b>-32,5</b>	<b>-520</b>
<b>CONSOMMATION TOTALE (5)</b>	<b>453,1</b>	<b>7256</b>
<b>CONSOMMATION SECTEUR ENERGIE</b>	<b>28,9</b>	<b>463</b>
<b>CONSOMMATION FINALE, dont :</b>	<b>424,2</b>	<b>6793</b>
<b>Industrie</b>	125,5	2010
<b>Transport</b>	12,9	206
<b>Résidentiel</b>	159,4	2553
<b>Tertiaire</b>	122,3	1959
<b>Agriculture</b>	4,1	66

**TABLEAU 7.4 BILAN D'ÉLECTRIQUE ET PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ EN 2009**

Extrait du rapport Global Chance, L'analyse des données, Consommations d'énergie et bilans énergétiques en Allemagne et en France.

(1) *Autoconsommation : consommation d'électricité des centrales électriques.*

(2) *Production nette = production brute + autoconsommation (-).*

(3) *Sur la comptabilité des échanges d'électricité.*

(4) *Disponibilité intérieure = Production nette + importations + exportations (-) + consommation du pompage (-).*

(4) *Consommation totale = Disponibilité intérieure + pertes de transport et distribution (-)*

*Pour produire 1 tep d'électricité (production brute), il fallait 2,76 tep en France d'énergie primaire ou bien 2,76 kWh d'énergie primaire pour une production brute de 1 kWh d'électricité. (sans prendre en compte la production de chaleur par cogénération)*

*La consommation d'électricité produite à partir de la production nationale, hors celle du secteur électrique lui-même, est égale à la consommation totale moins la consommation du secteur énergie pour la production d'électricité, moins les importations d'électricité (réduites des pertes de transport et distribution proportionnelles).*

La production brute nationale nécessaire pour assurer cette consommation d'électricité est égale à la production brute totale moins les exportations.

Le tableau suivant qui détaille ce calcul montre que, pour disposer d'1 kWh d'électricité finale, il faut 3,31 kWh d'énergie primaire en France.

**Le rendement global du système électrique Français est donc de 30,2 % en France.**

Consommation d'électricité				
	Totale	Secteur énergie	Importations	Total
	TWh	TWh	TWh	TWh
France	453,1	21	18,048	414,1
Production brute nationale correspondante				
	Totale	Exportations	Total	Prod brute/consommation finale d'électricité
	TWh	TWh	TWh	TWh
France	541,7	44,9	496,8	1,200
Consommation primaire/consommation finale d'électricité				
	Consommation primaire /Production brute d'électricité	Prod. brute d'électricité /conso. finale d'électricité	Consommation primaire /conso. finale d'électricité	
France	2,76	1,200	3,31	

**TABLEAU 7.5 LE RENDEMENT DU SYSTEME ELECTRIQUE**

Extrait modifié du rapport Global Chance, L'analyse des données, Consommations d'énergie et bilans énergétiques en Allemagne et en France.

Nous reviendrons en détail sur les différentes offres de production présentes en France.

### 2.3.6 Les échanges d'électricité de la France

En règle générale il y a deux façons de définir et comptabiliser les échanges internationaux d'électricité : les « échanges contractuels transfrontaliers » et les « échanges physiques ».

Voici comment l'organe qui les comptabilise (R.T.E) les définit :

#### *Échanges contractuels transfrontaliers*

« Compte tenu du fait que les caractéristiques physiques du réseau limitent les capacités d'interconnexion, RTE a mis en place des modalités d'allocation de ces capacités permettant de répondre aux demandes des clients de manière transparente et non discriminatoire. Les échanges contractuels transfrontaliers intègrent l'ensemble des transactions sur les lignes d'interconnexion du réseau de RTE ».

#### *Échanges physiques*

« Les échanges physiques d'électricité avec l'étranger pour l'ensemble de la France, importations/exportations, recouvrent :

- le cumul des soldes instantanés d'échanges mesurés par les comptages sur chaque ligne d'interconnexion, comptabilisés, selon le signe, en importations ou en exportations.

- les échanges de compensation correspondant à la part de production hydraulique revenant à chaque pays en fonction des droits d'eau, indépendamment du lieu physique d'implantation des moyens de production frontaliers.

Les échanges physiques d'électricité avec l'étranger, aux bornes du réseau de RTE, tiennent compte uniquement des échanges physiques mesurés aux frontières, sans prise en compte des droits d'eau. »

Il en résulte les aspects suivants :

a) Les échanges physiques sont inférieurs, dans leurs deux composantes (importations et exportations), aux échanges contractuels puisqu'ils sont la somme des soldes instantanés des échanges.

b) Le solde « importations - exportations » global annuel des échanges physiques est le même pour les échanges physiques et les échanges contractuels.

Les bilans électriques, tel que celui figurant dans le tableau 7.4, présentent les valeurs en importations et exportations des échanges physiques. Ce qui est important au premier chef pour le bilan électrique est le solde « importations – exportations » (qui est donc le même dans les deux définitions).

Par contre, si l'on veut connaître la réalité des échanges sur le plan économique comme sur l'origine de l'électricité consommée (par exemple pour estimer les émissions de CO<sub>2</sub> liées à une certaine consommation d'électricité), il faut se baser sur les échanges contractuels.

Les échanges contractuels transfrontaliers globaux présentés ci-dessous concernent le périmètre de la France métropolitaine (en incluant la Corse).



**TABLEAU 7.6 EVOLUTION PLURIANNUELLE DU SOLDE D'ÉCHANGES CONTRACTUELS D'ÉLECTRICITÉ**

Extrait du rapport R.T.E, Bilan électrique 2011

TWh	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Exportations	91,9	89	89,6	90,9	89,9	83	81,4	68,2	66,6	75,4
Importations	15,9	24,3	29,2	32,3	28	27,5	34,8	43,5	37,1	19,7
Solde E-I	76	64,7	60,4	58,6	61,9	55,5	46,6	24,7	29,5	55,7

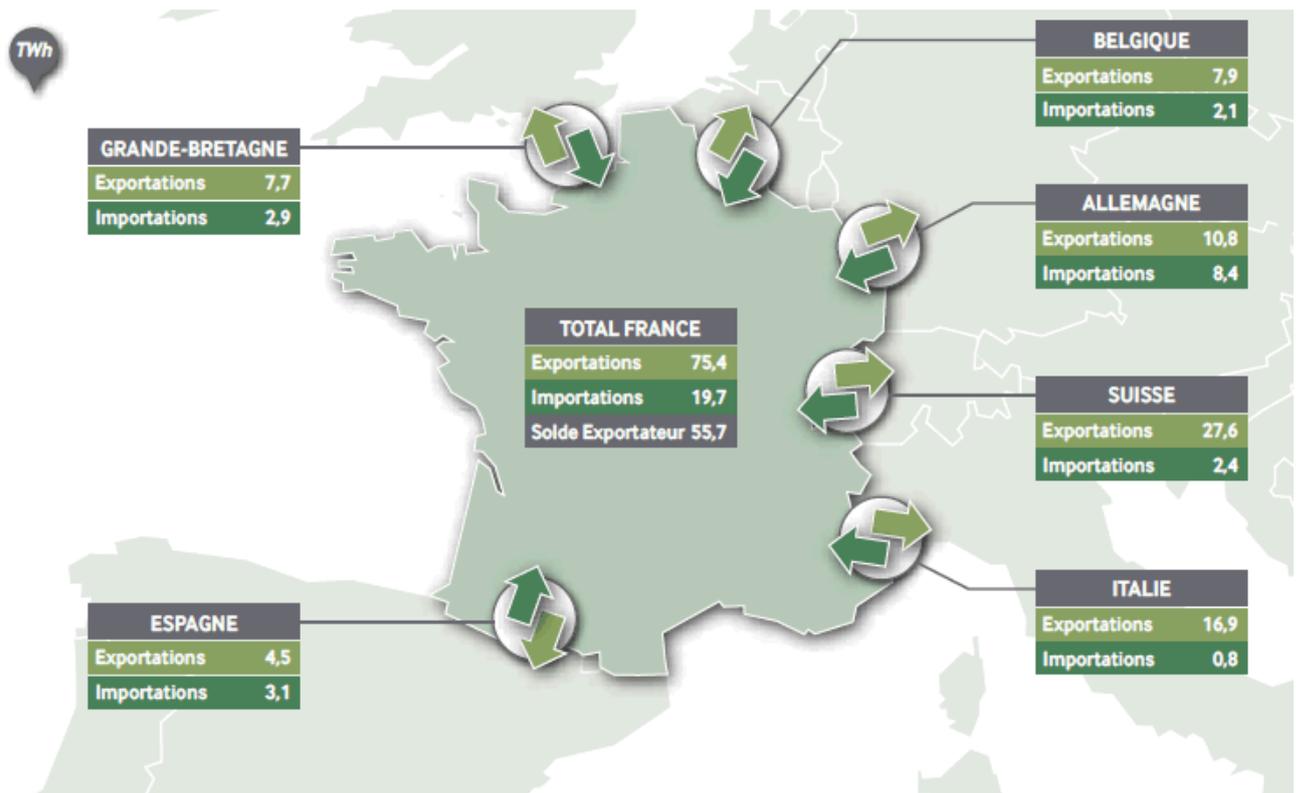
**TABLEAU 7.7 VOLUME D'ÉCHANGES CONTRACTUELS SUR LES LIGNES D'INTERCONNEXION EN FRANCE**

Extrait actualisé du rapport Global Chance, L'analyse des données, Consommations d'énergie et bilans énergétiques en Allemagne et en France.

En 2011, le volume d'échanges contractuels transfrontaliers atteignait 55,7 Twh, ce qui représentait une hausse de 89 % par rapport à 2010.

Le niveau atteint comparable à 2007 reflète une meilleure disponibilité de l'offre de production nucléaire en France par rapport aux années 2009-2010 et la compétitivité de l'électricité produite en France par rapport à celle des pays voisins.

« Les échanges d'électricité avec les pays voisins ont été influencés par la baisse de la consommation d'électricité et la disponibilité des moyens de production en France, mais aussi par l'arrêt de 7 réacteurs nucléaires en Allemagne. »  
(R.T.E, 2012)



**FIGURE 6.8 ECHANGES CONTRACTUELS TRANSFRONTALIERS EN 2011**

Extrait du rapport R.T.E, Bilan électrique 2011

Il existe 46 interconnexions électriques qui relient notre pays à ses voisins européens. Une liaison souterraine à très haute tension est en construction entre l'Espagne et la France.

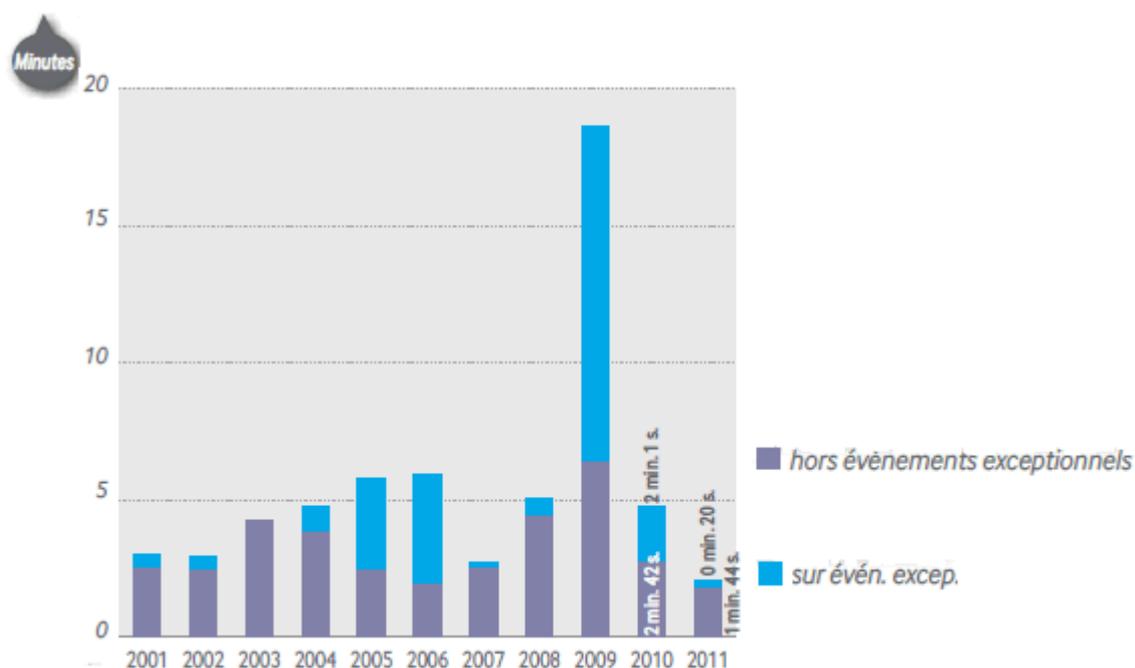
Bien qu'il puisse être l'objet d'une divergence d'interprétation, le bilan énergétique est une photographie à l'instant  $t$  du système énergétique. Les sous chapitres concernant les offres de production d'énergie approfondiront la réflexion sur notre modèle énergétique.

### 2.3.7 Développement réseau et accompagnement des évolutions du système électrique

L'année 2011 a été caractérisée par une baisse du temps de coupure équivalent des clients du gestionnaire de réseau (R.T.E)

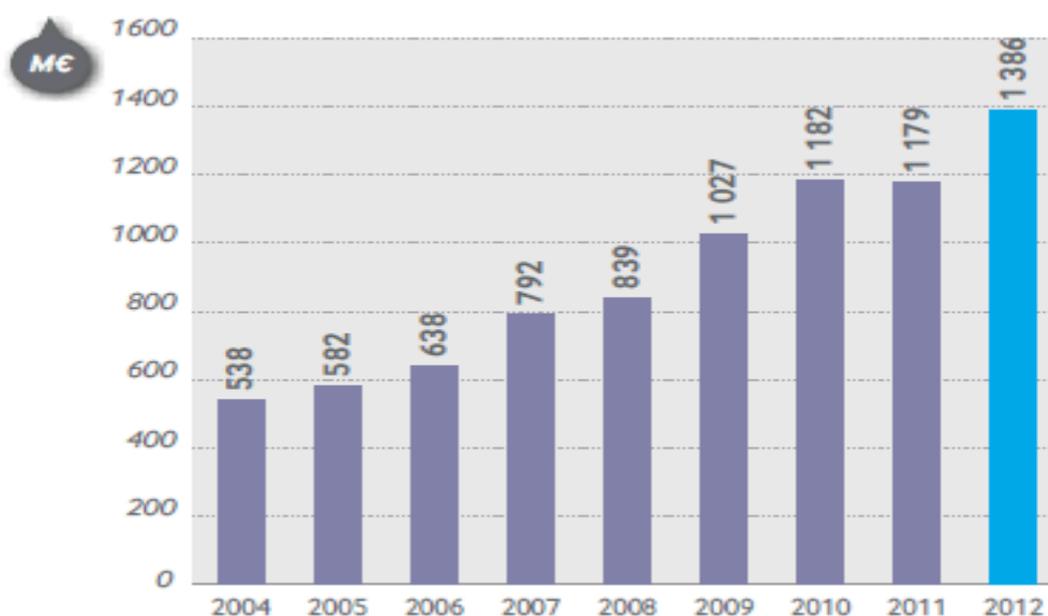
Le temps de coupure équivalent correspond à l'énergie non distribuée du fait de coupures d'alimentation ou de délestages des clients, rapportée à la puissance annuelle moyenne livrée par RTE à ses clients.

L'amélioration du temps de coupure équivalent, liée à un faible nombre d'incidents à fortes conséquences est favorisée par les efforts de RTE en matière de développement, de maintenance et d'exploitation du réseau.



**TABLEAU 7.8 EVOLUTION PLURIANNUELLE DU TEMPS DE COUPURE EQUIVALENT**  
Extrait du rapport R.T.E, Bilan électrique 2011

RTE a investi environ 1,2 milliard d'euros en 2011. Un tiers des investissements a été consacré au renouvellement des ouvrages existants. Le reste des principaux investissements ont porté sur le renforcement des liaisons d'interconnexion avec l'Espagne et l'Italie, le développement de zone d'accueil de production et la construction d'une ligne de 400 KV.



**TABLEAU 7.9 EVOLUTION PLURIANNUELLE DES INVESTISSEMENTS DE R.T.E**  
Extrait du rapport R.T.E, Bilan électrique 2011

L'enveloppe prévoit pour 2012, 200 M€ supplémentaires par rapport à 2011, consacrés aux investissements du réseau.

R.T.E prévoit une continuité dans les investissements consacrée au réseau pour « *s'adapter à la profonde mutation du paysage énergétique induite par la mise en œuvre des politiques énergétiques, en Europe et en France, liée à l'ouverture du marché de l'électricité, à la sécurité d'approvisionnement et à la lutte contre le changement climatique (paquet énergie climat de l'Union Européenne, lois de mise en œuvre du Grenelle de l'environnement). Aux mesures de maîtrise de la demande en énergie (MDE) s'ajoutent des incitations aux transferts d'usages des énergies fossiles vers l'électricité (pompes à chaleur, transports électriques...) et au développement des énergies renouvelables (éolienne, solaire, biomasse, hydraulique).* »

Il anticipe un développement des capacités d'échanges avec les pays voisins (entrevus précédemment avec l'Espagne), une fluidité accrue des transits et secours interrégionaux, avec pour objectif de corriger les amplitudes et la volatilité des flux entre le nord et le sud de la France, prévus dans le cadre du développement des énergies renouvelables et du remplacement des centrales thermiques les plus anciennes.

L'accueil de nouveaux moyens de production sur le réseau nécessite des efforts d'anticipation conformes aux exigences techniques de ces technologies.

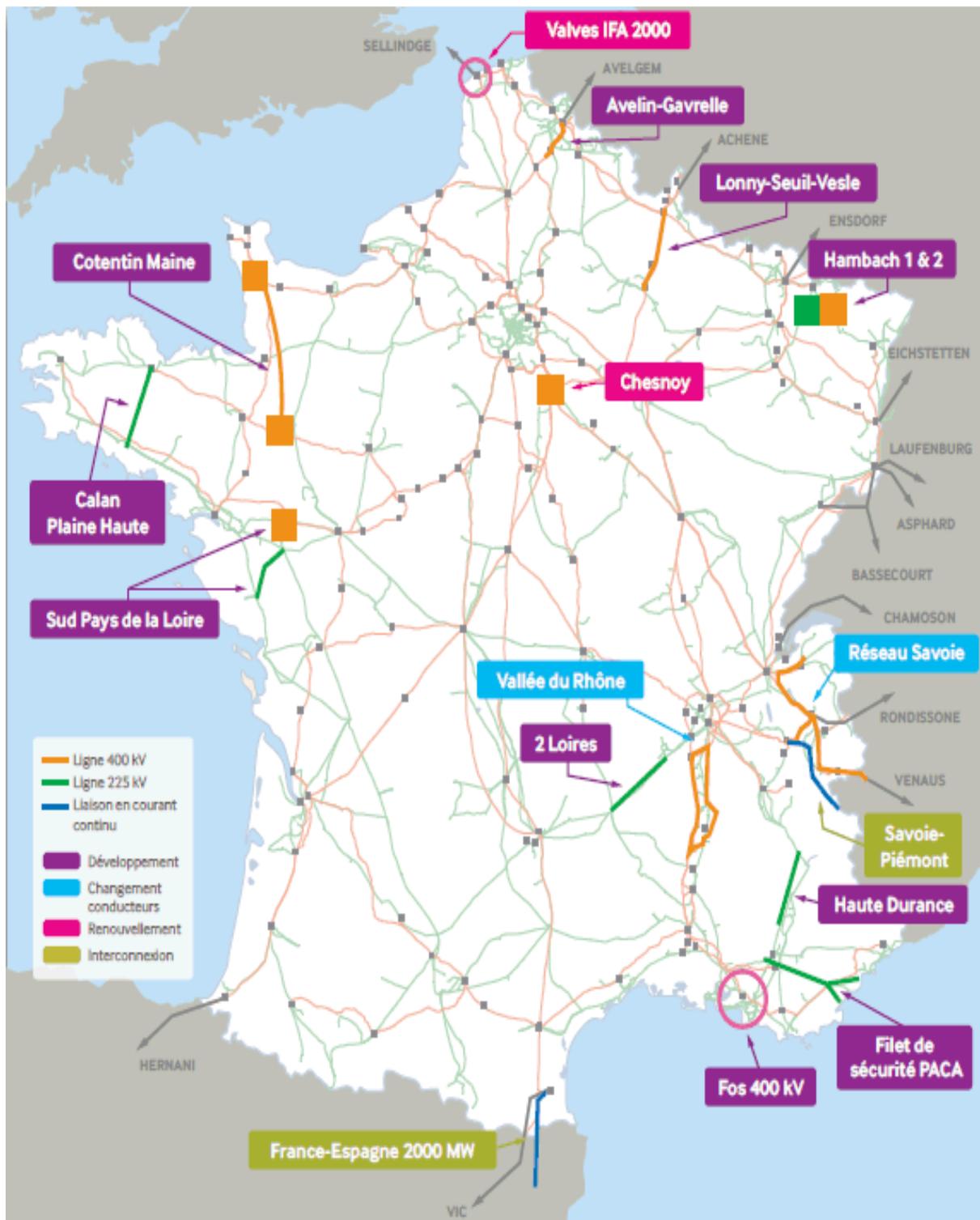
En développant des zones d'accueil, R.T.E se veut opérer en amont les interventions nécessaires aux déploiements de nouveaux outils de productions d'énergie.

Parmi les projets retenant l'attention prospectiviste d'R.T.E, figure en premier lieu l'intégration de l'éolien offshore, qui nécessitera des investissements de raccordements significatifs supportés par les porteurs de projet.

En parallèle, l'année 2012 verra apparaître une précision des solutions de raccordement des installations éoliennes et photovoltaïques terrestres au réseau.

Ces précisions interviendront dans le cadre des schémas régionaux de raccordement des énergies renouvelables (S3REnR) institués par les schémas régionaux climat air énergie (SRCAE) créés dans le cadre du Grenelle de l'environnement.

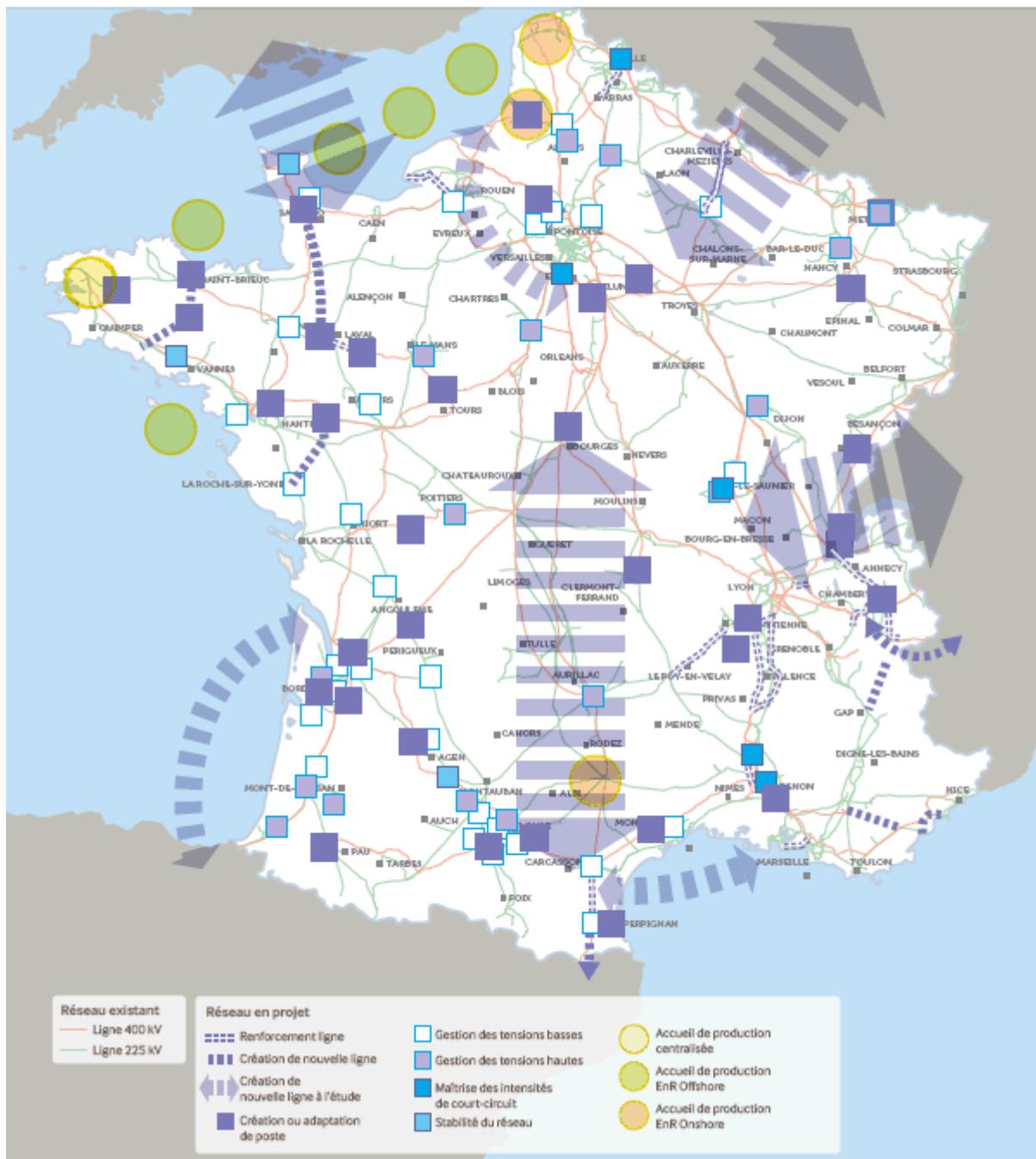
En Corse, le projet de schéma est élaboré par le président du conseil exécutif. (Loi Grenelle I, 2009) (Loi Grenelle II, 2010).



**FIGURE 6.9 LES GRANDS PROJETS EN COURS EN 2011**  
 Extrait du rapport R.T.E, Bilan électrique 2011

R.T.E envisage le développement de technologies structurelles telles que des câbles à faible dilatation, vecteurs d'une énergie plus importante, ou bien encore l'intégration de liaisons à courant continu pour des transports de courant haute tension, en sous terrain, envisagées sur de longues distances.

La mise en sous terrain du réseau est toujours évoquée dans les perspectives à court terme.



**FIGURE 7 LOCALISATION DES PRINCIPAUX INVESTISSEMENTS DE DEVELOPPEMENT PREVUS PAR R.T.E DANS LES 10 ANS A VENIR**

Extrait du rapport R.T.E, Bilan électrique 2011

Cet aperçu cartographié reflète les modifications à venir du paysage énergétique français.

Les innovations technologiques s’immiscent de façon progressive dans le cadre commun de nos vies. Celles associées aux énergies pénétreront les territoires de façon à amortir la transition d’une production d’énergie centralisée vers un maillage territorial décentralisé. L’aperçu ci-dessus en fait clairement l’écho.

## 2.4 Production par filière en France

Les valeurs de puissance des moyens de production présentées ci-dessous sont exprimées nettes des consommations des auxiliaires. Une grande partie des données présentées dans ce sous chapitre est issue des données du gestionnaire de réseau R.T.E.

*Observation du parc de production existant*

GW	Thermique nucléaire	Thermique fossile	Thermique EnR	Hydro électrique	Éolien	Solaire PV	Total
Puissance installée	63.1	27.1	1.2	25.2	5.8	0.9	123.3

**TABLEAU 8 PUISSANCES INSTALLEES PAR FILIERE AU 01/01/2011**

Extrait du rapport R.T.E, Bilan électrique 2011

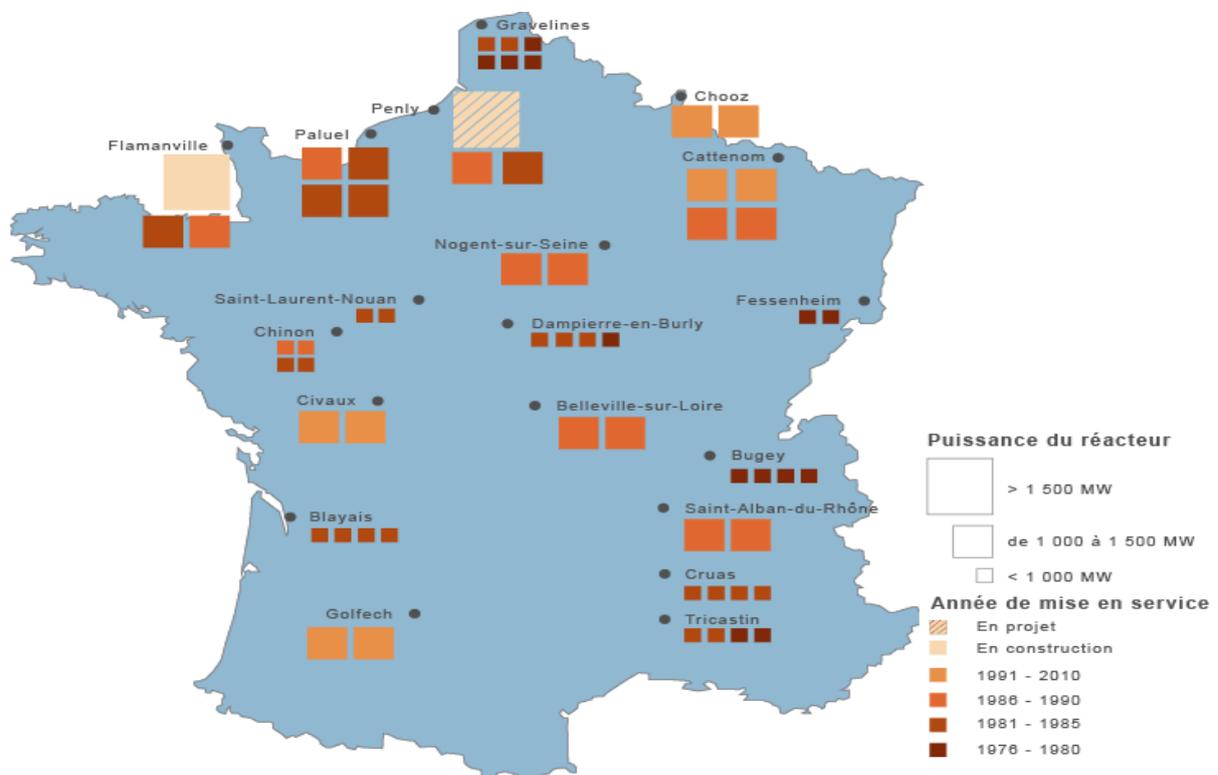
**2.4.1 Production énergétique nucléaire**

**2.4.1.1 Production thermique nucléaire**

Les équipements nucléaires constituent une part prépondérante du parc de production français, non seulement en puissance installée, mais également en termes d'énergie produite : depuis plusieurs années, ils contribuent à 75 % à 80 % de la production totale d'électricité.

Le parc nucléaire est composé de 58 groupes REP (Réacteurs à Eau Pressurisée), répartis en trois paliers techniques standardisés : le palier "900 MW", comprenant 34 unités (puissances unitaires réelles s'étageant de 880 à 915 MW), mises en service entre 1977 et 1987 ; le palier 1 300 MW", comprenant 20 groupes (puissances unitaires réelles de 1 300 à 1 335 MW), mis en service entre 1985 et 1993 ; enfin, le palier "1 500 MW", regroupant les quatre unités les plus récentes, mises en service entre 1996 et 1999. Ensemble, ils développent une puissance de 63,1 GW.

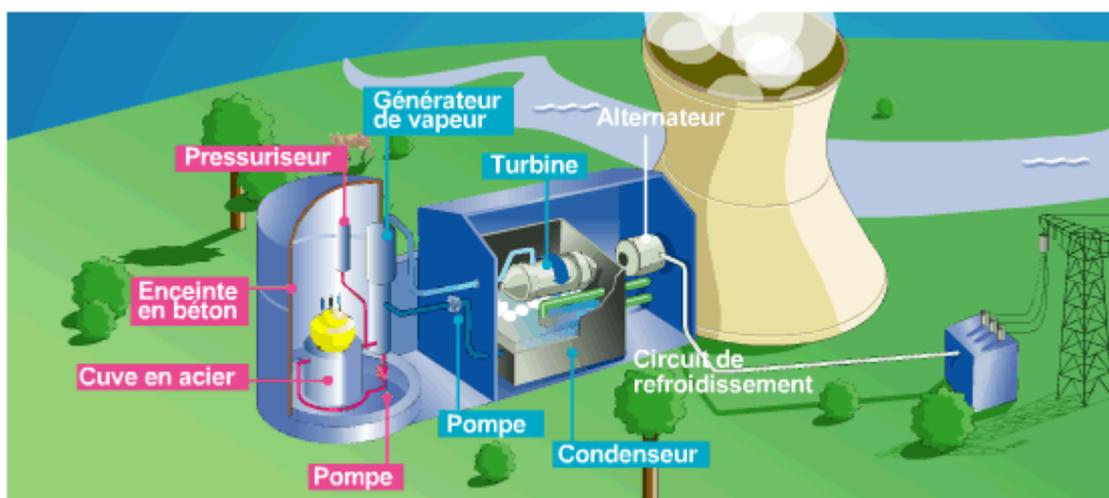
(OCDE, 2008)



**FIGURE 7.3 CARTE SIMPLIFIEE DES 58 REACTEURS NUCLEAIRES FRANÇAIS REPARTIS SUR 19 CENTRALES**

Extrait de fiche pédagogique, le parc nucléaire français. (connaissancedesenergies.org)

Une opération de remplacement des rotors de turbine a été engagée sur une quinzaine de groupes de 900 MW ; l'amélioration du rendement des nouvelles turbines (sans changement de la puissance thermique délivrée par le réacteur), devrait entraîner un gain escompté d'une trentaine de MW sur chaque groupe concerné.



**FIGURE 7.4 SCHEMA SIMPLIFIE D'UN REACTEUR A EAU PRESSURISEE**

Extrait de la médiathèque du commissariat à l'énergie atomique. (<http://www.cea.fr>)

La construction d'un réacteur de type EPR (European Pressurised water Reactor), sur le site de Flamanville, est en cours. La mise en service de ce réacteur, dont l'objectif de première production commercialisable est désormais fixé à 2014, devrait ajouter une puissance de 1600 MW au parc nucléaire actuel.

L'arrêté du 15 décembre 2009 relatif à la Programmation Pluriannuelle des Investissements de production d'électricité (PPI) prévoit la construction d'un second réacteur de type EPR. Le site pressenti est celui de Penly (Seine-Maritime) ; le débat public relatif à ce projet s'est déroulé en 2010 et les demandes d'autorisation sont en cours d'instruction.

(Arrêté du 15 décembre 2009)

La durée de vie du parc nucléaire existant n'est pas encadrée par un dispositif réglementaire. Des visites décennales, appelées « réexamen de sûreté » sont réalisées par l'autorité de sûreté nucléaire (ASN) afin d'évaluer la capacité d'une installation à poursuivre son exploitation pour une période de dix ans.

Cette évaluation est adressée par l'ASN aux Ministres en charge de la sûreté nucléaire, conformément à la loi Transparence et Sécurité Nucléaire.

(TSN, loi n°2006-686).

Suite à l'accident survenu sur la centrale de Fukushima, consécutif au séisme et au tsunami qui ont frappé le nord-est du Japon le 11 mars 2011, le gouvernement a demandé à l'ASN de réaliser une étude complémentaire de sûreté des installations nucléaires, installation par installation.

Cette étude évalue la robustesse des dispositifs de sûreté de chacune d'elles vis à vis des risques d'inondation, de séisme, de perte d'alimentation électrique, de perte de source froide, et la gestion des accidents graves.

A l'issue des évaluations complémentaires de sûreté des installations nucléaires prioritaires, l'ASN considère que les installations examinées présentent un niveau de sûreté suffisant pour qu'elle ne demande pas leur arrêt immédiat.

L'ASN considère aussi que la poursuite de leur exploitation nécessite d'augmenter dans les meilleurs délais, au-delà des marges de sûreté dont elles disposent déjà, leur robustesse face à des situations extrêmes.

(ASN, 2012)

Les exploitants vont se voir imposer un ensemble de dispositions et renforcer les exigences de sûreté relatives à la prévention des risques naturels (séisme et inondation), à la prévention des risques liés aux autres activités industrielles, à la surveillance des sous-traitants et au traitement des non-conformités.

La cour des comptes a effectué une analyse portant sur les coûts de la filière en rassemblant « toutes les données factuelles disponibles actuellement sur les éléments qui constituent les coûts, passés, présents et futurs, de la production d'électricité nucléaire en France, sans prise de position ni sur le niveau souhaitable de cette production, ni sur les modalités de son financement ».

En voici les fondamentaux (les données chiffrées sont établies jusqu' à l'année 2010) :

### ***Les dépenses passées révèlent un investissement initial très lourd***

*« Le montant total de construction des installations nécessaires à la production d'électricité nucléaire s'est élevé à 121 Milliards d'euros. (Hors construction de Superphénix\*).*

*La construction des 58 réacteurs actuels, qui représentent une puissance installée de 62 510 mégawatts (MW), a coûté 96 Mrds d'euros. Il faut ajouter à cet investissement initial, pour 6 Md€, le coût de construction de la première génération. En outre, les investissements nécessaires au cycle du combustible, en particulier la mise en place de la filière de retraitement qu'exploite aujourd'hui AREVA, représente un coût pour la France de 19 Mrds d'euros. »*

\* Superphénix est le réacteur nucléaire de l'ex-centrale nucléaire de Creys-Malville en France. Son cout fut précisé dans « le Rapport public annuel de la Cour des comptes au Président de la République pour 1996 »

(Assemblée Nationale, 1998)

### ***Le nucléaire est la seule source de production d'énergie dont le coût de construction au mégawatt progresse dans le temps***

*« Le coût de construction initial, ramené à la puissance des réacteurs, progresse dans le temps, de 1,07 M€ 2010/MW en 1978 (Fessenheim) à 2,06 M€ 2010/MW en 2000 (Chooz 1 et 2). Avec un coût de construction estimé à 6 Md€ pour l'EPR de Flamanville (tête de série) et une puissance de 1 630 MW, le coût au MW est de 3,7 M€. »*

### ***Les dépenses de recherche représentent un coût colossal dans la seule direction du nucléaire***

*« En tenant compte également des dépenses de recherche, publiques et privées, qui représentent 55 Md€ (1 milliard d'euro par an en moyenne), et du coût de Superphénix (12 Md€ pour l'investissement, le fonctionnement et l'arrêt), le montant total des investissements passés ressort à 188 Md€ (chiffrés jusqu'en 2010) »*

### ***Les charges courantes d'exploitation sont clairement estimées***

« Ces charges d'exploitation annuelles d'EDF se sont élevées à 8,9 Md€ pour une production de 407,9 térawattheure (TWh) en 2010. Ces charges sont bien identifiées et leur chiffrage ne pose pas de problème majeur.

Parallèlement, les dépenses sur crédits publics se sont élevées à 414 millions pour l'effort de recherche et à 230 M€ pour les coûts relatifs à la sûreté, la sécurité et l'information des citoyens, soit un total de 640 M€ en 2010. »

### ***L'évolution des charges est incertaine par nature***

« Le total de ces charges à fin 2010 est estimé à 79,4 Md€, dont 62 Md€ pour EDF.

Parmi ces coûts, les dépenses de démantèlement, c'est-à-dire les dépenses de « démolition » des centrales, sont estimées aujourd'hui à 18,4 Md€, en charges brutes, pour le démantèlement des 58 réacteurs du parc actuel. La Cour considère que les méthodes utilisées par EDF pour ce calcul sont pertinentes mais ne peut pas en valider les paramètres techniques, en l'absence d'études approfondies par des experts. »

« Un autre coût futur important est la gestion à long terme des déchets, pour un coût estimé à 28,4 Md€. Cette estimation est fragile car le projet envisagé pour le stockage des déchets à vie longue, c'est-à-dire leur enfouissement en grande profondeur, n'est pas encore définitif. »

« La Cour conclut de ses investigations que les coûts futurs sont bien tous identifiés par les exploitants, mais ne sont pas évalués avec le même degré de précision. Même si de nombreuses incertitudes pèsent, par nature, sur ces estimations, la Cour estime que les risques d'augmentation de ces charges futures sont probables. »

### ***Les investissements de maintenance vont augmenter ainsi que le coût de production global***

« Le programme d'investissements de maintenance d'EDF, pour les années 2011 – 2025, préparé en 2010, s'élevait à 50 Md€, soit une moyenne annuelle d'environ 3,3 Md€, ce qui correspond presque au double des investissements réalisés en 2010 (1,7 Md€). Les investissements à réaliser pour satisfaire aux demandes de l'ASN sont aujourd'hui estimés à une dizaine de milliards d'euros, dont la moitié serait déjà prévue dans le programme initial de 50 Md€. »

« La production d'électricité nucléaire est une industrie très capitalistique à cycle long pour laquelle le coût du capital est une variable qui a un impact très significatif sur le calcul du coût global. »

« En prenant en compte la rémunération du capital, selon la méthode dite du coût courant économique, qui reflète l'ensemble des coûts sur toute la durée de fonctionnement du parc et permet des comparaisons entre modes d'énergie, le coût moyen du MWh produit s'élève à 49,5 € avec les données de 2010. »

« La Cour montre que si l'impact de l'évolution des charges futures liées au démantèlement et à la gestion des déchets est limité, à l'inverse l'évolution des investissements de maintenance est nettement plus sensible, de l'ordre de 10% du coût moyen. »

### ***Le choix stratégique de la durée de vie des centrales***

« Davantage que les paramètres de démantèlement ou de stockage ultime, l'analyse de la Cour montre que la durée de fonctionnement des centrales du parc actuel constitue une

*donnée majeure de la politique énergétique. Elle a un impact significatif sur le coût de la filière en permettant d'amortir les investissements sur un plus grand nombre d'années. D'autre part, elle repousse dans le temps les dépenses de démantèlement et le besoin d'investissement dans de nouvelles installations de production. »*

*« Or, la Cour constate que d'ici la fin de l'année 2022, 22 réacteurs sur 58 atteindront leur quarantième année de fonctionnement. Par conséquent, dans l'hypothèse d'une durée de vie de 40 ans et d'un maintien de la production électronucléaire à son niveau actuel, il faudrait un effort très considérable d'investissement équivalent à la construction de 11 EPR d'ici la fin de 2022. La mise en œuvre d'un tel programme d'investissement à court terme paraît très peu probable, voire impossible, y compris pour des considérations industrielles. »*

*« Cela signifie qu'à travers l'absence de décision d'investissement, une décision implicite a été prise qui engage déjà la France : soit à faire durer ses centrales au-delà de 40 ans, soit à faire évoluer significativement et rapidement le mix énergétique vers d'autres sources d'énergie, ce qui suppose des investissements complémentaires. »*

*« Quels que soient les choix retenus, afin de maintenir la production actuelle, des investissements importants sont à prévoir à court et moyen terme représentant a minima un doublement du rythme actuel d'investissement de maintenance. Ce doublement fera augmenter le coût moyen de production de l'ordre de 10 %. »*

*« La Cour juge souhaitable que les choix d'investissements futurs ne soient pas effectués de façon implicite mais qu'une stratégie énergétique soit formulée, débattue et adoptée en toute transparence et de manière explicite. »*

*(Cour des comptes, 2012)*

La lecture des éléments factuels fournis par la Cour des comptes permet d'anticiper une réorientation des choix énergétiques vers un mix plus équilibré en termes de parité des sources de production intégrées.

La Cour des comptes vient s'ajouter à la longue liste d'observateurs souhaitant une mise en perspective des solutions existantes pour le devenir énergétique de la France, subordonnée aux choix de ceux qui ont favorisé la dépendance du mix à une seule source de production d'énergie.

On espère voir une multiplication des regards intervenir, afin de dépasser l'uniformité des choix et ainsi permettre une intégration des critères sociaux environnementaux en complément des choix purement et simplement économiques.

#### **2.4.1.2 Quel devenir pour les déchets de l'industrie nucléaire?**

Dans un contexte de demande toujours croissante en énergie et de recherche d'une alternative aux énergies fossiles, la filière nucléaire est présentée comme une source d'énergie incontournable et complémentaire des énergies renouvelables.

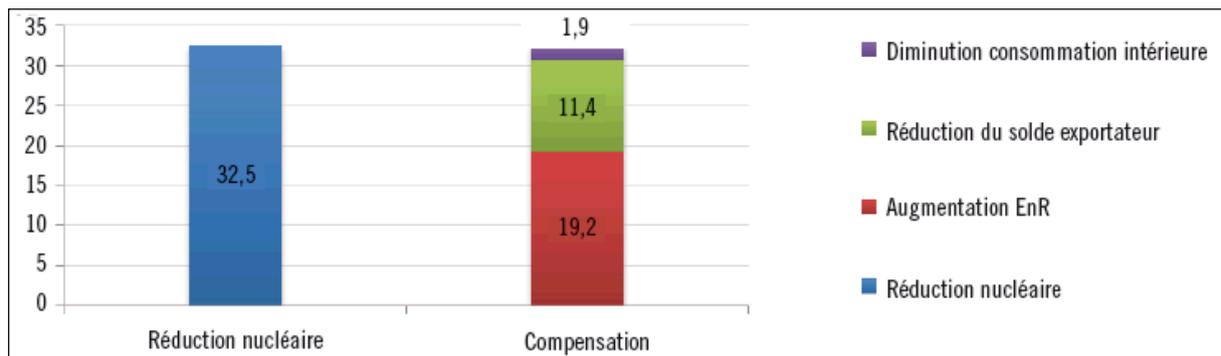
Ce constat est renforcé par la relance des programmes nucléaires aux Etats-Unis comme en Angleterre, le choix de la Finlande et de la France de construire un EPR, la politique énergétique chinoise qui souhaite intégrer dans son mix une part significative de nucléaire, et encore bien d'autres faits de l'actualité récente.

Cependant, certains pays, comme l'Ecosse, l'Allemagne ou le Japon, ont récemment décidé de sortir du nucléaire. La catastrophe de Tchernobyl et plus récemment Fukushima ont impacté la sensibilité de l'opinion publique sur les choix associés à l'énergie nucléaire. Un sondage réalisé par l'IFOP portant sur la question, « *Souhaitez-vous que, d'ici à 20 ou 30 ans, on diminue en France de manière significative la part du nucléaire au profit d'autres sources d'énergies : éolien, solaire, biomasse ?* » révèle que 83% des Français y sont favorables. (IFOP, 2011)

On retrouve souvent un argumentaire monolithique dans la littérature vantant les mérites de la technologie électronucléaire. L'hypothèse d'une sortie progressive du nucléaire y est quasiment impensable. On y mentionne souvent l'indispensable recours aux énergies fossiles classiques favorisant la pollution atmosphérique. (Percebois J., Mandil, C., 2012)(Global Chance, 2012)

Une étude récente sur « l'impact de la décision post-Fukushima sur le tournant énergétique allemand » révèle à quel point il existe une désinformation massive sur les déterminants de l'énergie. Les travaux portent sur l'évaluation des impacts de cette décision qui s'inscrit dans la continuité d'un effort entrepris dans les années 2000. Le gouvernement Allemand a donc décidé de fermer 8 des 17 réacteurs présents sur le territoire Allemand, ce qui engendra une réduction de la production de 32,5 TWh. (IDDRI, 2012)

Pour compenser l'Allemagne a intégré 19,2 TWh d'énergies renouvelables, a réduit son solde exportateur de 11,4TWh et a diminué la consommation intérieure de 1,9 TWh.



**TABLEAU 8.1 ADAPTATION DU MIX ELECTRIQUE EN PROPORTION DE LA REDUCTION D'UNE TRANCHE DU PARC NUCLEAIRE ALLEMAND EN 2011 (EN TWH)**

Extrait du rapport de l'IDDRI L'impact de la décision post-Fukushima sur le tournant énergétique allemand

La raison majeure des inquiétudes sociétales est certainement celle des risques associés à l'utilisation de cette technologie. Parmi les raisons subalternes, les réticences peuvent provenir du fait que nous ne disposons pas, pour le moment, de réelle solution à long terme pour gérer les déchets radioactifs générés par l'industrie nucléaire.

Nous avons vu précédemment grâce aux travaux de la Cour des comptes, l'effort économique considérable porté par les Français sur la recherche scientifique associé à la gestion des déchets, en particulier pour les déchets les plus dangereux.

L'industrie nucléaire est la principale productrice de déchets radioactifs (environ 85% des déchets). Ces déchets proviennent du combustible usé qui a « brûlé » dans les centrales mais également de toutes les parties de la centrale qui ont pu être activées par les rayonnements émis, et qui vont donc devoir être traitées lors du démantèlement de la centrale.

Les installations nucléaires de base (comme les usines d'enrichissement) présentes tout au long du cycle du combustible sont aussi concernées. Par ailleurs l'industrie nucléaire n'est pas la seule productrice de déchets nucléaires : on peut aussi citer les déchets d'origine militaire, les déchets issus des laboratoires de recherche, les déchets de l'industrie pharmaceutique (utilisation des traceurs radioactifs par exemple).

Les déchets radioactifs sont des substances radioactives pour lesquelles aucune utilisation ultérieure n'est prévue ou envisagée. Une substance radioactive est une substance qui contient des radionucléides, naturels ou artificiels, dont l'activité ou la concentration justifie un contrôle de radioprotection.

Les déchets radioactifs ultimes sont des déchets radioactifs qui ne peuvent plus être traités dans les conditions techniques et économiques du moment, notamment par extraction de leur part valorisable ou par réduction de leur caractère polluant ou dangereux.(IRSN, 2011).

Les radionucléides contenus dans les déchets radioactifs peuvent être d'origine artificielle, comme les césiums 137, ou naturels, comme le radium 226. Les caractéristiques radioactives des déchets sont :

- le type de radionucléides contenus et les rayonnements émis (alpha, bêta, gamma)
- l'activité (nombre de noyaux d'atomes qui se désintègrent spontanément par unité de temps s'exprime en Becquerel)
- la période radioactive (temps nécessaire pour que l'activité d'un radionucléide dans un échantillon diminue de moitié).

On classe les déchets radioactifs selon leur activité et la « période radioactive » des radionucléides qu'ils contiennent. Le niveau de radioactivité détermine l'importance des protections à mettre en place. On distingue ainsi des déchets de très faible, de faible, de moyenne ou de haute activité.

Un déchet radioactif est dit "à vie courte" s'il ne contient que des radionucléides de période inférieure à 31 ans.

Un déchet radioactif est dit "à vie longue" s'il contient en quantité significative des radionucléides dont la période radioactive est supérieure à 31 ans.

<b>Radionucléide</b>	<b>Période</b>
Cobalt 60	5,2 ans
Tritium	12,2 ans
Strontium 90	28,1 ans
Césium 137	30 ans
Américium 241	432 ans
Radium 226	1 600 ans
Carbone 14	5 730 ans
Plutonium 239	24 110 ans
Neptunium 237	2 140 000 ans
Iode 129	15 700 000 ans
Uranium 238	4 470 000 000 ans

**TABLEAU 8.2 CLASSEMENT DE RADIONUCLEIDE PAR PERIODE**

Extrait du site internet de l'institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (<http://www.irsn.fr>)

On distingue ainsi plusieurs catégories de déchets :

- **Les déchets à vie très courte (VTC)** dont une partie importante résulte des applications médicales de la radioactivité (diagnostics ou thérapie) et dont les éléments radioactifs ont une période inférieure à 100 jours.
- **Les déchets de très faible activité (TFA)** qui proviennent de l'industrie nucléaire, en particulier des opérations de démantèlement des installations. Les résidus de traitement de minerais d'uranium peuvent être rattachés à cette catégorie ; ils bénéficient d'une gestion spécifique.
- **Les déchets de faible et moyenne activité à vie courte (FMA-VC)** qui proviennent principalement de l'industrie nucléaire, mais aussi de quelques laboratoires de recherche.
- **Les déchets de faible activité à vie longue (FA-VL)** qui sont, soit des déchets contaminés par du radium (appelés « radifères ») et qui ont principalement pour origine l'utilisation de matières premières naturellement radioactives dans des procédés industriels, la récupération d'objets contenant du radium, l'assainissement de sites pollués, soit les déchets « graphite » qui proviennent du démantèlement de l'ancienne filière française « uranium naturel graphite gaz » de réacteurs nucléaires.
- **Les déchets de moyenne activité et à vie longue (MA-VL)** qui résultent essentiellement du traitement des combustibles usés (gainés du combustible usé, boues issues du traitement...) et de la maintenance des installations nucléaires.
- **Les déchets de haute activité et à vie longue (HA-VL)** qui sont des matières non recyclables issues du traitement des combustibles usés des centrales nucléaires.

Chaque catégorie de déchets possède son mode de gestion. Les déchets radioactifs présentent une diversité importante selon leur forme physique et chimique, leur radioactivité et la période des radionucléides en cause, mais aussi selon leur volume. En France, chaque catégorie de déchets est gérée dans une filière particulière qui comprend une série d'opérations comme le tri, le traitement, le conditionnement, l'entreposage et le stockage.

Le tri : il permet de séparer les déchets selon leurs caractéristiques notamment la période radioactive des radionucléides qu'ils contiennent. Il conduit également à séparer les déchets que l'on peut compacter, incinérer ou fondre.

Le traitement et le conditionnement : selon leur nature, les déchets subissent des traitements différents (incinération, calcination, fusion, compactage, cimentation, vitrification...). Puis ils sont enfermés dans un conteneur. On aboutit ainsi à un objet appelé « colis » de déchets radioactifs.

L'entreposage et le stockage : les installations d'entreposage sont conçues pour accueillir les colis de déchets pendant une durée limitée.

Le stockage est le stade ultime d'une filière et suppose le dépôt définitif des colis ou, du moins, l'absence d'intention de les reprendre. Cela signifie naturellement que les dispositions retenues sont censées garantir la protection de l'homme et de l'environnement aussi bien à court qu'à très long terme

Les déchets à vie très courte (VTC), dont le niveau de radioactivité disparaît quasi-totalement en quelques dizaines à centaines de jours, sont entreposés un temps suffisant pour décroissance avant élimination (circuit des déchets hospitaliers notamment).

Les déchets de très faible activité (TFA) sont stockés dans un centre de stockage situé à Morvilliers (Aube) et exploité par l'ANDRA. Leur volume total, après démantèlement du parc électronucléaire, est estimé à 1 ou 2 millions de m<sup>3</sup>.

Dans cette catégorie, mais gérés différemment, on trouve les résidus résultant du traitement des minerais d'uranium. Toutes les mines d'uranium sont aujourd'hui fermées en France. Les résidus sont stockés sur une vingtaine de sites miniers, sous la responsabilité d'Areva. Ils représentent un volume de l'ordre de 52 millions de tonnes de matériaux.

Les déchets de faible et moyenne activité à vie courte (FMA-VC, appelés aussi FA-MA ou déchets "A") sont incinérés, fondus, enrobés ou compactés. Ils sont la plupart du temps cimentés dans des conteneurs métalliques ou en béton.

Ils sont stockés dans deux centres de surface : celui de la Manche, fermé depuis 1994 car ayant atteint sa capacité nominale de 527 000 m<sup>3</sup>, et celui de l'Aube, ouvert en 1992 et exploité depuis par l'ANDRA.

On estime que le volume de ces déchets sera, au terme de l'exploitation des installations nucléaires actuellement en activité (en retenant l'hypothèse de 40 ans de fonctionnement des réacteurs puis leur démantèlement), de l'ordre de 1,3 million de m<sup>3</sup> !

Les déchets de faible activité à vie longue (FA-VL) sont entreposés par les producteurs en attente d'une hypothétique solution de stockage, pour laquelle la recherche d'un site d'implantation est engagée. Ils représentent environ 4,5 % du volume total des déchets (et 0,01 % de la radioactivité).

Les déchets de moyenne activité et à vie longue (MA-VL, appelés aussi déchets "B") sont compactés ou cimentés, et forment ainsi des colis qui sont entreposés sur leur lieu de production. Ils représentent environ 5 % du total du volume des déchets radioactifs et 4 % de la radioactivité.

Les déchets de haute activité et à vie longue (HA-VL, appelés aussi déchets "C") sont vitrifiés ; il s'agit de l'incorporation d'effluents très radioactifs dans du verre en fusion. Après refroidissement, la radioactivité est retenue prisonnière dans la matrice vitreuse. Ils sont coulés dans des conteneurs en acier inoxydable ensuite hermétiquement fermés par soudure d'un couvercle.

Ces colis de déchets sont aujourd'hui entreposés par les producteurs (CEA, COGEMA) sur le lieu de leur production passée (Marcoule, Gard) ou présente (La Hague, Manche). Ils représentent 0,2 % du volume des déchets, mais 96 % de la radioactivité totale.

Compte tenu des activités nucléaires passées, des scénarios de traitement des combustibles usés actuels ainsi que des prévisions relatives au démantèlement des installations, le volume des déchets de moyenne activité à vie longue (MA-VL) concerné par le stockage en couche géologique profonde serait de 65 300 m<sup>3</sup>. Celui des déchets de haute activité (HA) représenterait 7 910 m<sup>3</sup> (ANDRA, 2009).

Les combustibles usés, qui contiennent notamment de l'uranium et du plutonium qu'il est possible de récupérer et de valoriser, sont entreposés en piscines dans l'usine AREVA de La Hague pour refroidissement avant retraitement "immédiat" (sous cinq à dix ans) ou différé (dans l'attente d'une utilisation du plutonium qu'ils contiennent). (PNGMDR, 2010)

<b>Période</b>	<b>Très courte durée de vie (inférieure à 100 jours)</b>	<b>Courte durée de vie (inférieure à 31 ans)</b>	<b>Longue durée de vie (supérieure à 31 ans)</b>
<b>Activité</b>			
<b>Très faible activité</b>	Gestion par décroissance radioactive	Stockage dédié en surface. Filières de recyclage.	
<b>Faible activité</b>		Stockage de surface (centre de stockage de l'Aube) sauf certains déchets tritiés et certaines sources scellées	Stockage dédié en subsurface à l'étude
<b>Moyenne activité</b>			Filières à l'étude dans le cadre de l'article 3 de la loi de programme du 28 juin 2006 relative à la gestion durable des matières et déchets radioactifs
<b>Haute activité</b>		Filières à l'étude dans le cadre de l'article 3 de la loi de programme du 28 juin 2006 relative à la gestion durable des matières et déchets radioactifs	

**TABLEAU 8.3 SOLUTIONS DE GESTIONS DEVELOPPEES DANS LE CADRE DU PLAN NATIONAL DE GESTION DES MATIERES ET DES DECHETS RADIOACTIFS (PNGMDR) POUR LES DIFFERENTES CATEGORIES DE DECHETS**

Extrait du site internet de l'institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (<http://www.irsn.fr>)

Il est possible de s'évertuer à vanter les différents critères de coûts, d'émissions de CO<sub>2</sub>, de disponibilité productive face à l'intermittence..., avec x ou y référence s'efforçant de faire l'apologie d'une énergie dont les conséquences d'utilisation peuvent être désastreuses (Tchernobyl, Fukushima).

A l'heure actuelle, le seul critère qui devrait retenir l'attention est celui de la gestion des déchets nucléaires.

Ils continuent à s'accumuler sur les territoires en attendant une hypothétique solution durable.

On renvoi souvent le principe NIMBY (*Not In My Back Yard* qui signifie « pas dans mon arrière-cour ») en évoquant la nuisance que peut entraîner un outil de production d'énergie.

En revanche, si l'on dépasse un périmètre limité et qu'on s'inclut dans un espace plus large comme un éventuel citoyen du monde, il devient éthiquement déterminant que ce que nous n'aimerions pas chez nous, ne fait que se déplacer chez quelqu'un d'autre, faisant ainsi apparaître le principe du vase communicant.

### 2.4.1.3 Limites éthiques et environnementales de l'énergie atomique

Les caractéristiques en matière d'impact sur l'environnement d'une centrale nucléaire et les usines de combustibles qui en assurent l'approvisionnement et le traitement des déchets ne sont pas de même nature que les autres outils de production d'énergie thermique classiques.

La radioactivité et les rayonnements ionisants sont les principales sources de nuisance possible sur l'ensemble des étapes permettant la mise en fonctionnement d'une centrale nucléaire.

En fonctionnement normal, les rejets radioactifs des centrales sont limités à des niveaux inférieurs aux seuils conduisant à des effets sanitaires ou biologiques observables.

Il n'est pas facile d'accéder à des données scientifiques équilibrant la balance des arguments pro-nucléaire en approfondissant les impacts sur l'environnement. Une communication massive sur le faible impact de la filière nucléaire, sur l'évolution du climat, a donné lieu à une production abondante d'analyses centrées sur l'axiome coût-émission de gaz à effet de serre.

(Vielle, 2004)(Cooper, 2009)

Cependant les données historiques révèlent que les premiers programmes militaires nucléaires n'appréhendaient guère les dangers de la radioactivité.

L'organisme confond certains éléments radioactifs artificiels avec les éléments radioactifs naturels présents de partout à des degrés divers (roches, rayonnements ultra-violet du soleil, etc...)

Les multiples cas de cancer observés après des manipulations, des irradiations ou bien encore des ingestions d'éléments radioactifs, ont dévoilé les effets néfastes de la radioactivité sur notre physiologie. La radioactivité a également un pouvoir mutagène : elle modifie la structure de l'ADN, ce qui peut se traduire par des stérilités ou des malformations congénitales chez les enfants nés de parents contaminés avant sa conception. L'étude du lien entre radioactivité et cancer de la thyroïde, a donné lieu à de nombreuses recherches scientifiques.

(Fauconnier, 2006)(Michel, 2002)

Si les effets des fortes doses sont manifestes, il en va tout autrement de la radioactivité diffuse, dont les conséquences peuvent se révéler des dizaines d'années après la contamination.

Cependant, des doses annuelles acceptables pour la population ont été définies par les institutions nucléaires. Elles sont largement controversées : les études épidémiologiques sont rares et leurs conclusions âprement discutées (l'étude la plus importante réalisée à ce jour a été menée sur les survivants d'Hiroshima et de Nagasaki).

De plus, de nombreux chercheurs affirment que toute radioactivité, même à faible dose, peut avoir une action mutagène. Ou encore que toute idée de « dose annuelle admissible » est absurde du fait de l'accumulation des éléments radioactifs dans l'organisme.

(Bertell, 1988)

De manière générale, les pays nucléarisés ont déposé leurs déchets radioactifs dans la mer jusqu'en 1983. Officiellement, au moins 95 000 tonnes ont été immergées, notamment lors de campagnes menées sous le contrôle de l'Agence pour l'énergie nucléaire de l'OCDE. Si de nombreuses immersions ont été réalisées à faible profondeur et près des côtes (en France principalement dans la Manche et dans le golfe de Gascogne), la plupart étaient faites dans des fosses de 4 000 mètres de profondeur.

On n'ose même pas imaginer la conséquence de ces choix sur les écosystèmes marins et leurs répercussions sur l'ensemble de la chaîne alimentaire.

Après un moratoire de 10 ans, ces pratiques sont désormais interdites.

En France, la gestion des déchets d'origine militaire fut quelque peu « sauvage » ; injections dans les sols, rejets dans les fleuves, incinérations à l'air libre, enfouissements en vrac dans des décharges sauvages.

C'est en 1991 qu'une loi sur la gestion des déchets radioactifs est votée en France .Cette loi prévoyait de stocker les déchets en fonction de leur dangerosité : soit de façon provisoire en surface, soit définitivement en grande profondeur.

Le cadre juridique de cette loi est modifié en 2006, elle précisa les modalités de définition du coût de stockage des éléments radioactifs et institua une commission chargée d'encadrer la définition des coûts.

(Loi Bataille, 1991)(Loi n° 2006-739 du 28 Juin 2006)

Les déchets nucléaires et leur gestion suscitent de vives inquiétudes. Au-delà des différentes caractéristiques de stockage et de leur pertinence, l'échelle de temps impliquée dans ce processus dépasse toute éthique scientifique. L'énergie nucléaire produit une catégorie de déchets dont la radioactivité subsiste pendant des centaines de milliers, voire des millions d'années.

Comment pouvons-nous affirmer avec certitude une formule intègre de stockage qui s'établit sur une période aussi vaste?

Comment pouvons-nous assumer la responsabilité collective d'un problème que nous imposerons aux 6.800 prochaines générations?

(Rivasi, 1998)(Cadeboche, 2003)

En France, les coûts estimés pour le stockage sont censés être assumés en partie par l'exploitant : Edf à hauteur de 80 %, le commissariat à l'énergie atomique hérite de 16 % et enfin Areva 4 %. C'est à l'Agence nationale de gestion des déchets radioactifs (ANDRA) qu'incombe la responsabilité de la gestion à long terme des déchets radioactifs produits en France. Créée en 1979, l'ANDRA est devenue un établissement public industriel et commercial par la loi du 30 décembre 1991 dont les missions ont été complétées par la loi du 28 juin 2006 relative à la gestion durable des matières et déchets radioactifs. L'ANDRA est indépendante des producteurs de déchets. Elle est placée sous la tutelle des ministères en charge de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement.

Il ne s'agit pas d'être pour ou contre l'utilisation de l'énergie nucléaire mais davantage de mettre en relief les caractéristiques inhérentes à son utilisation. Les événements de Fukushima viennent s'inscrire dans une continuité d'évènements fortement nuisibles.

Nous sommes encore en droit de nous interroger sur les conséquences envisageables qu'a fait et peut encore faire peser, l'utilisation de ces technologies sur notre humanité.

(Barillot, 2005)

Il existe des solutions progressives pour s'affranchir de cette dépendance productive du parc électronucléaire. Nous espérons que l'histoire ne se répètera pas et que nous pourrons observer une évolution dans les critères retenus pour déterminer les solutions énergétiques de demain.

## 2.4.2 Production thermique fossile centralisée

### 2.4.2.1 Le parc actuel

Le terme « centralisée » regroupe les installations raccordées au Réseau Public de Transport, « exploitées par leurs opérateurs en fonction des conditions prévalant sur les marchés de l'électricité, et dont la sollicitation ou le maintien à l'arrêt répond aux besoins de l'équilibre offre-demande du système électrique européen. »

On inclut dans cette catégorie tous les groupes d'environ 100 Mw ou plus, fonctionnant au charbon ou au fioul, les Cycles Combinés à Gaz (CCG), et les Turbines À Combustion (TAC – utilisées en pointe\*).

\*la pointe signifie un niveau de consommation maximum à un instant donné, la maîtrise de la demande en pointe préoccupe les opérateurs car pendant les pointes de consommations, l'énergie produite est chère et très polluante (fioul et charbon)

En France, la puissance électrique installée issue du thermique fossile centralisé est de 20 GW. Cependant il existe une puissance de réserve non opérationnelle de 2 GW à déduire de la puissance totale installée ; car à la fin des années 1980, certains groupes avaient été provisoirement retirés de l'exploitation mais conservés en réserve de façon à pouvoir être réactivés en cas de nécessité, comme ce fut le cas en 2008 pour quatre tranches d'environ de 600-700 MW fonctionnant au fioul. La puissance thermique électrique installée et opérationnelle est donc finalement de 18 GW.

(R.T.E, 2011)

#### Le parc se constitue de :

6,9 GW de groupes charbon, que l'on peut classer en deux catégories distinctes : des groupes anciens, mis en service avant 1971 (pour 4 GW) ; et cinq groupes de 580 MW, de conception très similaire, mis en service entre 1982 et 1984 ;

5,6 GW de groupes fioul, dont la construction avait été décidée avant le premier choc pétrolier de 1973, mais dont les mises en service se sont poursuivies jusqu'en 1977 ;

3,8 GW de groupes gaz, essentiellement des Cycles Combinés, tous mis en service après 2003

1,7 GW de Turbines À Combustion en cycle ouvert, dont plus de la moitié mises en service au cours des 3 dernières années.

### 2.4.2.2 Le fonctionnement

D'une manière générale, « les groupes de production sont appelés dans l'ordre « de leur coût proportionnel de production croissant » (“merit order” ou préséance économique), jusqu'à satisfaction de la demande »

Dans cette logique, les premières unités de production appelées sont celles produisant l'électricité dite « fatale », c'est à dire l'électricité « perdue » si elle n'est pas utilisée à un instant donné (hydraulique au fil de l'eau, éolien et solaire).

Les centrales nucléaires, aux coûts marginaux faibles, sont ensuite appelées, avant les centrales thermiques (à charbon, à gaz, voire au fioul) qui produisent de l'électricité aux pics de consommation. Enfin, les barrages hydrauliques dits « de retenue » qui stockent de l'eau, offrent une capacité de production électrique de réserve. Il reste aussi la possibilité d'importer de l'électricité.

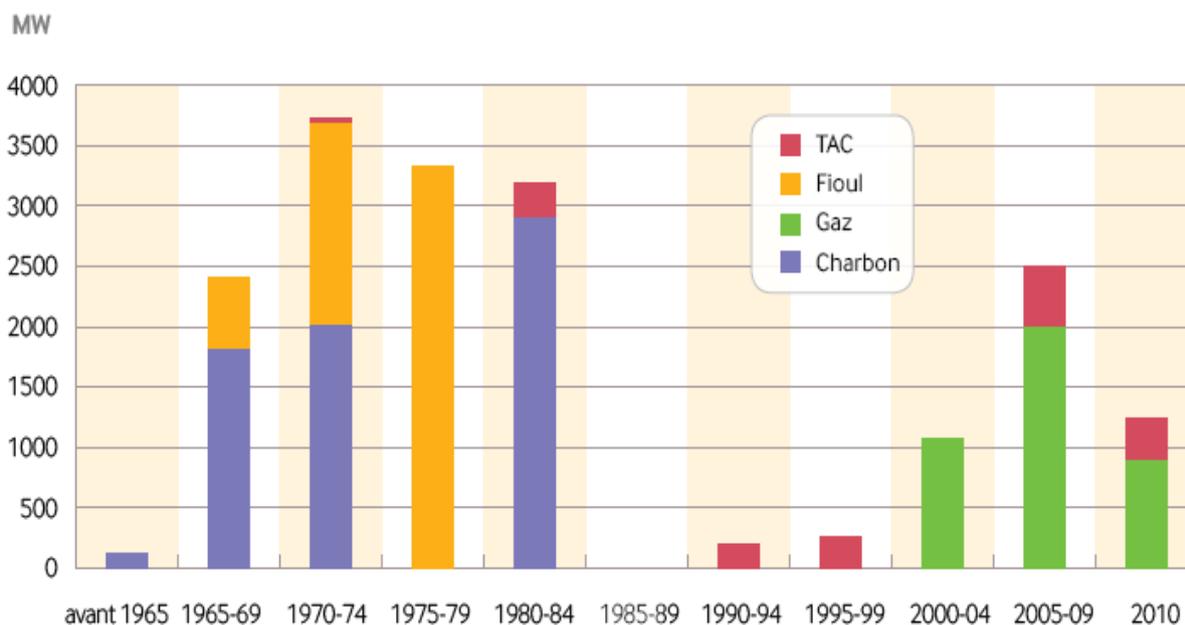
L'ordre d'appel des unités de production varie également si leurs émissions de CO<sub>2</sub> sont prises en considération (coût variable supplémentaire).

La logique de « merit order » comprend :

- une prise en compte des coûts variables (principalement les coûts de fonctionnement et du combustible)
- l'intégration permanente des capacités de production en retrait (ex : arrêt d'un outil de production pour maintenance)
- l'impact des politiques publiques d'énergies (subventions à une source d'énergie)

Depuis la fin des années 1990 un marché unique de l'énergie s'est constitué en Europe. Les marchés français, belge et néerlandais préalablement couplés entre eux, ont accueilli en 2010 les marchés Allemands. Les intégrations ont permis le développement d'instruments permettant l'inter-comparaison des offres à l'échelle de plusieurs pays.

Dorénavant le « merit order » européen offre la possibilité de solliciter à chaque instant les groupes qui ont les coûts de production les plus faibles en Europe, pour satisfaire la demande qui s'exprime dans l'ensemble des pays européens, sous réserve que les flux d'échange n'excèdent pas les capacités de transit, entre pays, mais aussi entre régions d'un même pays.



**TABLEAU 8.4 DATES DE PREMIER COUPLAGE – GROUPES THERMIQUES CLASSIQUES EXPLOITES**

Extrait du rapport R.T.E, Bilan électrique 2011

Les premières positions de ce « merit order européen » sont octroyées par les productions « fatales » (hydraulique au fil de l'eau, éolien, solaire photovoltaïque, mais aussi certaines productions thermiques décentralisées sur lesquelles nous reviendrons) à coût proportionnel nul, les groupes nucléaires et les groupes au lignite (qui ont disparu de France, mais restent présents dans d'autres pays) à coût proportionnel très bas.

Ces seules productions suffisent parfois à satisfaire la demande européenne (ou du moins, celles installées à l'intérieur d'une zone donnée suffisent à assurer la demande de cette zone et à saturer ses capacités d'exportation).

Cependant les gestionnaires du réseau observent que ces situations sont rares, même en France, et se limitent principalement aux fins de nuit et aux week-ends ; la plupart du temps, il est nécessaire de solliciter des groupes thermiques classiques.

L'observation du fonctionnement des systèmes électriques, et plus particulièrement du système français, permet de reconstituer le merit order des groupes thermiques classiques. L'application éco2mix, disponible sur le site de RTE, présente à pas quart-horaire la production agrégée des différents moyens de production installés en France. (éCO2mix, 2012)

Les groupes fioul et les TAC (en dehors d'essais motivés pour des raisons d'exploitation du groupe, et non des besoins du système électrique) ne sont sollicités que rarement, lors de périodes de tension sur l'équilibre offre-demande, correspondant à des prix spot de l'électricité très élevés. (EPEX-SPOT, 2012)

Les groupes charbon et les centrales à cycle combiné gaz (CCG) fonctionnent plus fréquemment, sans hiérarchie nettement établie : de fait, il existe des disparités notables de coûts variables de production entre groupes utilisant le même combustible, liées au rendement de l'installation (entre CCG d'âge différents, ou utilisant des sources froides différentes, par exemple), à la logistique (les coûts de transport du charbon sont très différents pour une centrale située dans l'enceinte d'un port maritime et une autre implantée à plusieurs centaines de kilomètres à l'intérieur des terres), etc. ; les plages de variation de coûts proportionnels des CCG d'une part et des groupes charbon d'autre part se recouvrent largement.

Une analyse plus fine montre cependant qu'en 2009 et 2010, du fait de la baisse du prix du gaz et du contingentement de la durée de fonctionnement pour les groupes charbon non-compatibles avec la directive des grandes installations à combustion (GIC), les CCG se sont retrouvés en meilleure position dans le merit order qu'ils ne l'étaient précédemment. (AIDA, 2012)(MEDDTL, 2012)

La pérennité de cette modification du merit order n'est cependant pas garantie, l'évolution du prix des combustibles et du CO<sub>2</sub> étant empreinte de larges incertitudes. Pour les simulations réalisées à l'occasion d'un bilan prévisionnel, la relative volatilité des éléments maintient dans l'interclassement retenu, une absence de suprématie d'un type de production par rapport à l'autre, bien que des tendances se dégagent à moyen terme.

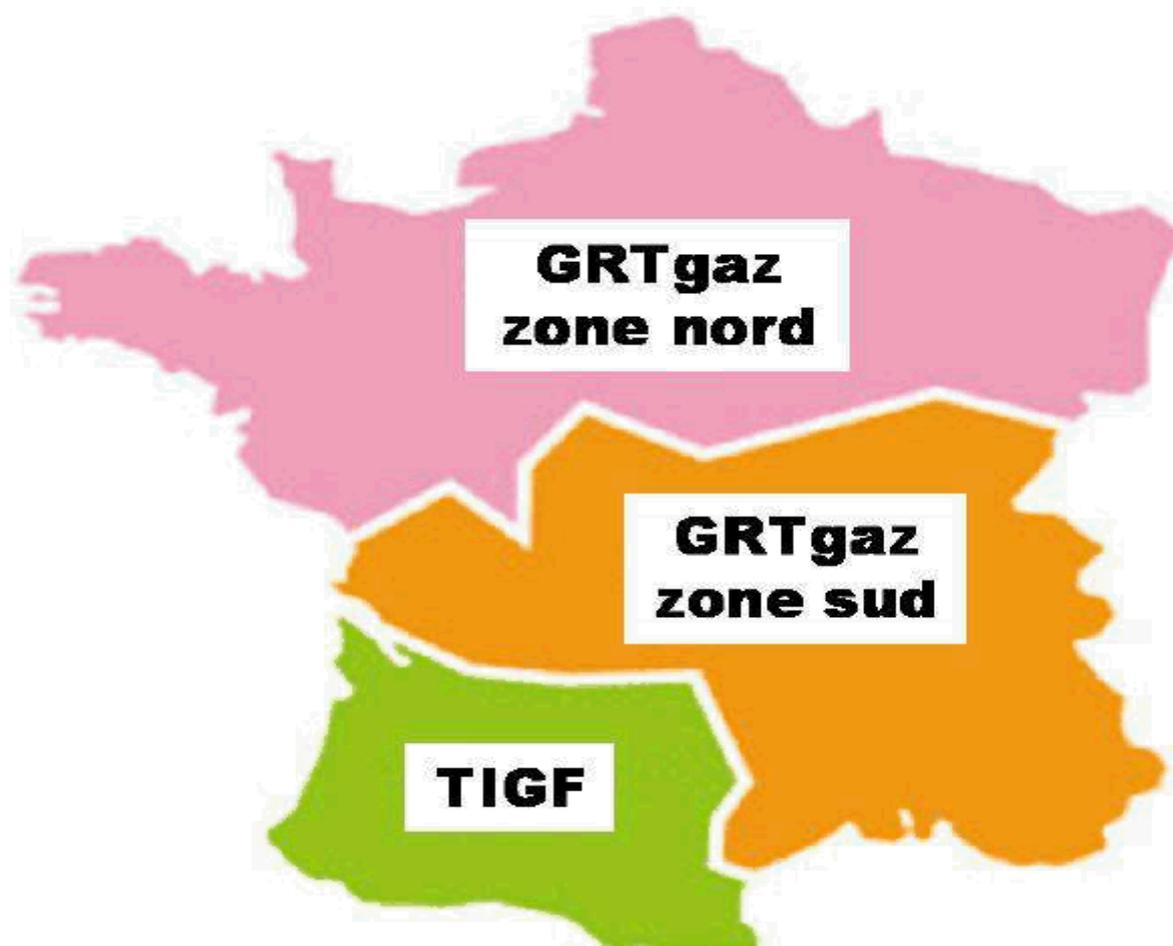
Le thermique classique assure ainsi, avec l'hydraulique modulable (usines de lac, d'éclusées, STEP) et les effacements de consommation, une part substantielle du bouclage offre-demande d'électricité. Comme la demande fluctue sensiblement d'une heure à l'autre, la production des groupes thermiques classiques est le plus fréquemment amenée à varier en cours de journée. Pour les groupes fonctionnant au gaz, sans stockage sur site, cette modulation de puissance se répercute sur le réseau de transport de gaz.

Pour les gestionnaires de réseau gaz TIGF dans le Sud-Ouest de la France (Total Infrastructures Gaz France communément désignée par son sigle), GRT-Gaz (filiale à 75 % du groupe GDF SUEZ) sur le reste du territoire, la mise en service d'un certain nombre de groupes fonctionnant au gaz (notamment CCG mais également certaines TAC) tend à modifier le profil global de consommation de gaz en France. Parallèlement, l'offre de

flexibilité intra journalière, constituée principalement par le stock en conduite et les stockages, reste limitée à moyen terme.

L'analyse menée par GRT-Gaz et TIGF en 2010 montre que les infrastructures gazières françaises peuvent ne pas être en mesure de satisfaire totalement la réalisation des programmes de l'ensemble des centrales à gaz, particulièrement en octobre et novembre. Autour de ce constat d'inadéquation se sont engagées des discussions entre gestionnaires de réseau de transport gaz et producteurs d'électricité, sous l'égide de la CRE, qui ont permis d'établir de nouvelles règles de fonctionnement.

(CRE, 2012)(GRT-Gaz, 2012)(TIGF, 2012)



**FIGURE 7.5 REPARTITION PAR ZONE DES OPERATEURS PUBLICS DU RESEAU DE TRANSPORT DE GAZ**

Extrait du rapport, Etat des lieux de la production électrique thermique centralisée ; Evaluation de l'opportunité de l'implantation de *cycles combinés au gaz* dans le système énergétique français

(Bureau Horizons, 2009)

En cas de tension sur la flexibilité intra-journalière, l'approvisionnement en gaz n'est pas interrompu, mais le profil de consommation des clients dits "fortement modulés" doit être adapté. En fonction des prix de marchés, les producteurs peuvent faire le choix de faire fonctionner leur moyen de production selon un nouveau profil de consommation plus "plat", ou de ne pas démarrer ce moyen de production.

Un autre point de vigilance concernant les groupes alimentés au gaz naturel est la disponibilité du combustible aux pointes de consommation d'électricité.

Ces pointes, survenant en France lors des jours très froids d'hiver, coïncident avec les pointes de consommation de gaz, combustible massivement utilisé à l'usage de chauffage, en France et plus encore dans le reste de l'Europe.

La bi-combustion gaz – fioul domestique constitue une option technique permettant de faire fonctionner les groupes avec du fioul en cas de rupture d'approvisionnement ou de pics de prix du gaz ; elle n'est cependant que très peu diffusée en France. Aucun groupe gaz n'a certes rencontré de difficulté d'approvisionnement à ce jour (y compris au cours de l'hiver 2009/10 et à l'entrée de l'hiver 2010/11, pourtant riches en jours très froids) ; la variété des canaux d'approvisionnement, existants ou en projet en France, contribue à la maîtrise du risque d'approvisionnement des unités gaz à moyen terme.

Le développement de l'usage du gaz, pour la production d'électricité en France, fait l'objet d'une coopération avec GRT-gaz, portant sur la flexibilité intra-journalière de ces unités de production et donc sur la flexibilité du réseau de gaz, ainsi que sur les perspectives de développement à long terme.

### **2.4.2.3 Pollution atmosphérique**

Le devenir des groupes thermiques classiques anciens est fortement influencé par l'évolution des réglementations environnementales, concernant principalement les émissions de polluants atmosphériques (dioxyde de soufre SO<sub>2</sub>, oxydes d'azote NO<sub>x</sub> et poussières).

Les limites d'émission ont été fixées dans l'Arrêté du 30 juillet 2003, qui transpose en droit français les directives européennes 2001/80/CE dite "directive GIC" (pour Grandes Installations de Combustion) et 2001/81/CE (Plafonds nationaux d'émissions). (Directive n° 2001/81/CE, 2001)

Le principe général de cette réglementation est d'aligner, depuis 2008, les valeurs limites d'émissions autorisées pour les installations existantes (i.e. : mises en service avant 2002) sur celles des installations neuves : 400 mg/Nm<sup>3</sup> SO<sub>2</sub>, 400 mg/Nm<sup>3</sup> NO<sub>x</sub>.

Les groupes, qui ont été construits avant 1985, n'avaient généralement pas été conçus pour cela et il est nécessaire de leur adjoindre des équipements de dépollution, pour qu'ils puissent respecter les nouvelles limites, et ainsi continuer à fonctionner au-delà de 2008. L'arrêté prévoit néanmoins certaines dérogations à ce principe général, dont deux revêtent une grande importance pratique pour l'horizon moyen terme du Bilan Prévisionnel.

Des normes moins sévères (1 800 mg/Nm<sup>3</sup> SO<sub>2</sub>, 900 mg/Nm<sup>3</sup> NO<sub>x</sub>) peuvent être imposées à certaines installations ; en contrepartie, leur fonctionnement est limité à une durée cumulée de 20 000 heures équivalent pleine puissance à compter du 1er janvier 2008, et sera interdit au-delà du 31 décembre 2015.

Cette option offre un sursis à des groupes anciens, dont la durée de vie résiduelle n'aurait pas permis de justifier économiquement les investissements de dépollution ;

Pour les installations au fioul faiblement sollicitées (moins de 2 000 heures par an, ce qui est le cas des moyens de production d'électricité de pointe), jusqu'au 31 décembre 2015, la contrainte ne porte pas sur les concentrations de polluants dans les fumées, mais sur la masse de polluants émise annuellement (pour un groupe de 600 MW électriques, plafonds de 735 t/an SO<sub>2</sub> et 1 155 t/an NO<sub>x</sub>).

Sur les installations concernées, et même en utilisant des combustibles moins soufrés qu'aujourd'hui, ces plafonds réduisent en pratique la durée moyenne de fonctionnement à moins de 500 heures par an.

Pour les années postérieures à 2016, les contraintes environnementales sont préfigurées dans la directive 2010/75/UE, dite “directive IED” (pour “Industrial Emissions Directive”) publiée au Journal officiel de l’Union européenne le 17 décembre 2010. Celle-ci intègre, abroge ou modifie sept directives préexistantes concernant les pollutions atmosphériques, dont les deux précitées.

La “directive IED” fixe en outre les nouvelles contraintes applicables à partir de 2016. Concernant les installations de production d’électricité, elle rend plus strictes les limites d’émissions pour les oxydes d’azote NO<sub>x</sub>, le dioxyde de soufre SO<sub>2</sub> et les poussières, par rapport à celles fixées dans les directives 2001/80/CE et 2001/81/CE. Cependant, elle prévoit des dispositions dérogatoires à cette règle générale, similaires, dans l’esprit, à celles contenues dans la directive 2001/80/CE : des installations qui ne se conformeraient pas aux nouvelles valeurs limites d’émission pourront fonctionner pendant au plus 17 500 heures entre le 1er janvier 2016 et le 31 décembre 2023 ; une autre option est leur mise en conformité, qui doit être réalisée avant le 30 juin 2020, à condition que les émissions globales restent entre temps inférieures à un plafond défini par chaque État membre dans le cadre d’un “Plan National Transitoire”. Toutefois, dans les deux cas, les émissions devront être inférieures aux valeurs limites en vigueur depuis 2008 pour les groupes existants (hors dérogations).

La “directive IED” doit être transposée en droit français avant le 7 janvier 2013 et l’éventuel “Plan National Transitoire” doit être communiqué à la Commission avant le 1er janvier 2013. (Directive 2010/75/UE, 2010)

#### **2.4.2.4 Les gaz à effet de serre**

La limitation des émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) est un autre enjeu environnemental concernant directement la production thermique classique.

Le dispositif mis en place au niveau européen pour respecter les engagements du protocole de Kyoto, a fait l’objet de la directive 2003/87/CE, applicable sur la période 2005-2012 ; il a été reconduit, dans ses grandes lignes, dans la directive 2009/29/CE pour la période 2013-2020. (Directive 2009/29/CE, 2009)

Il consiste à fixer des volumes d’émission à chaque installation émettrice de GES pour une période déterminée, donnant lieu à l’attribution de “quotas” et à créer un mécanisme d’échange de ces quotas entre exploitants des installations (European Trading Scheme).

Ce système est destiné à atteindre l’objectif global de réduction des émissions de GES (les échanges ne modifient pas la somme des allocations initiales de quotas) avec la meilleure efficacité économique.

Les principales nouveautés introduites par la directive 2009/29/CE concernent le mode d’allocation :

Les plafonds globaux d’émission seront fixés par secteur d’activité au niveau communautaire, rendant inutile la phase d’élaboration de plans nationaux ; les producteurs d’électricité ne bénéficieront plus d’attribution gratuite de quotas, mais devront les acquérir dans le cadre d’enchères organisées par les États Membres.

Une exception demeure partiellement active dans le cadre législatif : elle concerne les installations dans les États membres ayant un réseau insuffisamment interconnecté ou dépendant fortement des énergies fossiles locales – ce qui n’est pas le cas de la France.

Par ailleurs, les quotas de deuxième période non utilisés peuvent être conservés pour la troisième période du système (banking).

Dans le secteur de la production d'électricité, ce système, en pénalisant davantage les installations les plus émettrices, a des répercussions potentielles sur l'exploitation des groupes existants : un prix élevé du CO<sub>2</sub> peut modifier l'interclassement économique des moyens de production, notamment entre charbon et gaz. Mais il ne devrait pas y avoir de conséquence sur la disponibilité des groupes : un groupe techniquement disponible ne sera pas maintenu à l'arrêt en période de très forte demande, quitte à régulariser a posteriori une éventuelle non-conformité en matière d'émissions de CO<sub>2</sub>.

Enfin, la directive 2009/31/CE prévoit que les nouvelles installations de combustion de plus de 300 MW devront évaluer la faisabilité technique et économique du captage et du stockage de CO<sub>2</sub> et la disponibilité de sites de stockage appropriés. Elles devront obligatoirement disposer d'un espace réservé aux équipements de captage et de compression.

(Directive 2009/31/CE, 2009)

#### **2.4.2.5 L'avenir des outils de production fossile**

Comme nous l'avons rappelé précédemment, l'avenir des outils de production d'électricité est déterminé par plusieurs facteurs importants : les exigences liées à l'application des directives GIC et IED, mais également les conditions de marché, qui pourraient être insuffisantes pour justifier le maintien en service de certaines exploitations.

Il convient également de préciser que des décisions de retrait d'exploitation, par nature incertaines du fait que les exploitants ne sont pas tenus d'en aviser le gestionnaire de réseau (RTE) avec un long préavis, peuvent être motivées par d'autres considérations.

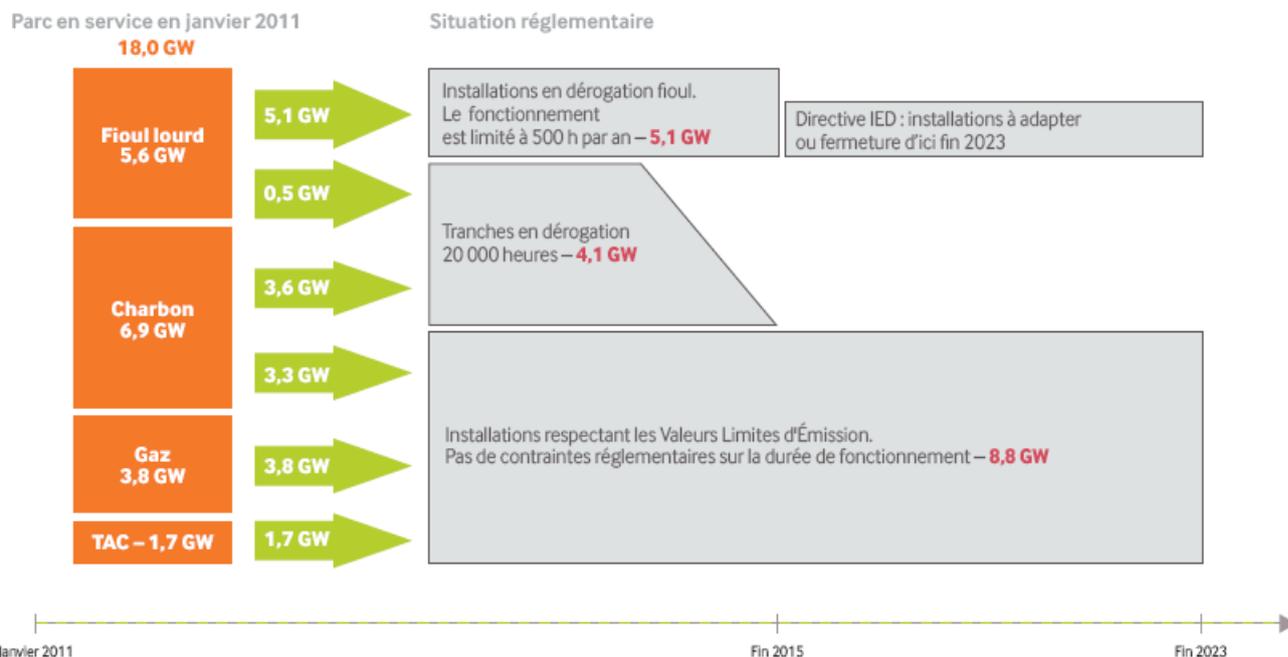
Concernant les groupes charbon en exploitation au 1er janvier 2011, hormis les deux qui utilisent la technologie du « Lit Fluidisé Circulant » (puissance cumulée de 370 MW) d'emblée conformes à la réglementation, seuls les cinq groupes de 600 MW les plus récents ont fait l'objet de la nécessaire mise à niveau pour respecter les nouvelles valeurs limites d'émission dès 2008. Les performances des équipements de dépollution rajoutés assurent la conformité avec la réglementation, qui entrera en vigueur au 1er janvier 2016. L'ensemble des treize autres groupes charbon (puissance cumulée de 3 600 MW) est soumis au crédit des 20 000 heures de fonctionnement depuis le 1er janvier 2008. Compte-tenu des prévisions d'utilisation actuellement envisagées par les exploitants, de la rentabilité des installations et du planning d'entretien aujourd'hui annoncé par les producteurs, les fermetures devraient s'étaler, pour la plupart, entre 2013 et 2015.

Concernant la filière fioul, les trois groupes de 250 MW qui avaient opté pour le crédit de 20 000 heures sont ou seront arrêtés d'ici à la fin de l'année (avril 2009 pour le premier, mars 2011 pour le second et mars 2012 pour le dernier). Ils seront remplacés par deux Cycles Combinés à Gaz actuellement en cours de construction sur le même site.

Les autres installations fioul fonctionnent aujourd'hui et jusqu'à fin 2015 sous les contraintes du Plafond National d'Émissions. Pour continuer à fonctionner au-delà de 2015, ces installations devront a minima respecter les valeurs limites d'émissions fixées par la directive GIC (400 mg/Nm<sup>3</sup> SO<sub>2</sub>, 400 mg/Nm<sup>3</sup> NO<sub>x</sub>), ce qui n'est pas le cas aujourd'hui.

Une expérimentation en cours sur deux groupes permettra de déterminer si, et à quelles conditions, ces valeurs limites d'émission pourront être respectées.

Pour les besoins du présent Bilan Prévisionnel, il sera supposé une issue favorable de ces expérimentations, de sorte que ces deux groupes pourront continuer à être exploités à leur puissance nominale, au moins jusqu'en 2020 (puissance cumulée de 1 270 MW). L'état technique actuel des six autres groupes ne permet pas de les considérer comme aptes à fonctionner à compter du 1er janvier 2016.



**FIGURE 7.6 EVOLUTION DU PARC THERMIQUE CLASSIQUE CENTRALISE EN EXPLOITATION**

Extrait du rapport R.T.E, Bilan électrique 2011

La planification règlementée par les instances européennes et leurs directives, obligent les producteurs issus des filières classiques à s'adapter aux exigences de réduction des pollutions. On observe que les directives établies par les instances décisionnelles Européennes se concentrent prioritairement sur les outils de productions d'électricité alors que nous avons vu précédemment que c'est l'ensemble de la filière « énergétique » qui est concerné par des formes diverses de pollution. (voir 1. L'Europe, puzzle de l'énergie, 1.4 L'exigence environnementale)

Ces choix permettront d'amoinrir les volumes de pollutions du parc thermique classique centralisé, en isolant la pollution issue de la centrale d'électricité, des différentes étapes dans lesquelles s'inscrit l'activité.

### 2.4.3 Production thermique décentralisée

Il existe dans cette catégorie une grande hétérogénéité, entre de petites installations (quelques dizaines de kW), réellement décentralisées sur les plus bas niveaux de tension des réseaux de distribution, et des unités beaucoup plus importantes, raccordées en haute tension.

Leur puissance totale au 1er janvier 2011, incluant celles utilisant des combustibles fossiles et celles utilisant des énergies renouvelables, est de 8,3 GW, dont 3,6 GW raccordés aux réseaux de distribution.

La plupart des installations de production décentralisée ont pour caractéristique d'être gérées en fonction de critères autres que les prix de marché de l'électricité.

Figurent notamment dans cette catégorie :

- Des groupes bénéficiant d'une obligation d'achat : un contrat garantit que toute la production électrique pourra être écoulee à prix fixe ; de très nombreux groupes fonctionnant en cogénération sont dans ce cas ;
- Des groupes de production consommant des combustibles sans valeur marchande (sous-produits locaux de l'industrie forestière ou papetière, gaz de raffinerie, déchets ménagers, etc.), dont le fonctionnement est principalement régi par la disponibilité du combustible. Leur production peut donc, dans le cadre économique actuel, être considérée comme fatale, c'est à dire indépendante des conditions de l'équilibre offre-demande et des prix de marché qui en résultent. Les prix d'achat, plus rémunérateurs du 1er novembre au 31 mars pour la cogénération, conduisent toutefois à une production électrique nettement plus élevée en hiver, période où la consommation nationale est la plus forte.
- Une autre catégorie d'équipements thermiques décentralisés se démarque de ce schéma général : il s'agit de groupes diesel raccordés aux réseaux de distribution, qui peuvent être démarrés par leur responsable de programmation, ou offerts sur le mécanisme d'ajustement. Ils sont utilisés comme moyens d'extrême pointe, à la manière des TAC de la production centralisée. Leur puissance cumulée disponible est proche de 500 MW et va décroissante.

### **2.4.3.1 La cogénération**

Le parc des équipements de cogénération, bénéficiant d'un contrat d'achat de l'électricité, représente début 2011 une puissance contractuelle garantie d'environ 4,4 GW. Il se partage en trois technologies : les turbines à vapeur, les Turbines à Combustion et les moteurs.

En termes d'usage final de la chaleur, le parc se divise entre les réseaux de chaleur (chaufferies, santé, enseignement, tertiaire) et l'industrie (principalement chimie, papier, pétrole et raffineries, agroalimentaire).

Le dimensionnement des installations dépendant directement du besoin en chaleur, le parc en service est très hétérogène. Les installations de moins de 12 MW totalisent 2,2 GW ; celles de plus de 12 MW représentent 2,2 GW, dont les trois quarts dans l'industrie.

Le développement de la cogénération a été très rapide entre 1998 et 2002, période durant laquelle près de 4 GW de nouvelles installations, fonctionnant avec du gaz naturel, ont été mises en service. Ce développement s'est appuyé sur des conditions réglementaires favorables, notamment l'obligation d'achat, et sur l'existence d'un gisement largement sous-exploité à la fin des années 1990. En 2001, le cadre d'obligation d'achat a été modifié par arrêté tarifaire (du 31 juillet 2001 dit "C-01"), en réservant son éligibilité uniquement aux nouvelles installations de moins de 12 MW.

Ce mouvement s'est cependant très fortement ralenti, les installations mises en service depuis 2003 ne totalisant guère plus de quelques dizaines de MW par an.

Les contrats d'achat étant conclus pour une durée de 12 ans à compter de la mise en service industrielle, la plupart arrivent à expiration entre 2010 et 2014. Les installations de moins de 12 MW (environ 50 % du parc) ont la possibilité, à l'issue du contrat en cours, de renouveler, l'obligation d'achat pour une seconde période de 12 ans, à condition de réaliser une opération de rénovation.

(Arrêté du 14 décembre 2006)

Pour les installations de plus de 12 MW, l'obligation d'achat ne s'applique plus depuis 2001 pour les nouvelles installations. Par conséquent, la valorisation de l'électricité produite au terme du contrat s'établit sur la base des prix de marché, ce qui présente un risque pour la rentabilité des installations.

Les perspectives actuelles et anticipées sur les marchés de l'électricité et du gaz, les nécessaires réinvestissements à décider dès la sortie d'obligation d'achat des cogénérations (maintenance lourde), ou encore les contraintes opératoires envisagées par les exploitants rendent désormais très vraisemblable une érosion accélérée du parc d'installations de cogénération : la moitié de celles de moins de 12 MW, et 85 % de celles de plus de 12 MW pourraient ainsi disparaître au terme de leur contrat d'achat ; les déclassements concerneraient alors 3 GW d'ici à 2015.

#### **2.4.3.2 Les énergies renouvelables « thermiques »**

Cette catégorie comprend les installations de production d'électricité à partir de biomasse (bois, paille, marc de raisin...), de biogaz (issu de méthanisation) ou de déchets ménagers. En 2009, le bilan des énergies produites en métropole s'est établi à près de 4,0 TWh pour la filière des déchets, 1,3 TWh pour la biomasse et 0,75 TWh pour le biogaz.

Pour la production d'électricité à partir de biomasse, de biogaz et pour la portion renouvelable issue des UIOM (Usines d'Incinération d'Ordures Ménagères), l'objectif annoncé lors du Grenelle de l'environnement est de 17,2 TWh pour 2020.

En l'absence de développement spontané, la production d'électricité à partir de ces ressources renouvelables bénéficie d'un dispositif d'obligation d'achat pour les installations de moins de 12 MW. Pour les cogénérations à partir de biomasse, ce tarif, applicable dans le cas général aux installations de 5 à 12 MW, a été revalorisé au 1er janvier 2010 et a été assorti d'une prime liée à l'efficacité énergétique et au combustible utilisé.

Parallèlement, le tarif de rachat de l'électricité produite à partir de biogaz a été revalorisé par l'arrêté du 19 mai 2011, portant le tarif d'obligation d'achat de 81 à près de 134 €/MWh selon le type et la taille de l'installation, auquel s'ajoute une prime liée à l'efficacité énergétique, pouvant atteindre 40 €/MWh, ainsi qu'une prime liée à la proportion d'effluents d'élevage, pouvant atteindre 26 €/MWh.

La loi du 10 février 2000 prévoit également le recours à des appels d'offres pour compléter le mécanisme d'incitation. Un premier appel d'offres a été lancé en 2003 pour des unités de taille supérieure à 12 MW utilisant la biomasse ou le biogaz.

Quinze projets ont été retenus, pour une puissance cumulée de 232 MW, six d'entre eux ayant été mis en service au 1er janvier 2011. Les résultats d'un second appel d'offres, lancé en 2006, ont été connus en juin 2008 : 22 projets de centrales ont été retenus à travers la France, pour une puissance électrique cumulée estimée à 300 MW. Un projet était d'ores et déjà en service au 1er janvier 2011.

Le plan national de développement des énergies renouvelables, présenté le 17 novembre 2008 a acté la poursuite du développement de la production d'électricité et de chaleur à partir de biomasse. Ainsi, un appel d'offres "Biomasse 3" a été lancé fin 2008 et porte sur une puissance cumulée de 250 MW : 32 projets de centrales ont été retenus pour une puissance cumulée proche de 260 MW, un projet en service depuis le 1er janvier 2011.

Un appel d'offres "Biomasse 4" a également été lancé en juillet 2010 et porte sur des projets de plus de 12 MW, pour une puissance cumulée de 200 MW.

#### **2.4.4 Production hydro-électrique**

L'équipement hydroélectrique français n'a que très peu évolué au cours des 25 dernières années. La puissance totale des installations est de 25,2 GW en France continentale et se décompose comme suit :

- 7,6 GW d'usines au "fil de l'eau", dont la capacité du réservoir amont ne permet pratiquement pas de stockage : la production de ces usines, dépendant uniquement des apports hydrauliques instantanés, est dite "fatale" ;
- 4,2 GW d'usines de type "écluse", qui disposent d'un réservoir amont de taille intermédiaire, permettant de stocker l'eau en période de faible consommation selon des cycles journaliers (stockage la nuit, turbinage en journée) ou hebdomadaires (stockage la nuit et les jours de weekend, turbinage en jours ouvrables), mais guère au-delà ;
- 9,1 GW d'usines de "lac", dont la capacité du réservoir amont permet un stockage sur une période beaucoup plus longue, offrant, sauf circonstances exceptionnelles, la garantie de pouvoir disposer de la puissance de l'usine indépendamment des conditions hydrologiques du moment ;
- 4,3 GW de STEP (Stations de Transfert d'Énergie par Pompage), où le remplissage du réservoir amont à l'aide de pompes, en période de faible consommation, permet de garantir la disponibilité de puissance de l'usine au moment des fortes consommations.

L'énergie productible annuelle moyenne est celle qui serait tirée des apports naturels si les usines étaient exploitées en permanence dans les conditions optimales.

Elle est estimée à partir des débits d'apports en moyenne sur longue période à 68,1 TWh. Les fluctuations constatées autour de cette valeur moyenne, fonction des précipitations, sont relativement amples : au cours des 30 dernières années, les apports ont excédé la normale de plus de 10 TWh à deux reprises (1994 et 2001) ; ils lui ont aussi été inférieurs de plus de 20 TWh à deux reprises (1989 et 2005).

L'espérance de production est moindre : à l'énergie productible, il convient en effet de retrancher les pertes de production occasionnées principalement par les avaries de matériel, mais aussi par le fonctionnement des équipements en conditions sub-optimales liées à des contraintes d'exploitation (niveau inférieur au niveau maximal de la retenue pour certains grands réservoirs, débits différents du débit optimal...), voir le sous chapitre suivant).

Ces valeurs de productible ne tiennent pas compte du supplément de production généré par le pompage dans les STEP. L'énergie restituée lors du turbinage équivaut approximativement aux trois quarts de l'énergie consommée par les pompes.

#### **2.4.4.1 Le contexte réglementaire**

L'usage de l'eau pour la production d'électricité doit composer avec d'autres utilisations de cette ressource (sport et loisirs, irrigation...), tout en restant respectueux de l'environnement, obligeant à des arbitrages entre intérêts parfois contradictoires. Deux textes de loi fixent les lignes directrices de ces arbitrages :

La loi de Programme fixant les Orientations de Politique Énergétique (POPE) du 13 juillet 2005 fait explicitement mention des avantages de l'énergie hydroélectrique, qui contribue à la production d'électricité à partir d'EnR, et qui participe, de par sa souplesse d'exploitation, à la sûreté du système électrique.

Elle impose une évaluation du potentiel hydroélectrique par zone géographique, et que cette évaluation soit prise en compte par les organismes chargés de la gestion de l'eau ;

La loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques du 30 décembre 2006, qui vise à atteindre ou reconquérir un bon état écologique des eaux, renforce modérément les contraintes pesant sur l'exploitation des usines hydrauliques.

Les "débits réservés" initialement fixés, qui sont les débits minimaux à maintenir dans le lit naturel des rivières, et qui ne peuvent donc pas être détournés dans les canaux, galeries ou conduites forcées alimentant les turbines, lorsque l'eau turbinée est restituée trop en aval, à 1/40 du débit moyen annuel (module), seront certes relevés à compter du 1er janvier 2014 à 1/10 de cette valeur pour la plupart des usines ; mais pour celles dont la modulation est déterminante pour l'équilibre du système électrique, et celles situées sur des cours d'eau à gros débit (module supérieur à 80 m<sup>3</sup>/s), ils ne seront relevés qu'à 1/20 du module, limitant ainsi la perte d'énergie productible.

Par ailleurs, un plan de relance de la production hydroélectrique a été annoncé en juillet 2008, le premier volet de ce plan concernant la mise en concurrence des concessions hydrauliques : le décret n°2008-1009 du 26 septembre 2008 réorganise la mise en concurrence des concessions dans la logique de disparition du droit de préférence accordé au concessionnaire sortant.

(Décret n°2008-1009 du 26 septembre 2008)

Les modalités de renouvellement des concessions ont été précisées en avril 2010 :

10 concessions d'une puissance cumulée de 5 300 MW seront renouvelées d'ici 2015. L'ouverture des appels à candidature devrait s'échelonner entre 2011 et 2013, pour des attributions entre 2013 et 2015. Seuls les candidats ayant démontré leurs capacités techniques et financières à exploiter un ouvrage hydroélectrique en toute sécurité seront admis à concourir.

#### **2.4.4.2 Les perspectives**

Les critères de sélection des offres pour le renouvellement des concessions hydroélectriques compteront trois aspects : l'efficacité énergétique de l'exploitation de la chute ; le respect d'une gestion équilibrée et durable de la ressource en eau permettant une conciliation de ses différents usages, dans le respect des écosystèmes ; les conditions économiques et financières pour l'État (qui se traduisent en pratique par la proposition de redevance faite par le candidat).

La mise en concurrence des concessions hydrauliques incitera les candidats à proposer des investissements de modernisation et de renouvellement des installations existantes.

Le scénario de référence retient une relative stabilité de la production : le développement de nouveaux équipements ou la modernisation d'équipements existants permettent de compenser les pertes de productibles, liées à l'accroissement des débits réservés et à l'application de certaines dispositions du SDAGE (schéma D'Aménagement et de Gestion des Eaux) et du Plan de gestion « Anguille » de la France.

(PGAF, 2010)

Un second scénario résultant d'une démarche volontariste, orientée par l'objectif 2020 du Grenelle de l'environnement, conduit à un potentiel d'augmentation de 7 TWh et de 2 à 3 GW de capacités de pointe (STEP).

Une étude significative portant sur le pompage-turbinage de la Commission européenne établit un potentiel considérable, en s'appuyant sur les possibilités de la Turquie et de la Croatie. L'étude détermine que le pompage-turbinage est la seule technologie de stockage à grande échelle d'ores et déjà disponible qui permettrait de réaliser les objectifs d'intégration d'énergies renouvelables de l'Union Européenne d'ici 2020. La première centrale de ce type fut construite à Okinawa au Japon.

(JRC, 2012)(Pritchard, 2000)

On évoque peu souvent les opportunités prometteuses existant aussi dans les centrales hydro-éoliennes. Le principe est simple, il consiste à combiner une ferme éolienne avec une unité hydroélectrique.

L'électricité produite par les éoliennes est envoyée sur le réseau local et le surplus permet de pomper de l'eau vers une retenue d'altitude. L'évaluation de la consommation locale et des facteurs de charges des éoliennes (le facteur de charge est défini comme le rapport de la puissance produite sur la puissance installée) permet de dimensionner la surface de retenue d'eau.

Une centrale hydro-éolienne de 11 MWc est en construction en Espagne sur l'île d'El Hierro, aux îles Canaries. D'autres projets sont en cours sur des territoires insulaires (Tenerife-Espagne, Ikaria-Grèce, Hawaï-Etats-Unis)

D'autres projets expérimentaux sont en cours d'élaboration à travers le monde. Celui initié en Martinique, retient notre attention.

Une centrale pilote de 10 MWc devrait apparaître à l'horizon 2015. C'est une centrale à énergie thermique des mers, qui devrait fournir de l'électricité en exploitant la différence de température entre les eaux superficielles et les eaux profondes des océans. Les régions tropicales sont propices à l'implantation de ce type de projet car la différence des graduants de température des eaux est relativement importante.



**FIGURE 7.7 VUE AERIENNE D'UN SITE DE POMPAGE TURBINAGE A OKINAWA, JAPON**  
Extrait du site internet Waste Energy.net

## **2.4.5 Production éolienne**

### **2.4.5.1 Le parc actuel**

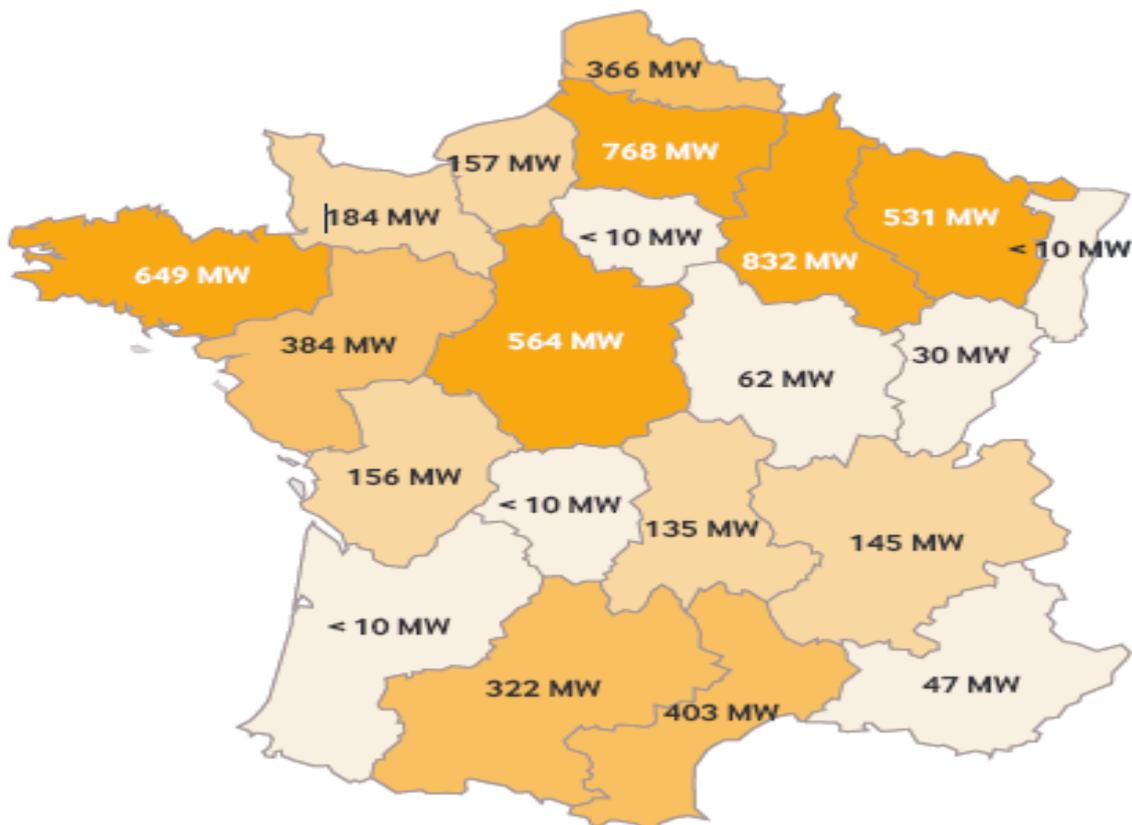
Au 1er janvier 2011, la puissance cumulée du parc éolien en France continentale s'élève à environ 5 800 MW, pour une production de 9,7 TWh en 2010.

Le parc en service a présenté un facteur de charge annuel moyen proche de 23 % sur les quatre dernières années.

Cette valeur équivaut, en énergie, à environ 2 000 heures de fonctionnement à pleine puissance, hypothèse prise à moyen terme, pour ce Bilan Prévisionnel.

L'hypothèse de durée de fonctionnement moyen retenue pour les horizons long terme est de 2100 heures équivalent pleine puissance, le développement de parcs offshore compensant le moindre productible des parcs terrestres les plus récents situés sur des zones moins favorables.

L'analyse météorologique à l'échelle nationale ne montre pas que les périodes de froid intense s'accompagnent systématiquement de faibles productions éoliennes. Au contraire, l'examen des quelques récentes vagues de froid montre que le facteur de charge moyen national est plus proche de 25 % dans ces périodes, avec une atténuation nettement plus marquée dans la moitié nord de la France.



**FIGURE 7.8 PARC EOLIEN FRANÇAIS EN SERVICE (DEBUT 2011)**

Extrait du rapport R.T.E, Bilan électrique 2011

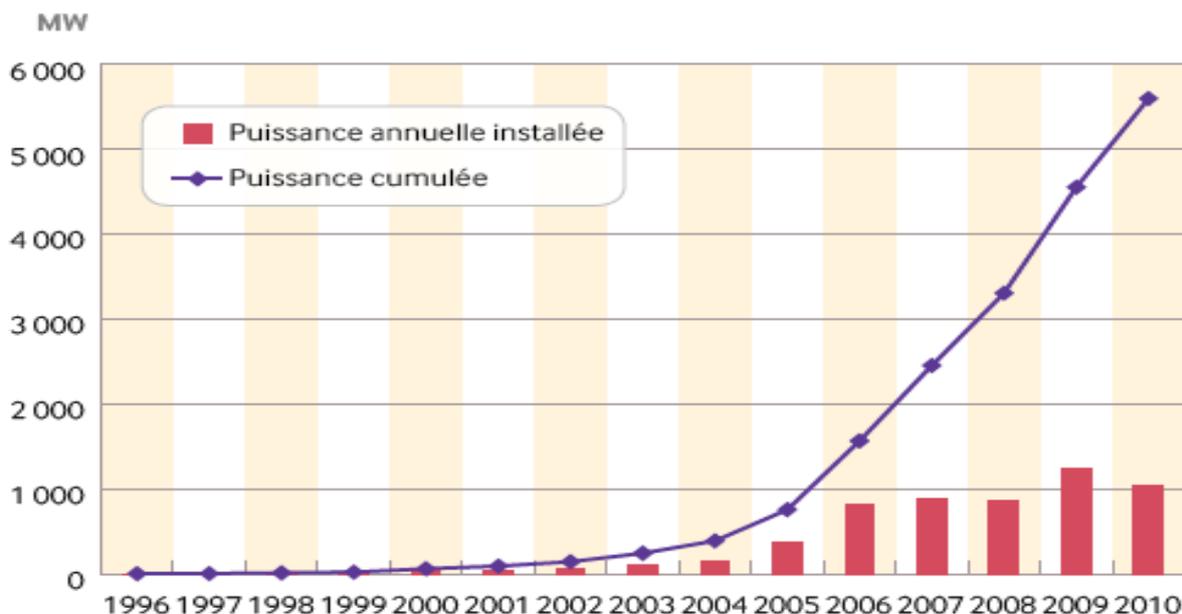
Notons que la Corse est absente des données RTE alors que des installations éoliennes sont bien présentes dans la région.

Ainsi, malgré l’intermittence de sa production, le parc éolien participe à l’équilibre offre-demande, contribuant à l’ajustement du parc à hauteur d’une fraction de la puissance éolienne installée, appréciée en termes de puissance substituée. (Puissance d’un moyen de production conventionnel qui peut être substitué par un parc éolien pour un même niveau de qualité de fourniture, avec durée annuelle moyenne de défaillance égale)

En France, les premiers parcs se substituent chacun à approximativement 0,25 GW de moyens thermiques par GW installé ; ce taux de substitution décroît ensuite légèrement avec l’accroissement de la puissance installée en raison de l’importance croissante de l’aléa éolien devant les autres aléas affectant le système électrique. Mais sous réserve d’un développement géographiquement équilibré (plusieurs zones de vent), on peut retenir qu’en France, 25 GW d’éoliennes ou 5 GW d’équipements thermiques apparaissent équivalents en termes d’ajustement du parc de production.

#### **2.4.5.2 Perspectives de développement**

Le Grenelle de l’environnement a retenu que l’énergie éolienne constitue l’un des principaux contributeurs potentiels à l’atteinte des objectifs 2020, constituant le quart de l’objectif global et les deux tiers du supplément d’électricité renouvelable, avec un potentiel de 25 GW, répartis entre 19 GW sur terre et 6 GW en mer, pour une production de 57,9 TWh.



**TABLEAU 8.5 EVOLUTION PLURIANNUELLE DE LA PUISSANCE EOLIENNE**

Extrait du rapport R.T.E, Bilan électrique 2011

La loi Grenelle II a par ailleurs entériné un certain nombre de mesures complémentaires : un objectif de 500 éoliennes construites par an, la soumission au régime d'autorisation ICPE (Installation Classée Pour l'Environnement), une contrainte de 5 mâts minimum par parc éolien, la réalisation de schémas régionaux éoliens, qui définissent le potentiel éolien dans chaque région et les zones dans lesquelles son développement est jugé favorable. Ces schémas constituent désormais l'un des volets des Schémas Régionaux Climat Air Énergie (SRCAE), en cours d'instruction.

Le contexte économique a sensiblement évolué depuis 2009, avec d'une part une nette diminution du prix des éoliennes, conséquence de la crise économique, de la plus faible demande mondiale et de la baisse des cours des matières premières, et d'autre part la fin des possibilités d'amortissement exceptionnel (article 39 AB du code général des impôts), la mise en place de l'IFER (qui est une Imposition Forfaitaire sur les Entreprises de Réseau, mis en place par la loi de finance 2010 en remplacement de la Taxe Professionnelle.) et la disparition de la réfaction sur les coûts de raccordement.

Afin de favoriser le développement de la filière de l'éolien offshore dans l'ambition de l'atteinte des objectifs du Grenelle, un appel d'offres a été annoncé en janvier 2011. Il porte sur une puissance installée de 3 GW, répartie sur cinq zones de développement sur la façade atlantique et la Manche. L'appel d'offres était ouvert au 1er juillet 2011, pour un choix des lauréats en avril 2012 et une mise en service prévisionnelle des parcs à l'horizon 2015 au plus tôt.

Cette capacité de production représente environ 1.000 à 1.200 éoliennes, qui fourniront l'équivalent de la consommation annuelle de 4,5 millions de foyers.

Les offres des candidats ont été notées selon 3 critères : la qualité du projet industriel et social (40 %), le prix d'achat de l'électricité proposé (40 %), le respect de la mer et de ses usages (20 %).

Voici les lauréats de ce plan de développement.

- Fécamp (Seine-Maritime, 498 MW), lauréat : Eolien Maritime France
- Courseulles-sur-Mer (Calvados, 450 MW), lauréat : Eolien Maritime France
- Saint-Nazaire (Loire-Atlantique, 480 MW), lauréat : Eolien Maritime France
- Saint-Brieuc (Côtes d'Armor, 500 MW), lauréat : Ailes Marines SAS
- Le Tréport (Seine-Maritime – Somme), déclaré sans suite.

La société Eolien Maritime France (EMF), dont les actionnaires principaux sont EDF Energies Nouvelles et Dong Energy Power, énergéticien danois, propose des éoliennes fournies par Alstom.

La société Ailes Marines SAS, dont les actionnaires principaux sont Iberdrola, énergéticien espagnol, et EOLE-RES SA, propose des éoliennes fournies par Areva et des partenariats avec Technip et STX notamment.



**FIGURE 7.9 CARTOGRAPHIE DU PLAN DE DEVELOPPEMENT DE L'EOLIEN OFFSHORE FRANÇAIS**

Extrait du rapport R.T.E, Bilan électrique 2011

Début 2011, le cumul des installations en service ou en construction d'une part, et de l'ensemble des projets dont le permis de construire est accordé d'autre part, s'élève à environ 9 GW.

Concernant le rythme de développement, une stabilisation se dessine depuis quatre ans à un niveau proche de 1 GW par an. Le volume de permis de construire accordés est relativement stable depuis plusieurs années, à un niveau proche de 0,3 GW par trimestre, pouvant permettre jusqu'à l'horizon 2014 un développement comparable à celui observé récemment.

On note cependant d'importantes incertitudes quant aux modalités d'application des évolutions réglementaires en cours, qui pourraient impacter le développement de la production éolienne.

Dans une démarche par nature prudente, le scénario de développement à l'horizon de cinq ans retenu par le Bilan Prévisionnel du gestionnaire de réseau suppose la poursuite d'un rythme de 1 GW supplémentaire installé chaque année, assurant une trajectoire de 8 GW en 2013.

## 2.4.6 Production photovoltaïque

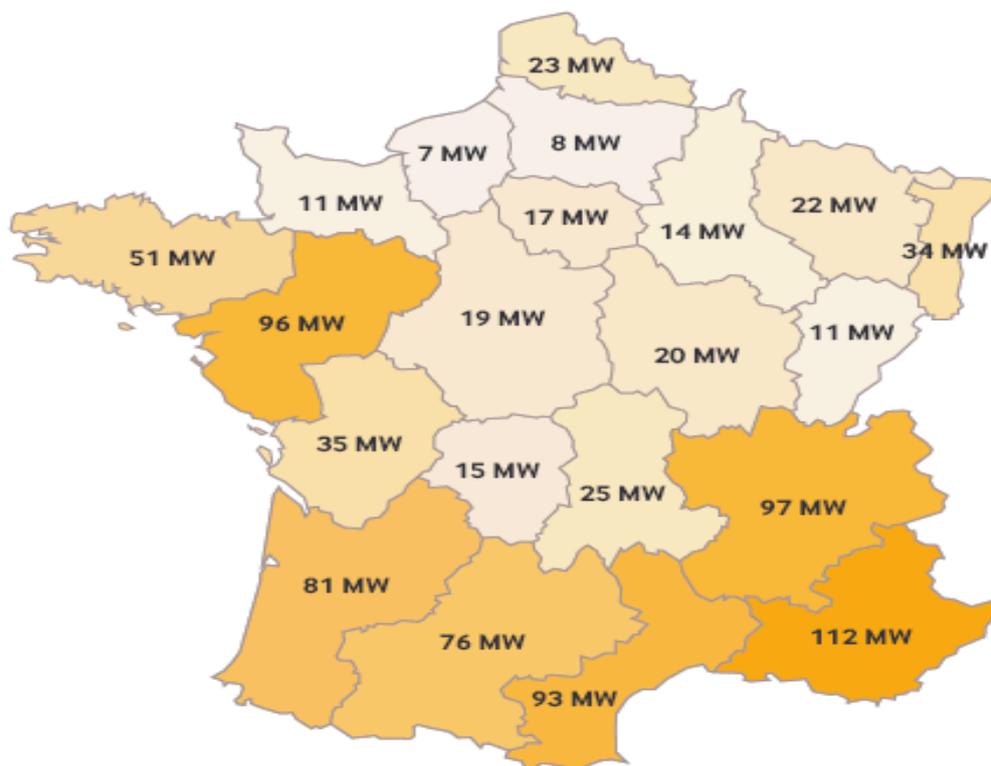
### 2.4.6.1 Le parc

Au 31 décembre 2010, la puissance cumulée du parc photovoltaïque raccordé au réseau en France continentale s'élève à environ 900 MW. Le rythme de développement de la filière est très dynamique, passant d'une puissance installée de 138 à 859 MW durant l'année 2010. Sur le parc photovoltaïque aujourd'hui en service, 91 % des installations sont des installations de petite puissance (inférieure à 3 kW), pour 42 % de la puissance installée.

Le segment 3-250 kW représente 9 % des installations et 39 % de la puissance installée. Le segment supérieur à 250 kW représente moins de 1 % des installations, pour 19 % de la puissance installée.

Le parc en service a présenté un facteur de charge annuel moyen de 11,4 % sur l'année 2008 et 14,5 % en 2009 et 2010. Cette valeur équivaut, en énergie, à environ 1 000 heures de fonctionnement à pleine puissance en 2008 et 1 270 heures en 2009 et 2010.

La durée de fonctionnement équivalent pleine puissance dépend directement de la localisation des puissances raccordées, et dans une moindre mesure, de l'orientation et de la technologie des panneaux. L'hypothèse, prise à moyen comme à long terme, est une production du parc français correspondant à environ 1 000 heures de fonctionnement à pleine puissance.



**FIGURE 8 PARC PHOTOVOLTAÏQUE EN SERVICE DEBUT 2011**

Extrait du rapport R.T.E, Bilan électrique 2011

## 2.4.6.2 Perspectives de développement

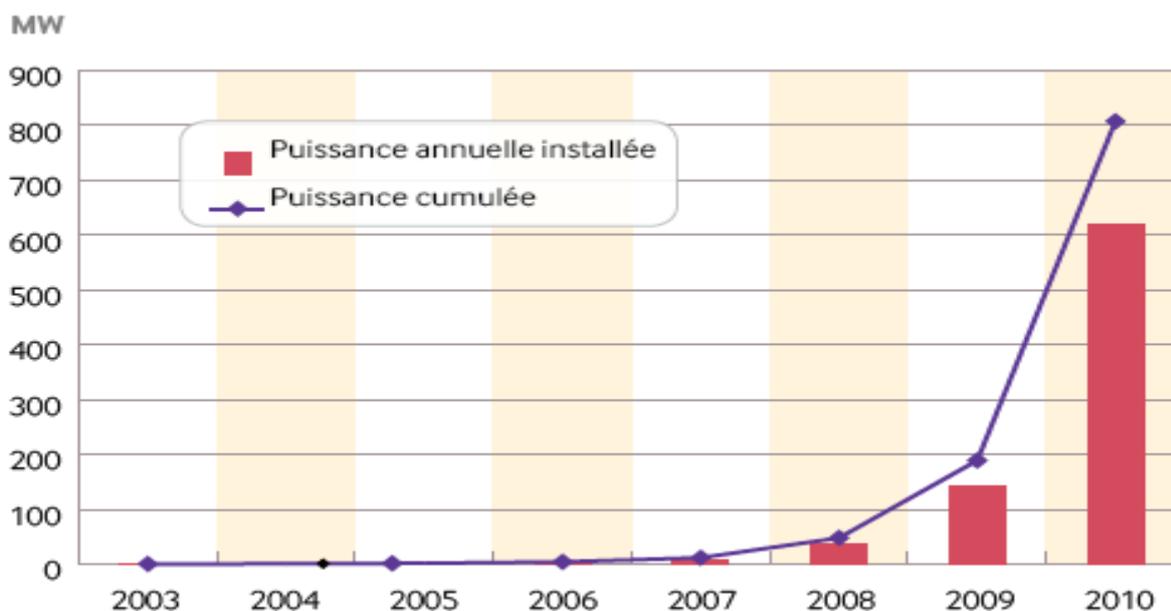
Le Grenelle de l'environnement a retenu un objectif de développement de la filière photovoltaïque à 5 400 MW installés en 2020, objectif confirmé par les pouvoirs publics.

Les mécanismes d'aide et d'encadrement du développement de la filière photovoltaïque ont été modifiés à plusieurs reprises, suite notamment au développement extrêmement rapide de projets pour certains segments du marché photovoltaïque, consécutif à la baisse très rapide du prix des panneaux.

La dernière modification en date a eu lieu début 2011, après un moratoire de 3 mois sur le mécanisme d'obligation d'achat pour les installations non résidentielles.

Le nouveau dispositif de soutien est mis en œuvre par le biais :

- du décret n° 2011-240 du 4 mars 2011 modifiant le décret n° 2001-410 relatif aux conditions d'achat de l'électricité produite par des producteurs bénéficiant de l'obligation d'achat.
- de deux arrêtés du 4 mars 2011, l'un abrogeant le précédent arrêté tarifaire (publié le 31 août 2010) et l'autre fixant les nouvelles conditions d'achat de l'électricité produite par les installations.



**TABLEAU 8.6 EVOLUTION PLURIANNUELLE DE LA PUISSANCE INSTALLEE**

Extrait du rapport R.T.E, Bilan électrique 2011

Il s'appuie sur deux mécanismes distincts suivant la puissance de l'installation :

- des tarifs d'achats, ajustés chaque trimestre, pour les installations sur bâtiments de moins de 100 kW.
- des appels d'offres pour les installations sur bâtiments de plus de 100 kW et les centrales au sol.

Un premier appel d'offres de 300 MW a été annoncé pour l'été 2011. Des exigences nouvelles apparaissent également : l'intégration d'obligations de recyclage en fin de vie et de démantèlement à compter de l'été 2011 et l'obligation de fourniture d'une analyse de cycle de vie à compter du 1er janvier 2012.

L'ensemble des tarifs sont largement revus à la baisse par rapport aux précédents tarifs et sont par ailleurs évolutifs trimestriellement selon le volume de demande de raccordement. Pour les particuliers, l'arrêté du 04 mars 2011 fixe le tarif d'obligation d'achat à 46,4 c€/kWh en métropole. En complément de ce tarif, les particuliers peuvent bénéficier, sous conditions, d'un crédit d'impôt de 25 % du prix de l'équipement (qui vient remplacer, depuis 2010, le crédit d'impôt initialement fixé à 50 %) et d'une TVA à 5,5 %.

Parallèlement, la loi Grenelle I rend obligatoire les labels BBC (Bâtiment à Basse Consommation) dès 2012 et BEPOS (Bâtiment à Énergie Positive) dès 2020, confortant le devenir de la filière photovoltaïque dans les bâtiments neufs. Compte tenu des projets entrés en file d'attente avant le moratoire, les perspectives de développement pour 2011 et 2012 restent soutenues, de l'ordre de 1 000 à 1 500 MW par an. En complément, le nouveau dispositif de soutien prévoit une cible de nouveaux projets de 500 MW par an pour les prochaines années, qui pourrait être revue à la hausse jusqu'à 800 MW à l'horizon 2012.

Malgré des incertitudes sur l'impact du nouveau cadre tarifaire, l'hypothèse retenue à moyen terme est celle d'un développement à hauteur du volume cible de 500 MW/an. Dans ce contexte, le parc photovoltaïque français pourrait dépasser 3 000 MW courant 2013 et 4 000 MW courant 2015. Si cette tendance est confirmée, l'objectif fixé par le Grenelle de l'environnement de 5,4 GW de panneaux photovoltaïque installés à l'horizon 2020 pourrait être dépassé, notamment si la baisse de prix des modules continue au rythme passé. Elle a connu récemment une accélération, due aux évolutions technologiques et à l'importante surcapacité de production actuelle, avec une baisse du prix des modules de l'ordre de 40 % ces deux dernières années. Les coûts du solaire photovoltaïque devraient encore chuter de 40 % d'ici 2015 et de 30% supplémentaires entre 2015 et 2020. En 2020, le coût de production nivelé du solaire PV sera de 7,5 centimes d'euros, soit un coût égal, voire inférieur au kWh du nucléaire EPR, estimé au moins entre 7 et 9 centimes par la Cour des comptes (Mc Kinsey, 2012).

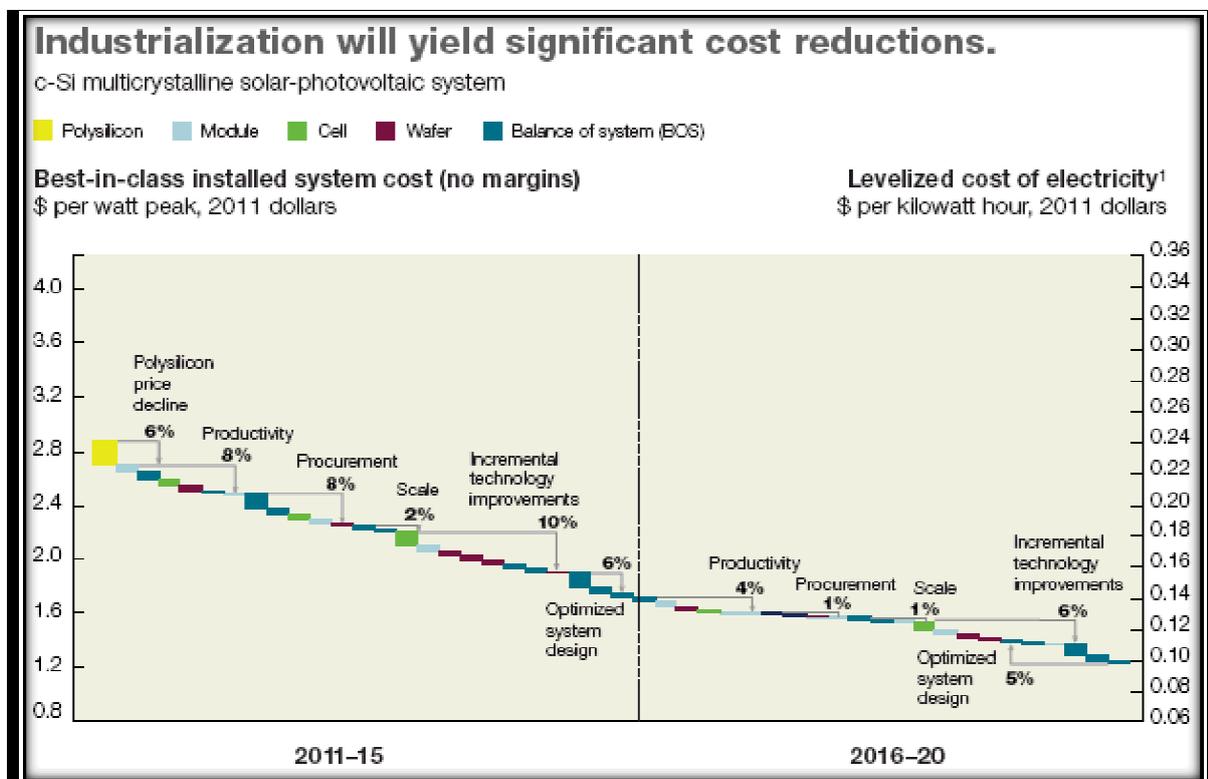


TABLEAU 8.7 SYNTHÈSE DE LA RÉDUCTION DES COÛTS DU SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE C-SI

Extrait du rapport, Mc Kinsey «Solar power's next shining»

## 2.4.7 Conclusion et scénario de référence selon RTE

On observe qu'une évolution structurelle du parc de production est en cours. Bien qu'il soit l'objet de soubresaut, le cadre réglementaire évolue en ce sens afin d'accompagner la transition énergétique vers la durabilité.

Des efforts sont encore à fournir pour franchir certaines limites associées aux technologies. De par le monde la recherche y participe activement. Le modèle énergétique global tend à se transformer radicalement. On assiste à une course globalisée dans la recherche de solutions efficaces.

L'offre de production repose sur le parc actuellement en service auquel sont intégrées les installations en cours de construction et duquel sont déduits les arrêts probables de groupes de production (déclassements). Il inclut également quelques projets dont la construction n'a pas encore débuté.

Voici une description de RTE (Réseau de Transport d'électricité) du scénario "Référence" de l'offre de production à moyen terme.

### Pour le parc nucléaire :

- L'hypothèse retenue concernant le parc nucléaire en service est celle d'un maintien du parc actuel, sans évolution de puissance unitaire des groupes.
- Un nouveau groupe sera raccordé au réseau, l'EPR de Flamanville (1 600 MW), dont la première production électrique commercialisable est attendue courant 2014.

Il convient de rappeler que ce ne sont, à ce stade, que de simples hypothèses normatives, qui ne préjugent en rien des décisions que prendra l'Autorité de Sécurité Nucléaire suite aux études complémentaires de sûreté et aux "stress tests" européens. Les orientations politiques peuvent aussi réorienter les choix.

### Pour le parc thermique classique centralisé :

- L'ajout de nouveaux groupes à ceux exploités au 1er janvier 2011 concerne cinq cycles combinés à gaz, en construction début 2011, pour une puissance cumulée de 2 200 MW. Les dates de pleine disponibilité sont 2011 pour deux d'entre eux, puis 2012, 2013 et 2014 pour chacun des suivants.
- Concernant la filière charbon, l'hypothèse de déclassement d'ici fin 2015 (ces tranches, concernées par la Directive GIC, sont soumises au crédit de 20 000 heures de fonctionnement depuis le 1er janvier 2008, et sont supposées être définitivement arrêtées au plus tard le 31 décembre 2015) de groupes exploités au 1er janvier 2011, représente 3 600 MW.

Compte tenu des prévisions d'utilisation actuellement envisagées par les exploitants, de la rentabilité des installations et du planning d'entretien aujourd'hui annoncé par les producteurs, les fermetures devraient s'étaler essentiellement entre 2013 et 2015 ;

- Concernant la filière fioul, après l'arrêt des derniers groupes de 250 MW d'ici fin 2012, huit groupes, d'une puissance cumulée de 5,1 GW continueront à fonctionner jusqu'à fin 2015. À compter du 1er janvier 2016, seuls deux groupes (1,3 GW) sont considérés aptes à fonctionner.

Pour le parc thermique décentralisé :

- La puissance du parc de cogénération baisse de 4,4 GW début 2011 à 1,5 GW début 2016.
- Pour les installations Biomasse et Biogaz, la croissance du parc est supposée équivalente à la moitié de la puissance retenue lors des appels d'offres en cours.

Pour le parc hydroélectrique :

- L'équipement actuel est supposé se maintenir en l'état.
- La production annuelle attendue est de 69,4 TWh en moyenne, production issue du pompage incluse ; cette valeur est inférieure au productible annoncé, pour tenir compte d'une part, des pertes éventuelles dues à l'accroissement des débits réservés, d'autre part et surtout, des inévitables pertes de production, dues notamment aux avaries de machines.

Pour le parc éolien :

- Le développement se poursuit au rythme de 1 GW par an, soit une puissance cumulée atteignant 8 GW au cours de l'année 2013, puis 11 GW vers 2016.

Pour le parc photovoltaïque :

- Outre les projets en construction aujourd'hui, ou ayant obtenu un permis de construire, qui devraient assurer un socle proche de 2 500 MW installé d'ici mi-2012, le développement du parc photovoltaïque se poursuit à un rythme de 500 MW par an, pour atteindre 3 000 MW courant 2013 et 4 000 MW courant 2015.

Pour les effacements :

- L'hypothèse prudente retenue est un maintien du volume d'effacements actuellement disponible (3 GW).

Le scénario prévu est bien évidemment discutable. Néanmoins la position d' RTE lui confère une vision d'ensemble, qui donne du crédit à son évaluation prospectiviste. Les orientations peuvent changer en fonction des prises de décisions politiques. On espère que la gouvernance franchira un cap ambitieux dans l'intégration de la durabilité comme principe fédérateur des choix énergétiques.

GW	Offre "Référence" 2016	Offre "Référence" 2020	Offre "Référence" 2030
Nucléaire	64.7	65.0	65.0
Charbon	2.9	2.9	2.9
CCG	6.0	6.4	6.4
Fioul et TAC	3.1	2.8	1.5
Thermique décentralisé non EnR	4.7	4.5	4.5
Thermique décentralisé EnR	1.1	1.3	2.6
Hydraulique	25.2	25.2	25.2
Éolien	11.0	17.0	32.0
Photovoltaïque	4.5	8.0	18.0
Effacements	3.0	3.0	3.0
Puissance complémentaire*	/	2.0	4.3

**TABLEAU 8.8 PERSPECTIVES DE PUISSANCES INSTALLEES EN FRANCE SELON RTE**  
Extrait du rapport R.T.E, Bilan électrique 2011

TWh	Vision "Référence" 2016	Vision "Référence" 2020	Vision "Référence" 2030
Consommation nationale	507.5	523.1	554.3
Pompage	7.3	7.3	7.3
Solde exportateur	63.1	64.7	65.9
<b>DEMANDE</b>	<b>577.9</b>	<b>595.2</b>	<b>627.4</b>
Nucléaire	429.8	430.2	425.7
Charbon	12.2	10.7	6.3
CCG	20.2	21.0	14.7
Fioul, TAC et effacements	2.1	1.3	0.6
Thermique décentralisé non EnR	10.7	9.8	9.8
Thermique décentralisé EnR	6.7	8.5	14.6
Hydraulique*	69.4	69.4	69.4
Éolien	22.0	35.8	67.4
Photovoltaïque	4.8	8.4	18.8
Puissance complémentaire	/	0.1	0.1
<b>OFFRE</b>	<b>577.9</b>	<b>595.2</b>	<b>627.4</b>
Ratio EnR	18.3%	21.3%	28.5%
Estimation CO <sub>2</sub> émis par le secteur électrique français (MtCO <sub>2</sub> )**	24.9	22.8	15.7

\*: y compris turbinage des STEP

\*\* : sans captage ni stockage du CO<sub>2</sub> sur les équipements charbon, sans prise en compte des éventuelles émissions de CO<sub>2</sub> générées par les moyens d'offre complémentaires.

**TABLEAU 8.9 PERSPECTIVES DE BILANS ENERGETIQUES EN FRANCE SELON RTE**  
Extrait du rapport R.T.E, Bilan électrique 2011

## 2.5 Energie et insularité: le cas de la Corse

Notre approche s'est portée sur différentes échelles d'analyse. L'union européenne possède des spécificités en termes de politiques publiques d'énergie qui s'établissent en cascade depuis le territoire global continental de l'ensemble des états membres jusqu'à la dimension locale d'un territoire insulaire.

Des initiatives intégrées par la Commission Européenne ont vu le jour. Elles souhaitent caractériser les problématiques insulaires associées au déterminant du développement durable.

Le projet ISLE-PACT qui fut initié en 2010 propose de saisir les opportunités existantes dans les énergies renouvelables pour les territoires insulaires. Le pacte est un instrument de politique énergétique qui s'appuie sur des engagements ambitieux.

- Aller au-delà des objectifs européens pour 2020, en réduisant les émissions de CO<sub>2</sub> de leur territoire respectif d'au moins 20%;
- Présenter un Plan d'action insulaire pour l'énergie durable, incluant un inventaire des émissions de référence, qui décrit comment les objectifs seront atteints;
- Présenter un rapport de mise en œuvre au moins tous les deux ans après le dépôt du Plan d'action, et ce à des fins d'évaluation, de suivi, et de vérification;
- Organiser des "journées de l'énergie", en coopération avec la Commission Européenne et les acteurs locaux, permettant aux citoyens de bénéficier directement des opportunités et des avantages offerts par une utilisation plus intelligente de l'énergie, et informer régulièrement les médias locaux des développements concernant le Plan d'action;
- Participer et contribuer aux événements organisés par les Institutions Européennes qui sont liés au Pacte des Îles et à la Convention des Maires;
- Mobiliser les investissements dans l'énergie renouvelable au sein de leur territoire respectif.

Dans la pratique, le pacte a établi un schéma directeur appelée ISEAP\* visant à l'assimilation simplifiée du projet.

\*ISEAP signifie *Island Sustainable Energy Action Plans* -ou Plans d'action insulaires pour l'énergie renouvelable.



**FIGURE 8.1 SCHEMA D'INTEGRATION SIMPLIFIEE DE L'ISLE-PACT**

Extrait du internet <http://www.islepact.eu>

Pour des raisons ignorées, on observe l'absence de la Corse parmi les régions insulaires concernées. Les régions européennes insulaires incluses dans le projet sont les Hébrides extérieures d'Ecosse, l'île de Madère au large du Portugal, les Açores, les îles Baléares, Chypre, DAFNI ; le réseau de 29 îles de la mer Egée, l'île suédoise de Gotland, les îles Canaries, l'île de Malte, la Sardaigne, la Crète et l'île de Samso au Danemark.

(ISLE-PACT, 2012)(DARE, 2012)(AREAM, 2012)(ARENA, 2012)(Direcció General d'Indústria i Energia, Balears, 2012)(CEA, 2012)(DAFNI, 2012)(Gotland Municipality, 2012)(ITC, 2012)(PARAGON, 2012)(Punto Energia, 2012)  
(REAC, 2012)(Energy Akademiet, 2012)

ISLNET regroupe un réseau d'acteurs européens dans le but de partager et d'échanger les informations relatives au développement durable dans les territoires insulaires. La Corse n'est pas intégrée dans le réseau et la Guadeloupe est la seule île française recensée dans les adhérents.

(ISLNET, 2012)

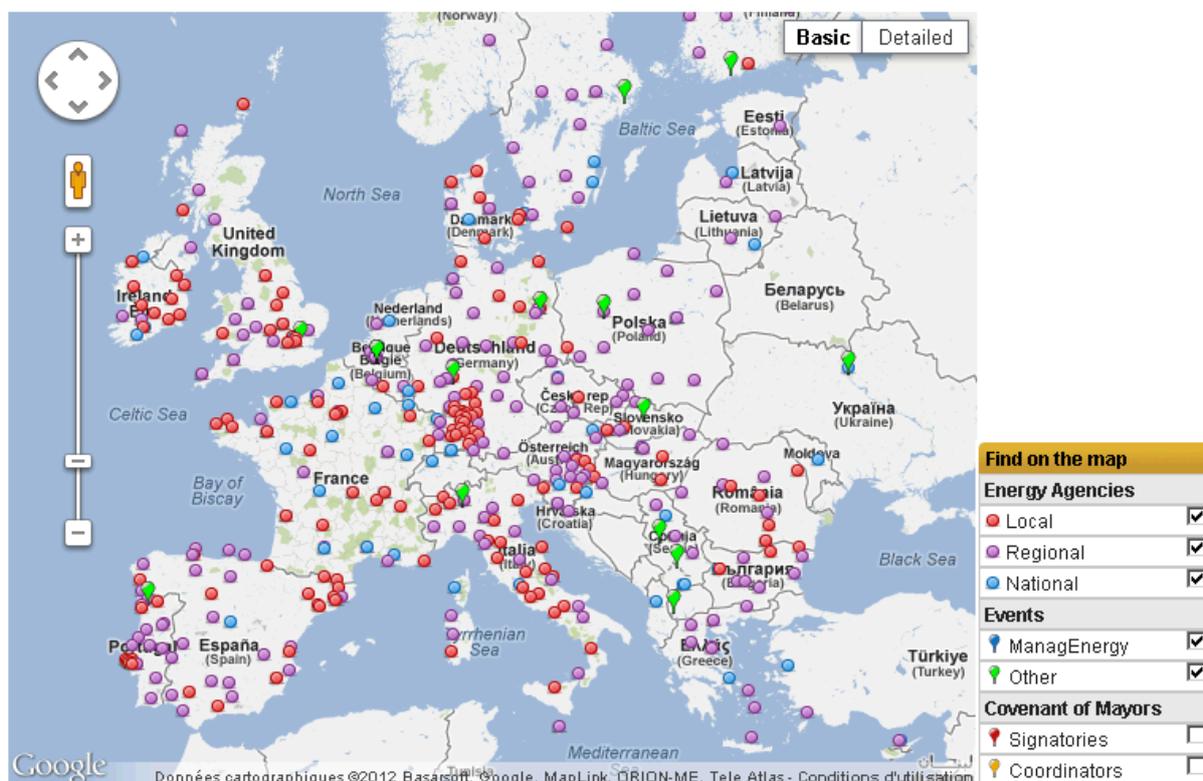
Le développement durable est une opportunité, la Corse peut y trouver un rôle prépondérant. Ce type d'initiative serait un formidable catalyseur d'intégration du développement durable en Corse. Il permettrait de réunir l'ensemble des acteurs concernés par la modification du paysage énergétique insulaire. Les élus, les organes décisionnels de la région et des départements, les institutions publiques, l'université et la recherche associée, les producteurs d'énergies, les associations,... pourraient se voir offrir un cadre commun, duquel seraient entreprises des démarches consensuelles en vue d'amorcer la transition énergétique de nos microrégions.

Le domaine de l'énergie pourrait alors servir de référence pour l'agriculture, la construction ainsi que l'ensemble des compartiments économiques concernés par le développement durable à savoir l'ensemble des activités économiques insulaires.

L'insularité dispose de déterminants géographiques intrinsèques qui lui sont propres, comme par exemple l'absence de continuité territoriale. La singularité de la Corse se répercute dans la particularité de son économie, son environnement et ses attributs sociaux.

La dynamique ISLE-PACT est à mettre en parallèle du projet Européen ENNEREG-Région 2020. Les deux démarches se complètent dans des plans d'actions locaux. Actuellement c'est l'Intelligent Energy - Europe programme qui sert de cadre référentiel. A l'heure actuelle, il existe seulement 5 régions françaises intégrées à cette dynamique ambitieuse.

## ManagEnergy Map



**FIGURE 8.2 LES AGENCES DE L'ENERGIE SUR LE CONTINENT EUROPEEN**

Extrait du site internet <http://www.managenergy.net> de la Commission Européenne.

De nombreuses observations peuvent être effectuées sur cette carte. Une d'entre elles apparaît comme fondamentale ; la France dispose d'un nombre moins élevé d'agences dédiées à l'énergie que ses voisins de l'ouest européen.

### 2.5.1 Spécificités insulaires au sein de l'espace communautaire européen

La commission des îles assure la promotion des spécificités insulaires au sein de l'espace communautaire européen. Elle tente de promouvoir la coopération interrégionale entre les îles, en particulier sur les questions en relation directe avec leur insularité.

L'organisation d'échanges entre les espaces géographiques de même nature a permis de favoriser l'intégration progressive des spécificités insulaires au sein des traités européens.

Bien qu'il reste de nombreuses particularités propres aux dimensions insulaires qui ne soient pas encore appréhendées en tant que tel, des efforts en ce sens devraient permettre d'ajuster les variables insulaires aux mécanismes législatifs et réglementaires européens.

Une assemblée générale intervient quasiment chaque année, afin de mettre en commun les actions à engager pour solutionner les problématiques insulaires. Les principaux thèmes traités sont le tourisme, les transports, l'immigration, l'agriculture, la politique régionale et l'énergie.

Lors de la 2<sup>ème</sup> assemblée réunie à Tenerife aux Canaries, on évoque « la pauvreté en moyens énergétiques traditionnels » ; seulement deux paragraphes sont accordés à l'énergie dans les régions insulaires. Le premier perçoit le potentiel de « formes non conventionnelles d'énergie » et le deuxième souligne l'important gisement d'ensoleillement et de vent sur de nombreuses îles. La notion de raréfaction croissante de produits pétroliers est déjà intégrée dans les réflexions.

(Déclaration de Ténériffe, 1981)

En 1985 à Rhodes, on souhaite que les déclarations et réflexions donnent lieu à des actions concrètes. C'est la première fois qu'une représentation « Corse » est présente.

(Conférence des régions périphériques maritimes d'Europe, 1985)

En 1992, à la Gomera aux Canaries, une résolution portée par l'île de la Réunion souhaite que la commission européenne anticipe « des dérogations et des adaptations » au projet de taxe CO<sub>2</sub>. Il est suggéré qu'une étude d'impact soit réalisée afin de prévenir et limiter l'impact d'une telle décision sur le « développement insulaire ».

(Conférence des régions périphériques maritimes d'Europe, 1992)

En 1993, à l'Île de Wight, suite à la ratification du traité de Maastricht, la commission observe les conséquences de la signature du traité pour les territoires insulaires.

Une protestation y est formulée « en particulier contre l'inapplicabilité aux îles - en l'absence de mesures d'accompagnements adéquates ou d'adaptations - des mesures prévues en matière d'emballages et de déchets d'emballages, ou encore en matière de lutte contre l'effet de serre (taxe CO<sub>2</sub>)- »

Les Baléares y présentent une résolution s'inscrivant dans la continuité de celle de la Gomera. Il y est demandé une adaptabilité aux îles de la CEE de la directive (92/C 196/01), afin qu'elles soient exclues du champ d'application de la taxe sur la consommation d'énergie et les émissions de CO<sub>2</sub>.

On demande qu'il soit démontré que cette taxe n'impliquera pas un effort financier comparativement supérieur pour les îles. Les autres demandes de la résolution portent sur la substitution du gaz naturel au pétrole et au charbon dans nos centrales thermiques ; mais aussi, sur le développement des programmes de Recherche et de Développement sur l'approvisionnement énergétique dans les îles; et enfin sur la mise en place, davantage, de mesures visant à économiser l'énergie, et de programmes spéciaux dans les îles, pour le développement des énergies alternatives.

En parallèle, les Hébrides extérieures ou Western Isles (archipel au large de la côte ouest de l'Écosse et appartenant à l'archipel des Hébrides d'Écosse) présentent une résolution sur la création d'un réseau sur l'Énergie et l'Environnement dans les Îles Européennes (ISLENET).

Le Western-Isles Islands Council, au nom de l'ensemble des îles, mettra en œuvre sur le plan technique, administratif et financier, la "Charte de l'Énergie et de l'Environnement dans les Îles Européennes". Il assumera la responsabilité, au niveau politique, du réseau et de la Charte pour l'Énergie et l'Environnement dans les Îles européennes.

(Conférence des régions périphériques maritimes d'Europe, 1993)(Directive 92/C 196/01, 1992)

En 1994, à Corfou, il est demandé que soient davantage prises en compte, les considérations insulaires, notamment que la politique communautaire en matière d'énergie résulte en des pratiques tarifaires qui ne pénalisent ni les consommateurs insulaires ni les industries des îles, et que cette politique contribue au développement du potentiel énergétique endogène de ces régions.

(Conférence des régions périphériques maritimes d'Europe, 1994)

En 1997, à Stornoway dans les Western Isles, une résolution sur l'énergie est portée par les organisateurs de la commission. « *Les mesures politiques et financières doivent continuer à promouvoir et à favoriser le développement des sources d'énergie rentables et renouvelables dans les îles, tant au niveau communautaire, national que local. Cette disposition permettra d'améliorer l'autonomie énergétique de ces régions et de réduire leur dépendance vis-à-vis des carburants importés. Ceci aura pour conséquence d'atténuer les répercussions politiques et commerciales extérieures sur le coût de l'énergie et le développement économique dans les îles* »

(Conférence des régions périphériques maritimes d'Europe, 1997)

La 20<sup>ème</sup> commission des îles s'est déroulée en 2000, à Kos en Grèce, dans l'archipel du Dodécanèse, en mer Égée. Les Western Isles y présentent une résolution sur l'énergie qui tente de synthétiser les problématiques énergétiques insulaires.

- *connexion souvent impossible aux sources d'énergie du continent,*
- *prix élevés de l'énergie dont l'application affecterait la compétitivité de l'industrie,*
- *dépendance accrue à l'égard des carburants importés et coûteux,*
- *nombreuses fluctuations dans la demande énergétique dues au tourisme saisonnier,*
- *absence de concurrence en matière de distribution locale de l'énergie,*
- *difficultés de l'approvisionnement en énergie en raison de l'isolement et du relief.*

La commission souligne également que le développement des énergies renouvelables est insuffisant, qu'un cadre « politico-législatif » européen soutenu financièrement contribuerait fortement à la mise en œuvre d'objectifs énergétiques ambitieux et durables pour les territoires insulaires.

Elle invite la commission européenne à prendre en compte, au cas par cas, île par île, leurs spécificités socio-économiques pour l'établissement des règles communes du marché de l'électricité.

Elle rappelle les avantages des énergies renouvelables pour respecter les engagements du protocole de Kyoto et contribuer directement au développement durable des territoires, en favorisant la création d'emploi locaux, tout en intégrant la dimension environnementale.

La commission mesure les aspects inhérents aux sources d'énergie renouvelable afin de le préciser dans la résolution « *Le soutien aux sources d'énergies renouvelables ne doit pas être considéré comme une distorsion aux règles de concurrence, mais comme un contrepois aux coûts externes qui ne sont pas compris dans le coût des autres sources d'énergie. Le soutien aux sources d'énergies renouvelables se justifie aussi par la contribution qu'elles apportent en termes de bénéfices sociaux et environnementaux.* »

Cette résolution synthétise les réflexions des membres de la commission autour des questions énergétiques insulaires. Elle ambitionne un cadre propice au développement des énergies renouvelables.

(CRPM, 2000)

En 2001, la Corse organise la commission des îles qui apporte des observations et commentaires sous forme de proposition, en réponse à la parution du livre vert de la commission européenne. Cette dernière porte sur la stratégie de l'Union Européenne, en matière de sécurité d'approvisionnement énergétique, dans le cadre de l'élaboration de la politique énergétique de la Communauté.

(Commission Européenne, 2000)

Les observations formulées réitèrent les données portant sur un contexte énergétique insulaire. La XXIème commission rappelle que les contraintes structurelles des îles sont signifiées dans l'Article 158 du Traité d'Amsterdam et la Déclaration annexe N°30, ainsi que dans les conclusions du conseil européen de Nice. (Point 55)

(Traité d'Amsterdam, 1997)(Biggi, 2000)(Conseil européen de Nice, 2000)

La commission met en avant les problèmes suivants :

- Dans nombre de cas, l'impossibilité totale d'une connexion aux sources d'énergie du continent, telles que le nucléaire ou le gaz naturel.
- Dans d'autres cas, le caractère extrêmement coûteux des infrastructures nécessaires pour assurer une telle connexion. (câbles sous-marins, pipe-lines...)
- Des prix élevés de l'énergie, qui, s'ils étaient intégralement répercutés sur les usagers, affecteraient gravement la compétitivité de l'industrie locale ou le niveau de vie des résidents.
- Une dépendance accrue à l'égard des carburants importés, et une grande vulnérabilité par rapport aux effets d'éventuels « chocs pétroliers ».
- De nombreuses fluctuations dans la demande énergétique dues au tourisme saisonnier.
- En règle générale, l'absence de concurrence en matière de distribution locale de l'énergie, vu l'étroitesse des marchés.
- Les difficultés diverses que rencontre l'approvisionnement énergétique en raison de l'isolement et du relief.

Il est rappelé que le développement des sources d'énergies renouvelables est insuffisant, qu'une stratégie d'intégration de ces sources d'énergies devra être complétée « *par un contrôle de la croissance de la demande.* ».

Il est mentionné que le financement d'infrastructures d'approvisionnement de l'énergie doit bénéficier d'un soutien prioritaire « conformément à l'article 154 du Traité relatif aux grands réseaux transeuropéens, qui mentionne spécifiquement la nécessité de les relier aux régions centrales de la Communauté, ces investissements bénéficient d'un soutien prioritaire dans le cadre du développement des RTE-EN. »

Une politique volontariste doit être soutenue afin que « la recherche et développement » dans les îles servent à établir un terrain propice à l'investissement dans la production de l'électricité " verte ".

En vertu de la politique de libéralisation du marché sur l'énergie suivie par la Communauté et de la Directive 96/92, qui établit les règles communes pour le marché intérieur de l'électricité, l'Union Européenne doit prêter une attention toute particulière à leur situation, compte tenu des équilibres socio-économiques fragiles qui caractérisent les îles.

*« En ce qui concerne le combat mené par l'Union relatif au changement climatique et particulièrement l'engagement européen en ce qui concerne la réduction des émissions de CO<sup>2</sup>, la Commission des Îles et ISLENET souhaiteraient rappeler la vulnérabilité particulière des îles quant aux conséquences de l'effet de serre. Elles invitent la Commission et le Conseil à adopter une attitude ferme en la matière dans les négociations internationales. »*

*« Les régions insulaires rappellent l'impact important que les problèmes relatifs tant à l'énergie qu'aux déchets peuvent avoir sur la qualité de leur environnement, notamment en raison de l'importance des activités touristiques sur leur développement économique. Dans ces régions isolées, la problématique des déchets et en particulier des déchets d'emballage justifie l'étude des solutions adéquates pour remédier aux difficultés. Doivent faire l'objet d'une attention particulière : »*

- Le tri et gestion des déchets, notamment les déchets d'emballage,
- La possibilité de mise en valeur énergétique des déchets,
- L'exportation des déchets vers des grands marchés continentaux.

Il est demandé « une modification de la réglementation communautaire en matière de déchets d'emballages, et l'application du principe "pollueur-payeur" sur les mêmes bases que celles proposées pour les déchets "d'équipements électriques et électroniques" », dans le but d'éviter de faire porter l'essentiel des coûts d'une telle politique aux autorités locales.

Les îles rappellent leur profonde dépendance dans le secteur des transports, afin de mettre en exergue l'incidence que pourrait engendrer une taxation du carburant destiné aux transports aériens. Elles rappellent les risques d'une hausse de la fiscalité sur les carburants dans des économies industrielles touristiques essentiellement tributaires de ces derniers.

Les îles souhaitent la mise en œuvre de solutions adaptées à la problématique « transport » qu'ils soient routiers, maritimes, ou aériens.

- Nouveaux équipements et nouvelles technologies.
- Schémas de transports, cadre général et schémas directeurs.
- Développement des transports en commun.
- Systèmes de gestion de trafic.

Pour conclure le volet « énergie », la XXIème commission des îles souhaite que la maîtrise de l'énergie devienne le pilier d'une politique de sécurité en matière d'approvisionnement énergétique. La réduction de la consommation d'énergie doit être envisagée par une utilisation rationnelle, notamment par ;

- une politique de sensibilisation des décideurs et des consommateurs sur la nécessité et les moyens d'une maîtrise de l'énergie.
- le développement des partenariats au niveau régional et inter-régional, avec un engagement des décideurs politiques locaux au sein des Agences d'Énergie et Environnement, ainsi que de ISLENET (Réseau des Îles Européennes d'Énergie et d'Environnement).
- une politique d'amélioration de la performance énergétique des équipements et des bâtiments, avec un meilleur contrôle des réglementations.
- des soutiens financiers majorés.

La XXIème commission des îles réunie en Corse délimite brièvement les contours d'une politique énergétique, en s'appuyant sur la singularité des îles européennes.

La mise en perspective des problématiques devrait apporter des solutions claires pour apporter des correctifs générés par l'insularité. Il existe de multiples solutions pour chacun des aspects énoncés précédemment.

Nous reviendrons dessus de façon plus détaillée dans la suite des travaux portant sur les scénarios énergétiques de Corse.

(CRMP, 2001)

A Orkney en 2002, la commission des îles répète une nouvelle fois que la transition des territoires vers un nouveau modèle de développement tel qu'il fut énoncé au sommet de Rio, doit absolument être accompagnée d'une aide financière de la communauté.

(CRPM, 2002)

En Juin 2005 à la Martinique, la Corse présente une résolution sur les énergies renouvelables. La région Corse constate que les règlements de certains états membres comme la France ou l'Angleterre sont restrictifs à l'égard des énergies renouvelables.

Il est demandé que les autorités européennes ou nationales adoptent si nécessaire des dérogations adéquates en matière technique, financière, environnementale et socio-économique pour le développement des énergies renouvelables.

(Martinique, 2005)

En 2007, sur l'île de Man, la commission des îles a défini une stratégie de développement durable. Elle synthétise les réflexions insulaires sur le sujet et propose des perspectives d'actions.

(CRPM, 2007)

C'est en 2008, dans les îles Baléares qu'intervient une avancée significative pour « l'énergie durable ». Une proposition pour un pacte des îles (ISLE PACT), est formulée avec un programme de mise en œuvre clairement établi.

Un pacte des Maires est aussi créé en s'appuyant sur une somme de considérations énergétiques. Ce pacte engage les Maires à s'investir concrètement dans des efforts de développement d'un plan d'action durable. A l'heure actuelle, aucun Maire de Corse ne s'est joint à l'initiative du pacte des maires (CRPM , 2008)(Pacte des Maires, 2008)(C40, 2012)(Convention des Maires, 2012).

## ManagEnergy Map



**FIGURE 8.3 LES SIGNATAIRES DU PACTE DES MAIRES**

Extrait du site internet <http://www.managenergy.net> de la Commission Européenne.

En 2009, à Stornoway, les Hébrides Extérieures ont présenté un projet de planification inter-régionale des énergies renouvelables (Island Commission, 2009) (CRPM, 2009). Il envisage un développement d'outils de production éoliens, un renforcement de l'interconnexion nord européenne tout en déterminant les objectifs à réaliser. Le plan est soutenu par une résolution sur le projet ISLE-PACT.

En parallèle, la ReRisk (Region at risk of energy poverty) a fourni une étude sur la précarité énergétique en s'appuyant sur la classification NUTS II d'Eurostat des régions insulaires. L'étude préconise une série d'évaluations dans le but d'atténuer l'impact d'une hausse des coûts de l'énergie sur des territoires économiquement vulnérables.

La classification NUTS est une nomenclature commune des unités territoriales statistiques. Elle est ardemment critiquée au sein de la communauté pour son manque de signifiante.

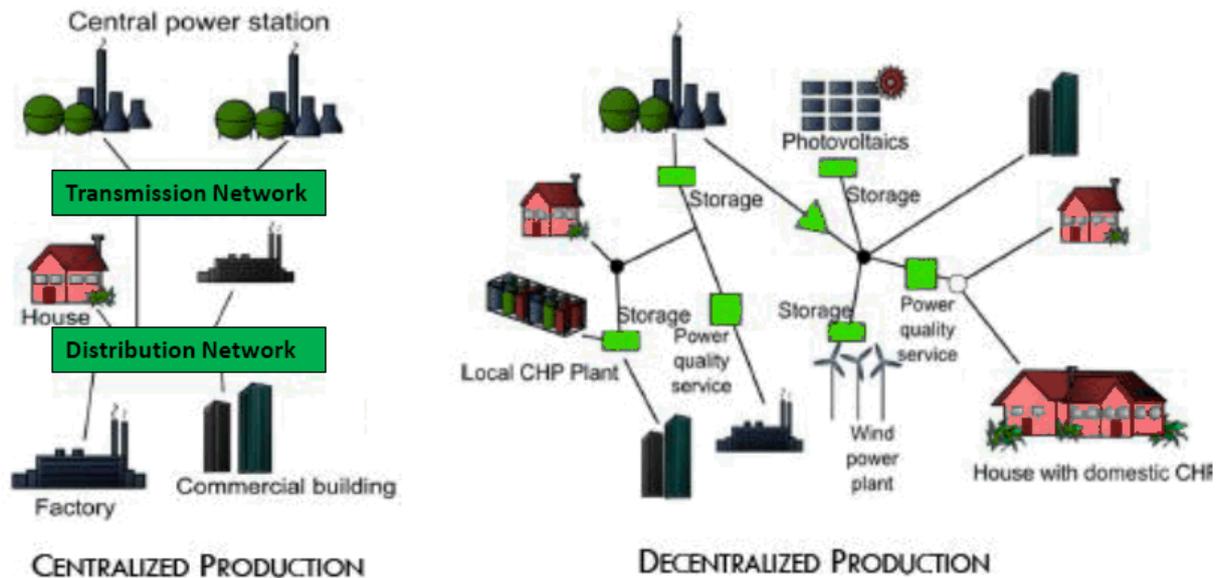
(29<sup>ème</sup> Commission des Iles, 2009)(ReRisk, 2009)(Island Commission, 2009, 2009)(NUTS, 2012)

En 2010, la 30<sup>ème</sup> conférence de la commission des îles s'est réunie aux Açores, on y observe une place prépondérante pour les questions énergétiques.

On y présente succinctement les opportunités du développement durable par l'intermédiaire de la direction générale de l'énergie de la commission européenne et le comité local des énergies durables du pacte des maires.

Les Hébrides y recensent les opportunités créées par leur plan de développement des énergies, en mentionnant les principaux faits d'une démarche ambitieuse dans le développement durable. L'INSULEUR (réseau des chambres de commerce et d'industrie de l'UE) apporte une contribution sur les « avantages et obstacles » des PME du secteur de l'énergie dans les îles (Covenant of Mayors, 2010) (CPMR, 2011) (INSULEUR, 2010).

Les Açores présentent leur plan « Sustainable Energy System », il ambitionne d'amorcer la transition énergétique en s'appuyant sur les compétences techniques du MIT-Portugal. (Ferrão, 2010)



**FIGURE 8.4 SCHEMA DE PRINCIPE DE LA TRANSITION ENERGETIQUE**

Extrait de [A contribution from the MIT-Portugal Program Sustainable Energy Systems](#)

Les îles européennes présentent des ambitions différentes dans l'accomplissement de la transition énergétique des territoires. Certaines ont d'ores et déjà formulé leurs intentions et planifié leur stratégie. D'autres, moins proactives se contentent de suivre le mouvement en essayant de s'y ajuster.

Certaines îles ont pris conscience des multiples possibilités existantes pour dépasser les contraintes liées à l'insularité, afin de réinventer leur devenir territorial. Certaines îles ont amorcé la transition énergétique par la définition d'un plan énergétique; el Hierro est en train de réaliser un ambitieux programme devant les amener à 100 % d'autosuffisance électrique.

Outre le fait de s'affranchir d'une forte dépendance, le développement des énergies renouvelables présentes en abondance dans les îles européennes, peut avoir un impact important sur la réduction des handicaps permanents des îles, pour ainsi leur offrir des avantages socio-économiques considérables.

Islenet et l'ISLE-PACT servent de support pour toutes démarches en ce sens.



**FIGURE 8.5 VUE D'ENSEMBLE D'UN SYSTEME ENERGETIQUE DURABLE**

## 2.5.2 Compétences énergétiques et documents publics

En Corse, depuis l'origine de la Collectivité territoriale de Corse (C.T.C), les compétences associées au domaine de l'énergie sont clairement définies. En effet, le socle législatif sur lequel la C.T.C fut élaborée, prend en considération le domaine de l'énergie dans le cadre plus large du développement économique de la Corse. Le code général des collectivités territoriales complète les dispositions et rayons d'actions des collectivités.(Loi n° 91-428 - Article 77, 1991)(Code général des collectivités territoriales, 2012)

Il repose sur deux points : la collectivité territoriale de Corse ;

*« 1° Elabore et met en œuvre le programme de prospection, d'exploitation et de valorisation des ressources énergétiques locales de Corse, qui porte sur la géothermie, l'énergie solaire, l'énergie éolienne et de la mer, l'énergie tirée de la biomasse, l'énergie tirée de la valorisation et de la récupération des déchets, des réseaux de chaleur, l'énergie hydraulique des ouvrages dont la puissance est inférieure à 8 000 kilowatts et qui comporte également des mesures destinées à favoriser les économies d'énergie ;*

*2° Participe à l'élaboration et à la mise en œuvre d'un plan tendant à couvrir les besoins et à diversifier les ressources énergétiques de l'île en concertation avec les établissements publics nationaux. »*

En 2002, l'organisation et les compétences de la collectivité ont évolué, les compétences relatives à l'énergie se sont renforcées. La C.T.C doit dorénavant être *préalablement consultée sur tout projet d'implantation d'un ouvrage de production utilisant les ressources locales énergétiques* sous la forme d'une *délibération de l'Assemblée de Corse, sur proposition du conseil exécutif de Corse.* (Loi n° 2002-92- Article 29, 2002)

### 2.5.2.1 Plan énergétique de 2005 et principe de responsabilité

En 2005, l'assemblée de Corse adopte un plan énergétique de la Corse à moyen terme. Cette planification repose sur une observation synthétique du contexte énergétique Corse. Il récapitule les constats et perspectives insulaires Corses. Un protocole de 1987 entre EDF et la collectivité prévoyait la réalisation d'investissements et d'études de faisabilité portant sur :

- L'aménagement hydraulique du Sampolo
- L'aménagement hydraulique du pont de la Vanna
- L'aménagement hydraulique du Rizzanese
- L'aménagement hydraulique d'Olivèse
- L'étude des sites de Canale, Arinella, Letia, et du bas Golo
- La liaison complémentaire en courant continu (Câble ICO\*)
- La révision des tarifs aux industriels (liée au câble ICO)

Seulement deux objectifs de réalisation prévus par le protocole ont été respectés. (L'hydraulique de Sampolo, et celui du pont de la Vanna).

\*Le câble ICO était une connexion prévu en courant continu sur le réseau européen via l'Italie.

Le plan énergétique de 2005 se voulait répondre à deux besoins :

- celui d'un parc de production adapté aux besoins actuels et futurs, s'appuyant sur des prévisions de croissance des consommations
- celui d'une organisation politique qui allie concertation et efficacité. Compte tenu de la technicité de la problématique et des évolutions permanentes du contexte dans lequel elle s'inscrit, cette organisation doit pouvoir s'appuyer sur des compétences spécifiques en matière de politique énergétique.

Le rapport de planification de 2005 met en avant les atouts du système Corse, caractérisé par une concentration des centres de consommation (Bastia et Ajaccio consomment deux tiers de l'électricité), un équilibre dans la répartition des puissances injectées (Centrale de Lucciana et câble SACOI au nord-est, Centrale d'Ajaccio à l'ouest, aménagements hydrauliques au centre, câble SARCO au sud) ainsi qu'un potentiel pour les énergies renouvelables considérable (100 MW pour l'éolien, 65 MW pour l'hydraulique, le potentiel de la biomasse n'est pas défini); le photovoltaïque et solaire thermique à concentration ne sont pas évoqués dans le rapport.

Parmi les points faibles, on retrouve la vétusté du parc thermique, des capacités de production insuffisantes, une dépendance du système au parc thermique au fuel, des risques de problème d'approvisionnement en combustible, une mauvaise qualité de l'électricité, des problèmes de pollution liés à l'utilisation du fuel, l'insularité et la faible taille du système électrique, l'importance du chauffage électrique et le déséquilibre de la courbe de charge.

Le rapport prévoyait une hausse de la consommation de 3,8 % par an jusqu'à 2015 ainsi qu'une hausse du taux de croissance annuel de la pointe de 3,2 %.

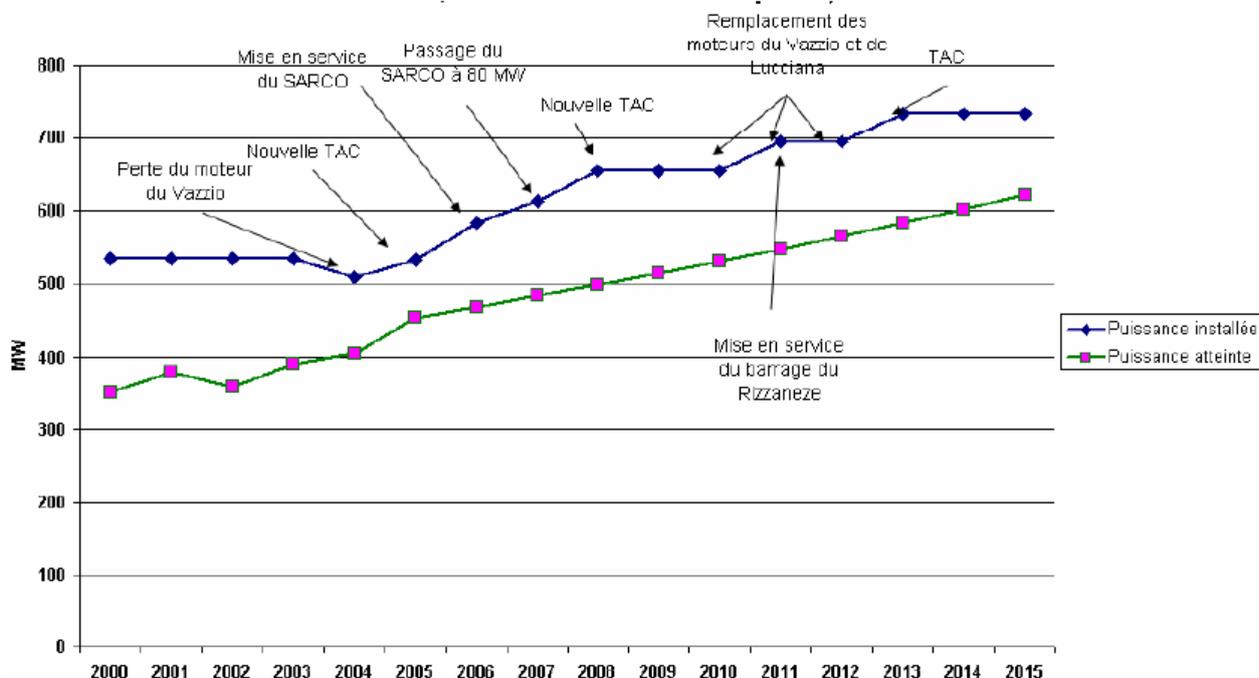
En 2015, compte tenu des hypothèses énoncées, les consommations atteindraient 2,8 TWh et la pointe 586 MW.

	2004	2010	2015	TCAM
Energie nette	1840	2300	2800	3,8 %
Puissance atteinte	404	501	622	3,2 %
Puissance installée	490,8	663,8	706,2	4,3 %

**TABLEAU 9 ESTIMATION PREVISIONNELLE DE L'ENERGIE LIVREE AU RESEAU (EN GWH) ET DE LA PUISSANCE MAXIMALE ATTEINTE (EN MW) SUR LA PERIODE 2004-2015**  
Extrait du rapport, Plan énergétique de la Corse de la Collectivité territoriale de Corse.

Le TCAM est Le Taux de Croissance Annuel Moyen.

L'hypothèse retenue prévoyait une croissance de la pointe de 3,2 % par an, la pointe atteindrait 622 MW à l'horizon 2015. Une puissance installée de 706 MW permettrait de satisfaire cette demande.



**TABLEAU 9.1 EVOLUTION DES PUISSANCES PREVISIONNELLES ET DES PUISSANCES ATTEINTES SELON L’HYPOTHESE D’UNE CROISSANCE DE LA POINTE DE 3,2 % PAR AN**  
Extrait du rapport, Plan énergétique de la Corse de la Collectivité territoriale de Corse

Les conséquences prévisionnelles de ce rapport anticipaient une nécessité d’investissement ajustable à l’évolution actualisée de la demande.

La deuxième période d’analyse prospectiviste est comprise entre 2015-2025. Les auteurs du rapport prévoient un ralentissement de la croissance des consommations et de la pointe. Selon la configuration retenue, en 2025 la consommation d’électricité atteindrait 3 600 GWh et l’appel de puissance 804 MW.

	2015	2020	2025	TCAM
Energie nette	2800	3200	3600	2,6 %
Puissance atteinte	622	710	804	2,6 %
Puissance installée	706	820	956	3 %

**TABLEAU 9.2 ESTIMATION PREVISIONNELLE DE L’ENERGIE LIVREE AU RESEAU (EN GWH) ET DE LA PUISSANCE MAXIMALE ATTEINTE (EN MW) SUR LA PERIODE 2015-2025**  
Extrait du rapport, Plan énergétique de la Corse de la Collectivité territoriale de Corse

L’analyse du système énergétique Corse et les orientations prospectivistes qui en découlent, sont encadrées par une responsabilité partagée. Le rapport rappelle le rôle de chacun des acteurs afférents à l’énergie.

Nous avons vu en introduction les dispositions et rayons d’actions de la collectivité. Ils se complètent par le rôle de l’Etat et d’EDF.

L’Etat met en œuvre la politique énergétique Française, dans le cadre des territoires non-interconnectés au réseau national. *« La diversification énergétique doit également tenir compte de la situation spécifique des zones non interconnectées qui bénéficient de la solidarité nationale par le biais de la péréquation tarifaire, financée par le mécanisme de compensation des charges de service public ... »*

*... l'Etat veille à la sécurité d'approvisionnement dans les secteurs où le recours aux énergies fossiles est prédominant, en particulier par la promotion de la variété et de la pérennité des sources d'approvisionnement employées pour une même énergie, notamment grâce au recours aux contrats de long terme, et de la diversité des sources d'énergie alimentant les équipements des consommateurs finals. »*  
(Loi n° 2005-781, 2005)

L'Etat garantit un service public de l'électricité qui « a pour objet de **garantir l'approvisionnement en électricité sur l'ensemble du territoire national**, dans le respect de l'intérêt général. Dans le cadre de la politique énergétique, **il contribue à l'indépendance et à la sécurité d'approvisionnement**, à la qualité de l'air et à la lutte contre l'effet de serre, à la gestion optimale et au développement des ressources nationales, **à la maîtrise de la demande d'énergie**, à la compétitivité de l'activité économique et à la maîtrise des choix technologiques d'avenir, comme **à l'utilisation rationnelle de l'énergie**. Il concourt à la cohésion sociale, **en assurant le droit à l'électricité pour tous**, à la lutte contre les exclusions, au développement équilibré du territoire, dans le respect de l'environnement, à la recherche et au progrès technologique, ainsi qu'à la défense et à la sécurité publique. **Matérialisant le droit de tous à l'électricité, produit de première nécessité**, le service public de l'électricité est géré dans le respect des principes d'égalité, de continuité et d'adaptabilité, et dans les meilleures conditions de sécurité, de qualité, de coûts, de prix et d'efficacité économique, sociale et énergétique. Le service public de l'électricité est organisé, chacun pour ce qui le concerne, par l'Etat et les communes ou leurs établissements publics de coopération. »

Concernant la production d'électricité, « **Le ministre chargé de l'énergie arrête et rend publique la programmation pluriannuelle des investissements de production qui fixe les objectifs en matière de répartition des capacités de production par source d'énergie primaire et, le cas échéant, par technique de production et par zone géographique**. Cette programmation est établie de manière à laisser une place aux productions décentralisées, à la cogénération et aux technologies nouvelles. Cette programmation fait l'objet d'un rapport présenté au Parlement par le ministre chargé de l'énergie dans l'année suivant tout renouvellement de l'Assemblée nationale et d'un avis des commissions des deux assemblées compétentes en matière d'énergie ou de climat. »

« **Pour élaborer cette programmation, dont le périmètre tient compte de l'ensemble du territoire des zones non interconnectées au réseau public de transport d'électricité, le ministre chargé de l'énergie s'appuie notamment sur le schéma de services collectifs de l'énergie et sur un bilan prévisionnel pluriannuel établi au moins tous les deux ans, sous le contrôle de l'Etat, par le gestionnaire du réseau public de transport**. Ce bilan prend en compte les évolutions de la consommation, des capacités de transport, de distribution et des échanges avec les réseaux étrangers. **Afin d'établir ce bilan, le gestionnaire du réseau public de transport a accès à toutes les informations utiles auprès des gestionnaires de réseaux publics de distribution, des producteurs, des fournisseurs et des consommateurs**. Il préserve la confidentialité des informations ainsi recueillies. Un décret précise les éléments figurant dans ce bilan, ses modalités d'élaboration et les conditions dans lesquelles le gestionnaire du réseau public de transport saisit le ministre chargé de l'énergie des risques de déséquilibre entre les besoins nationaux et l'électricité disponible pour les satisfaire. **En outre, les gestionnaires des réseaux publics de distribution des zones non interconnectées au réseau métropolitain continental élaborent un bilan prévisionnel de l'équilibre entre l'offre et la demande d'électricité dans leur zone de desserte.** »

**« Le ministre chargé de l'énergie rend publique une évaluation, par zone géographique, du potentiel de développement des filières de production d'électricité à partir de sources renouvelables, qui tient compte de la programmation pluriannuelle des investissements. »**

**« Lorsque les capacités de production ne répondent pas aux objectifs de la programmation pluriannuelle des investissements, notamment ceux concernant les techniques de production et la localisation géographique des installations, le ministre chargé de l'énergie peut recourir à la procédure d'appel d'offres. »**

**« Le ministre chargé de l'énergie définit les conditions de l'appel d'offres que met en œuvre la Commission de régulation de l'électricité sur la base d'un cahier des charges détaillé. Sont notamment précisées les caractéristiques énergétiques, techniques, économiques, financières, l'utilisation attendue et la région d'implantation de l'installation de production objet de l'appel d'offres. »**

**« Peut participer à un appel d'offres toute personne, sous réserve des dispositions des articles L. 2224-32 et L. 2224-33 du code général des collectivités territoriales, exploitant ou désirant construire et exploiter une unité de production, installée sur le territoire d'un Etat membre de la Communauté européenne ou, dans le cadre de l'exécution d'accords internationaux, sur le territoire de tout autre Etat. »**

**« L'autorisation d'exploiter est délivrée par le ministre chargé de l'énergie. »**

**« L'autorisation est nominative et incessible. En cas de changement d'exploitant, l'autorisation ne peut être transférée au nouvel exploitant que par décision du ministre chargé de l'énergie. »** (Loi n° 2000-108, 2000)

L'Etat encadre plus largement les compétences de la collectivité territoriale de Corse. L'organisation des compétences est prévue dans la législation abordée ci-dessus. Les dispositions législatives sont évolutives, les paragraphes actualisés choisis ci-dessus ne sont plus tout à fait les mêmes que ceux présentés dans le rapport de planification de 2005. Plusieurs lois ont été abrogées, et malgré tout, leurs significations restent sensiblement les mêmes que celles établies dans le rapport. L'Etat et la collectivité s'appuient sur les compétences techniques d'Edf.

Le rôle d'EDF est multiple car EDF assure en Corse, comme dans l'ensemble des Zones Non Interconnectées, les fonctions de production, transport et distribution d'électricité. Les systèmes électriques insulaires gérés par EDF sont regroupés au sein d'EDF SEI.

EDF SEI comprend la Corse, la Martinique, l'archipel de la Guadeloupe, Saint Pierre et Miquelon, la Réunion, et la Guyane.

Le rapport de 2005 indique qu'EDF *« a pas le devoir d'exploiter ses centrales dans le respect des réglementations, environnementales en particulier, et peut en ce sens poursuivre sa propre stratégie qui, dans tous les cas, vise à la fois des objectifs de bonnes disponibilité et fiabilité, ainsi que la minimisation de ses coûts d'exploitation. »*

Cette affirmation sur la responsabilité d'EDF en Corse amène une interrogation ; si le principal acteur de l'énergie en Corse, qui assure la majeure partie de la production, l'intégralité du transport et de la distribution d'électricité, n'intègre pas la préoccupation environnementale, qui sera en mesure de le faire?

Le rapport précise ensuite que *« néanmoins selon l'article de loi en vigueur... les producteurs d'électricité, notamment EDF, contribuent à la réalisation [des] objectifs »* de la

Programmation pluriannuelle des investissements de production d'électricité(PPI) et de l'approvisionnement des zones non interconnectées. Dans la PPI 2009, il y a absence de prise en considération de la dimension environnementale!

Nous reviendrons par la suite plus en détail sur la PPI Corse.

Edf est en Corse le gestionnaire du réseau de transport d'électricité, à ce titre « **EDF participe à l'élaboration de la Programmation Pluriannuelle des Investissements** arrêtée par le ministre chargé de l'énergie. »

*« EDF précise à ces mêmes autorités tous les éléments techniques, économiques et environnementaux qui peuvent contraindre leur choix de politique énergétique et peut donc, à ce titre, exprimer son opinion sur les conséquences, pour la sécurité du système électrique, des choix qui s'offrent aux autorités compétentes en matière de mix énergétique. »*

*« Dans les zones dites « rurales », les communes, autorités concédantes de la distribution d'électricité, demeurent maîtres d'ouvrage des travaux d'extension et de renforcement des réseaux. »*

Enfin, concernant l'implantation de nouvelles unités de production d'électricité, EDF doit soumettre une demande d'autorisation d'exploitation au ministre chargé de l'énergie, ou répondre à un appel d'offre lancé par la Commission de Régulation de l'Electricité à la demande du ministre chargé de l'énergie.

Les politiques publiques d'énergie en Corse sont souvent présentées comme issues d'une réflexion politique locale en concertation avec les instances publiques. Le périmètre d'action de la collectivité territoriale de Corse est limité. Il obéit au mécanisme de planification prévu par la législation citée précédemment. Au regard de cette même législation, c'est en fait EDF qui planifie le devenir énergétique de l'île. La C.T.C y participe certes, mais n'élabore pas le schéma PPI.

(C.T.C, 2005)

Au-delà de l'approche politique qui est discutable, l'approche pragmatique montre que la collectivité territoriale de Corse possède des compétences en rapport avec les ressources locales. Nous détaillerons cela prochainement, mais il s'agit là d'un immense gisement de développement. La C.T.C devrait donc en interne se donner les moyens d'une expertise diversifiée sur les énergies renouvelables, afin de pouvoir tirer pleinement profit des compétences qui lui sont accordées pour ainsi valoriser un développement économique local.

Le chapitre 2 du document de planification proposait de répondre aux urgences de 2005 en s'assurant de solutionner les problématiques énergétiques de 2005.

Le chapitre 3 concerne la stratégie de planification 2007-2025. Elle s'appuie sur les énergies renouvelables, le thermique et l'interconnexion.

Année de mise en service	Nature	Puissance supplémentaire	Puissance installée
2005	Situation initiale (hors éolien et micro hydraulique)		490,8
2006	Liaison Sardaigne – Corse	50 MW	540,8
2007	Turbine à Combustion	40 MW	580,8
2008	Augmentation de la liaison Sardaigne Corse	30 MW	610,8
2010	Turbine à combustion	40 MW	650,8
2010	Remplacement de la centrale de Lucciana*	+13 MW	663,8
2011	Barrage du Rizzanese	55 MW	718,8
2011	Augmentation de la liaison Sardaigne Corse	20 MW	738,8
2012	Remplacement de la centrale du Vazzio*	-32,6 MW	706,2

**TABLEAU 9.3 FEUILLE DE ROUTE DES BESOINS D'INVESTISSEMENTS SUR LA PERIODE 2005-2015 PREVU PAR LE DOCUMENT DE PLANIFICATION DE 2005**

Extrait du rapport, Plan énergétique de la Corse de la Collectivité territoriale de Corse

Il était prévu d'atteindre en 2015 une part de 30 % d'énergie renouvelable dans le mix électrique, de renforcer l'interconnexion par câble dans le but d'atteindre entre 30 et 40 % et enfin de maintenir une part de classique thermique équivalente à l'interconnexion, entre 30 et 40 %.

Les arguments de ce choix de planification insistaient sur la protection de l'environnement et la promotion des énergies renouvelables. La sécurité d'alimentation était prévue par une diversité d'approvisionnement tant au niveau géographique qu'au niveau des sources primaires. La sécurité d'alimentation était conditionnée par le respect de la feuille de route d'investissement sur la période 2005-2015.

Les compléments de cette orientation concernent l'amélioration des conditions de distribution de l'électricité ainsi qu'une maîtrise de la demande de d'énergie.

Le second volet de planification concerne la période 2015-2025 ; il s'appuie sur des scénarios de croissance prévoyant une hausse de la consommation d'électricité de 3 600 GWh et une pointe de consommation de 804 MW. Pour satisfaire cette évolution des besoins, il était prévu d'éviter d'avoir recours au thermique classique et de continuer sur la voie initiée lors de la période précédente, en s'orientant sur le développement de l'interconnexion, des énergies renouvelables et de la maîtrise de l'énergie.

Le projet GALSI qui vise à raccorder l'Italie et l'Algérie via la Sardaigne était envisagé à moyen terme pour la Corse. Le gaz naturel algérien servirait de support énergétique pour la production d'électricité de l'Île.

Le 2<sup>nd</sup> volet du plan anticipe une adaptation des réseaux de transport et de distribution à travers le choix ouvert de plusieurs options.

Le plan repose sur un encadrement spécifique assuré par un suivi permanent, une évaluation annuelle de l'état d'avancement et la mise en place d'une veille stratégique.

Le renforcement des compétences de la C.T.C évoquées ci-dessus est souhaité dans le plan. Il se distingue en deux grandes fonctions ; l'ingénierie énergétique et l'intervention énergétique.

La « *mission énergie* », groupe de coordination, servirait les enjeux décrits et organiserait les deux fonctions.

L'annexe 1 du document de planification présente les modalités d'analyse prospectiviste des scénarios énergétiques en définissant les données retenues pour le plan. L'annexe 1 évoque en conclusion une option sans thermique.

*« L'option sans thermique apparaît envisageable mais elle nécessitera un fort engagement de l'ensemble des acteurs, notamment pour l'augmentation de la puissance transitée par câble, la mobilisation des potentiels de maîtrise de l'énergie et d'énergies renouvelables. »*

Les auteurs déterminent que l'option sans thermique nécessite une augmentation de la puissance transitée par câble sans mentionner des éléments concrets justifiant cette position.

Nous verrons par la suite qu'il est possible de s'affranchir du thermique classique sans avoir recours à une augmentation de l'approvisionnement par câble, en faisant un choix ambitieux d'avenir sollicitant principalement les ressources « locales » soleil, eau et vent.

L'annexe 2 présente le développement potentiel des énergies renouvelables en priorisant la production d'énergie hydraulique et l'éolien.

L'hydraulique de stockage comme les stations de transfert d'énergie par pompage ou STEP n'est pas évoqué, qu'il soit terrestre ou marin, il est un des outils essentiels permettant une intégration plus importante de sources renouvelables sur le réseau électrique.

(Hino et Lejeune, 2012) (Deane, 2009) (Tugraz, 2010)

L'annexe 3 synthétise les interconnexions existantes. Dans une optique long terme, la liaison câblée avec le continent y est signifiée. Les contraintes qui en résultent sont perçues comme déterminantes pour une hypothèse qui apparaît peu réaliste pour les auteurs.

L'interconnexion est un outil de flexibilité très intéressant. Il existe un potentiel de renforcement du réseau sur le territoire Corse. Le renforcement de l'interconnexion vers l'extérieur doit s'accompagner d'une recherche d'équilibre dans la balance exportation/importation. Actuellement, l'interconnexion est envisagée presque uniquement comme un moyen d'importer de l'électricité. L'immense potentiel en énergie renouvelable de la Corse devrait offrir des perspectives d'exportation d'une électricité non émettrice de CO<sub>2</sub>. Les mécanismes d'ajustement du marché du carbone incitent à la production d'une énergie propre. Le marché de l'électricité Sarde et Italien redevient à portée de la Corse, à condition de s'orienter vers des choix offensifs intégrant l'ensemble des paramètres du marché de l'électricité.

Le solde négatif des échanges peut s'équilibrer puis s'inverser, à condition de planifier le devenir énergétique de la Corse avec l'ensemble des connaissances existantes sur les énergies renouvelables et les solutions de stockage.

L'enjeu pourrait être de faire de la Corse, « un territoire économique durable ».

L'annexe 4 évoque les enjeux de la maîtrise de l'énergie en Corse. Les solutions de maîtrise de la demande sont multiples. Elles nécessitent l'investissement de l'ensemble des acteurs concernés. Une nouvelle fois, l'échange d'information apparaît fondamental dans la quête d'une maîtrise de la demande. L'annexe distingue le court terme, du moyen terme.

La stratégie la plus efficiente en terme économique consiste à réduire la voilure de la consommation d'électricité. EDF a réalisé des efforts importants sur le territoire Corse pour aller en ce sens. L'objectif d'EDF signifié dans les derniers bilans prévisionnels est de diversifier les sources de chauffage, en limitant le développement du chauffage électrique. Nous reviendrons sur les éléments du bilan relatant les efforts chiffrés d'EDF dans la maîtrise de la demande d'électricité.

L'annexe 4 rappelle que la planification de 2005 n'a pas intégré de politique ambitieuse de maîtrise de la demande dans la programmation des investissements à court terme.

L'Annexe 5 du document revient sur les limites évoquées précédemment, du domaine de compétence de la C.T.C. La revue des paragraphes réglementaires en usage souligne le périmètre d'action dans le domaine de l'énergie de la collectivité territoriale de Corse.  
(C.T.C, 2005)

Des études sont venues ultérieurement apporter un complément au plan énergétique. Les assises des énergies renouvelables de la Corse en 2006 puis le plan de développement des énergies renouvelables et de la maîtrise de l'énergie ont défini plus clairement les orientations de l'île dans une partie des domaines qui lui sont réservés.

### **2.5.2.2 Le plan énergie renouvelable de 2007**

Le rapport s'appuie sur des analyses sectorielles fournies par l'agence de développement économique de la Corse (ADEC). Il introduit les fondamentaux conjoncturels de la Corse, en reprenant l'analyse effectuée dans la planification de 2005 ;

- Une croissance rapide des consommations d'électricité et d'énergie.
- Un parc de production mal adapté aux besoins de la Corse
- Un consensus dans son diagnostic

Il reprend ensuite les déterminants de la politique publique énergétique en Corse ;

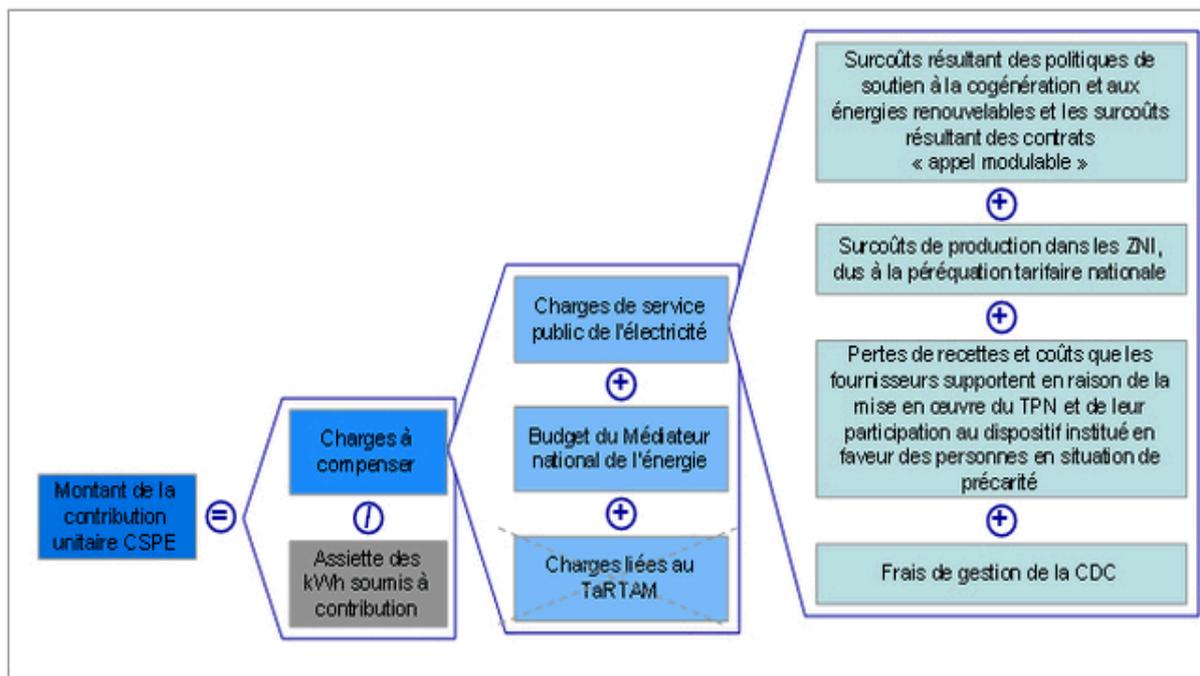
- Le plan énergétique
- La programmation pluriannuelle des investissements
- Les spécificités de la Corse
- La compensation des surcoûts de production d'électricité

La contribution au service public de l'électricité (C.S.P.E.) vise à compenser les charges de service public de l'électricité, qui sont supportées par les fournisseurs historiques. (EDF pour la Corse). La CSPE finance aussi le budget du Médiateur national de l'énergie. (Loi n° 2003-8, 2003)(Article L. 121-13 du Code de l'énergie)(Médiateur national de l'énergie, 2012)

Les charges de service public d'électricité couvrent :

- Les surcoûts résultant des politiques de soutien à la cogénération et aux énergies renouvelables) et les surcoûts résultant des contrats «appel modulable» (Articles L.311-10, L.314-1 et L.121-27 du Code de l'énergie) (Article 48 de la loi n°2002-108 du 10 février 2000)
- Les surcoûts de production dans les zones non interconnectées au réseau électrique métropolitain continental (ZNI), dus à la péréquation tarifaire nationale (Corse, départements d'outre-mer, Mayotte, Saint-Pierre et Miquelon et les îles bretonnes de Molène, d'Ouessant et de Sein). Les tarifs dans ces zones sont les mêmes qu'en métropole continentale alors que les moyens de production y sont plus coûteux.(Article L.121-7 du Code de l'énergie)

- Les pertes de recettes et les coûts que les fournisseurs supportent en raison de la mise en œuvre de la tarification spéciale 'produit de première nécessité' (TPN) (et de leur participation au dispositif institué en faveur des personnes en situation de précarité (Décret n° 2004-325 du 8 avril 2004) (Arrêté du 24 novembre 2005)
- Les frais de gestion de la Caisse des dépôts et consignations (CDC) (Article L.121-13 du Code de l'énergie)



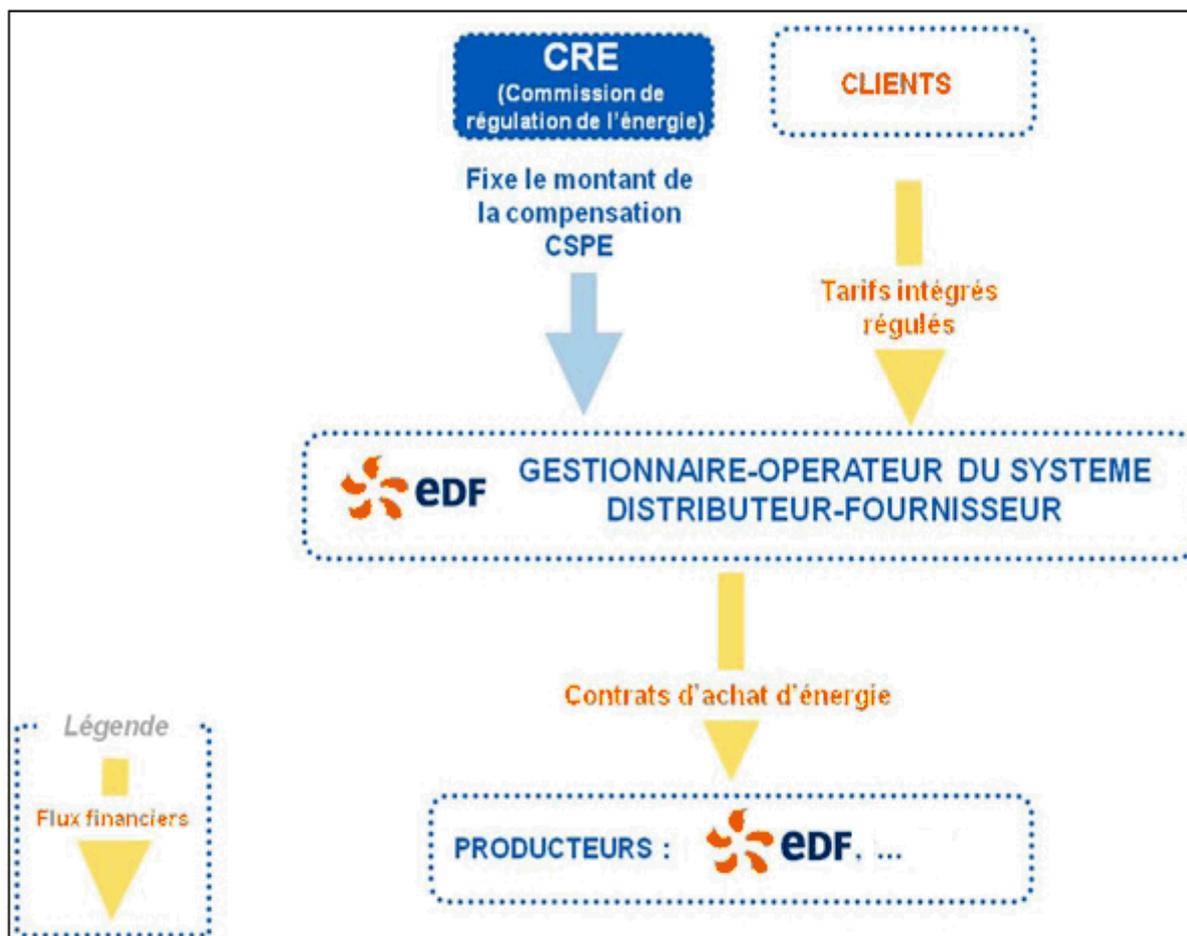
**TABLEAU 9.4 SCHEMA DES CHARGES FINANCEES PAR LA CONTRIBUTION UNITAIRE CSPE**

Extrait du site internet de la Commission de régulation de l'énergie, ([www.cre.fr](http://www.cre.fr)).

Le code de l'énergie reconnaît que la fourniture d'électricité aux tarifs réglementés dans les systèmes insulaires a le caractère d'une mission de service public, et que son opérateur (EDF) doit à cet égard être rémunéré.

En synthèse, la CSPE compense les surcoûts structurels de production et rémunère les investissements faits dans la production au taux de 7,25 % pour les investissements faits avant 2006, et au taux de 11 % pour les investissements engagés après 2006.

Le fond CSPE est établi par la loi, il se finance par une contribution qui est due par tous les consommateurs finaux d'électricité au prorata des kWh consommés (y compris les auto-producteurs).



**FIGURE 8.6 ORGANISATION ET FLUX FINANCIERS DANS LES SYSTEMES ENERGETIQUES INSULAIRES**

Extrait du site internet de la Commission de régulation de l'énergie, ([www.cre.fr](http://www.cre.fr)).

Par ailleurs, il existe une Contribution Tarifaire d'Acheminement (CTA), car l'activité de gestionnaire de réseaux, effectuée par EDF, est rémunérée par le **TURPE** (Tarif d'utilisation des réseaux publics d'électricité).

C'est un mécanisme de régulation établi sur l'ensemble du territoire français et dont s'acquittent les utilisateurs du réseau dans le cadre d'une réglementation fixée par les pouvoirs publics sur proposition de la CRE.

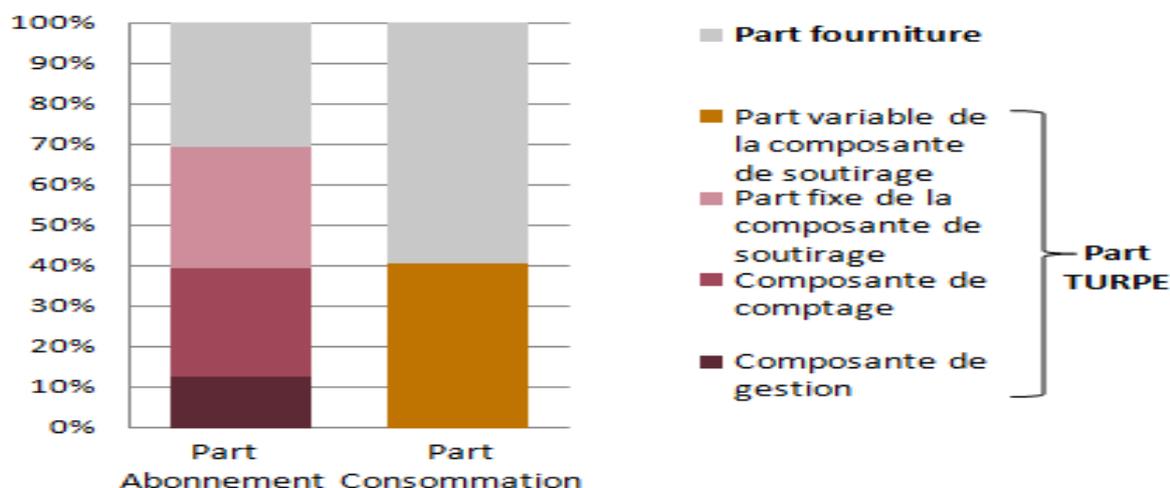
Le TURPE a pour but de couvrir les coûts engagés dans la gestion des réseaux et de rémunérer les investissements: amélioration de la qualité d'alimentation, adaptation du réseau aux énergies renouvelables, modernisation et sécurisation du réseau par enfouissement des lignes et renforcement des parties fragiles. La construction du TURPE est régie par quatre principes généraux :

- La péréquation tarifaire garantit un tarif identique sur l'ensemble du territoire national, conformément au principe de solidarité territoriale posé par la loi du 10 février 2000.
- Le principe du timbre-poste stipule que le tarif est indépendant de la distance parcourue par l'énergie entre le site producteur et le site consommateur (solidarité individuelle).
- La tarification proportionnelle à la puissance souscrite et à l'énergie soutirée implique une juste répartition des coûts entre consommateurs.
- Le principe d'horosaisonnalité est responsable d'une variation de prix du TURPE selon les saisons, les jours de la semaine et/ou les heures de la journée.

Le TURPE est prélevé pour partie sur la part fixe de la facture client (l'abonnement) et pour une autre partie sur la part variable de la facture client (l'énergie consommée).

La part du TURPE comprise dans la part fixe de la facture client se découpe – pour un client résidentiel ou professionnel < 36 kVA – en trois composantes :

- la composante de gestion (correspondant à la gestion des dossiers des utilisateurs par ERDF ou les ELD, l'accueil physique ou téléphonique, la facturation et le recouvrement).
- la composante de comptage (montant des redevances de contrôle, de relève, de location et d'entretien des compteurs).
- la part fixe de la composante de soutirage (suivant la puissance et l'option souscrites, et le type d'utilisation choisi : courte utilisation, moyenne utilisation, moyenne utilisation avec différence temporelle, longue utilisation)



**TABLEAU 9.5 DECOMPOSITION DU MECANISME DE CONSTRUCTION ET DE FACTURATION DU TURPE SELON UN EXEMPLE DE FACTURE CLIENT « BLEU » 6 KVA.**  
Extrait du site internet Energie/Environnement de Sia conseil, ([energie.sia-conseil.com](http://energie.sia-conseil.com))

De façon à compléter notre analyse, nous allons voir comment se décompose le prix d'un Mégawatt/heure en observant la répartition des coûts pour la France avec le tarif réglementé de vente (ancien tarif), le nouveau tarif faisant suite à la loi NOME (Nouvelle Organisation des Marchés de l'Electricité), l'Arenh (l'Accès Régulé à l'Electricité Nucléaire Historique) et l'Allemagne.

La loi NOME fut initiée par le gouvernement Fillon sur injonction de la Communauté Européenne afin d'ouvrir à une concurrence « libre et non faussée » le secteur électrique français. Cette nouvelle organisation du marché de l'électricité français, oblige entre autres, l'EDF, de vendre un quart de sa production électrique d'origine nucléaire à ses concurrents par l'intermédiaire de l'Arenh.

Dans les faits, la loi NOME a prévu un partage de la « rente nucléaire » entre EDF et les fournisseurs alternatifs d'électricité, obligeant EDF à céder jusqu'à 100 TWh d'électricité par an à ses concurrents à des conditions représentatives des conditions économiques de production d'électricité par ses centrales, conditions évaluées par la Commission de régulation de l'énergie (CRE).

La détermination du prix de l'Arenh fut l'objet de vive tension entre les acteurs concernés. Le gouvernement a finalement fixé le prix de l'ARENH à un niveau 40 €/MWh au 1<sup>er</sup> juillet 2011 puis 42 €/MWh à compter du 1<sup>er</sup> janvier 2012.

L'exemple ci-dessous s'appuie sur une tarification de consommation de type industrielle.

Composantes du prix en €	France TRV	Proportion du prix en %	France Arenh + Marché	%	Allemagne	%
Energie	38	70,58	42	70	50	74,62
Turpe	12	22,22	12	20	0	0
Cspe	3	5,55	5	8,33	1	1,49
Autres taxes	1	1,85	1	1,66	16	23,88
Total	54	100 %	60	100 %	67	100 %

**TABLEAU 9.6 PRIX EN € / MWH POUR UN CLIENT A 70 GWH TLU TYPE VERT HTA. PRIX DE MARCHÉ FIN 2011. HORS TVA (LES PROPORTIONS DE PRIX EN POURCENTAGE SONT ARRONDIES)**

Extrait du site internet de l'Union Française de l'électricité. (Source des données : Eurostat) ([www.ufe-electricite.fr](http://www.ufe-electricite.fr))

La hausse du prix du CSPE est répercutée directement sur le consommateur d'électricité. C'est donc le consommateur qui paye la nouvelle configuration européenne des mécanismes de politique publique d'énergie.

Cette précision sur la compensation des surcoûts, des charges et des composantes du prix est volontairement positionnée dans l'approche analytique « micro ». La consommation d'électricité est locale et les répercussions d'une orientation économique vont directement impacter les tissus économiques locaux.

En Corse, l'énergie est l'objet d'une attention particulière. Le 26 Mai 2011, lors d'une session de la collectivité territoriale de Corse, un élu exprimait ses inquiétudes sur le devenir de la péréquation tarifaire. L'exécutif répondait que le statut particulier des îles (Z.N.I-Zone non interconnectée ou faiblement interconnectée) dont bénéficie la Corse, l'épargne d'une application de la loi Nome. Le débat se déplace alors sur le devenir du statut Z.N.I de la Corse.

(C.T.C, 2011) (Assemblée de Corse. Motion N° 2011/E3/022, 2011)

### 2.5.2.2.1 Présentation du plan

L'étude prospectiviste a été organisée par l'Agence de développement économique de la Corse (ADEC) en concertation avec les partenaires concernés ; (ADEME, 2012) (OEHC, 2012) (OEC, 2012) (ODARC, 2012) (DREAL, 2012)

- Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME)
- Office d'Equipement Hydraulique de la Corse (OEHC)
- Office de l'Environnement de la Corse (OEC)
- Office de Développement Agricole et Rural de la Corse (ODARC)
- Direction de l'Aménagement et du Développement de la C.T.C (C.T.C)
- Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement (DREAL)

On observe l'absence de l'expertise de l'Université de Corse et sa recherche associée. L'étude s'appuie sur 5 thèmes majeurs ;

- La maîtrise de la demande d'énergie
- Un schéma éolien de la Corse
- Le potentiel du bois « énergie »
- Le potentiel du photovoltaïque raccordée au réseau
- Les potentiels hydroélectriques sur les réseaux d'adduction d'eau

L'ensemble des études thématiques a été réalisé par des cabinets d'expertises privés. L'ADEC a aussi délégué à une expertise privée, la réalisation de la synthèse de l'ensemble des études et leur mise en perspective dans le Plan de Développement des Energies Renouvelables et de la Maîtrise de l'Energie.

La C.T.C (ADEC) s'appuie sur une expertise extérieure pour planifier le schéma directeur d'un domaine de compétence qui lui a été accordée.

Les objectifs du plan s'établissent autour de l'axe prioritaire de lutte contre le réchauffement climatique. Ils visent à :

- Limiter voir infléchir la tendance de croissance des consommations d'énergies.
- Réduire la part des énergies fossiles dans la production d'électricité insulaire par le développement de l'éolien, du solaire photovoltaïque et de l'hydroélectricité.
- Développer l'utilisation des énergies renouvelables de substitution non génératrices de gaz à effet de serre (solaire thermique et bois énergie).
- Limiter le recours de l'électricité pour la satisfaction des besoins de chauffage et d'eau chaude sanitaire.

#### **2.5.2.2.2 La maîtrise de la demande d'énergie et le déploiement des EnR**

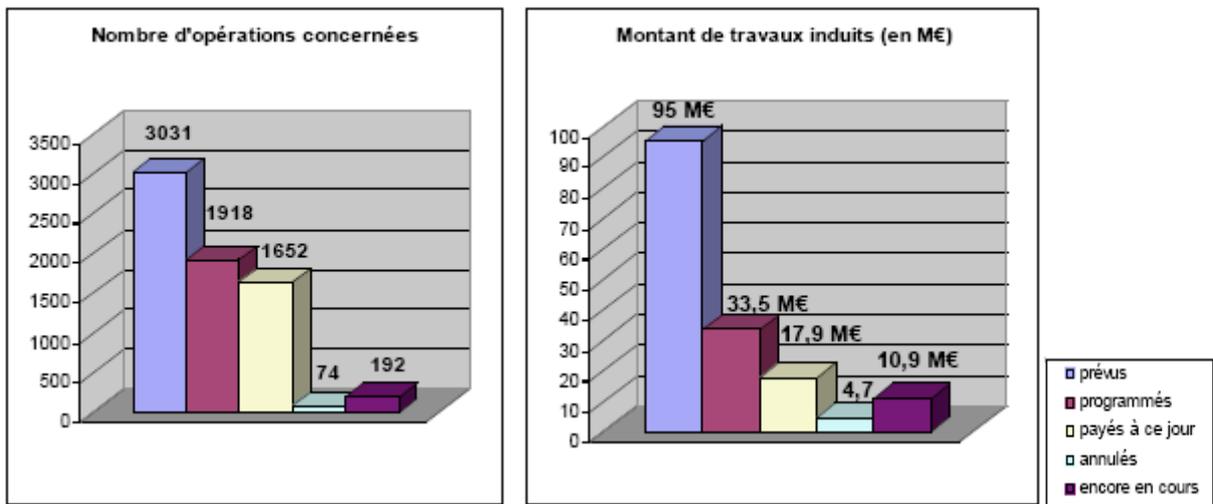
Il existe un fond Corse de maîtrise de l'énergie (FCME) qui fut créé en 1983. Il est conduit conjointement par la C.T.C et l'ADEME.

Le fond est destiné à « *favoriser la diffusion d'équipements utilisant les énergies renouvelables ou la maîtrise de l'énergie, dans la mesure où ces filières permettent de diminuer les consommations énergétiques en Corse et le recours aux centrales thermiques pour la production d'électricité.* »

Le rapport sur les EnR souligne qu'il serait souhaitable d'engager un processus de centralisation administrative dans la gestion et l'obtention des aides. Un rapprochement en ce sens était prévu pour 2007.

Une poursuite des efforts dans cette direction serait encore appréciable afin de joindre les aides d'EDF, l'ADEME, la C.T.C et le département au sein d'une seule et unique formule.

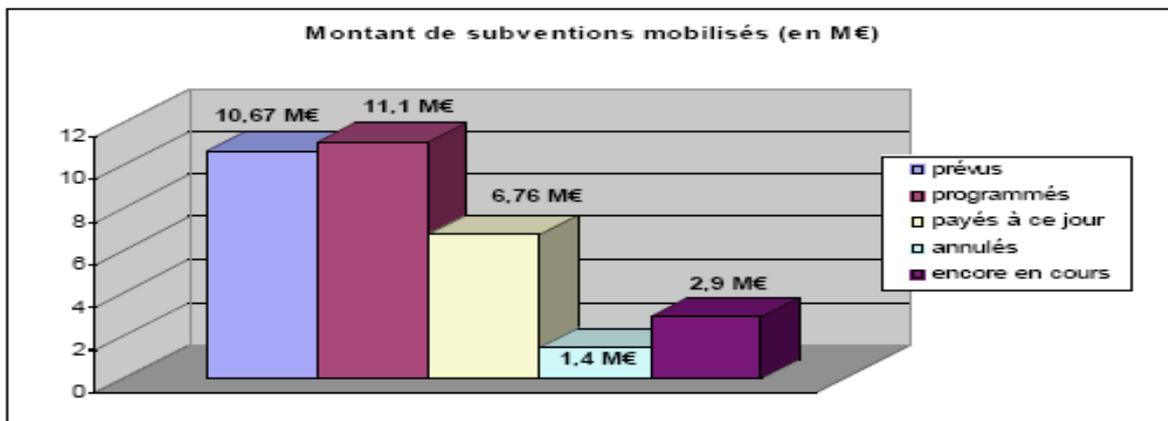
Il a été impossible d'établir un récapitulatif de l'ensemble des actions soutenues par le fond. Cependant, le rapport analyse la période 2000-2006 et précise, dans une synthèse de bilan financier, le nombre d'opérations concernées et le montant des travaux induits.



**TABLEAU 9.7 OPERATIONS ET MONTANTS CORRESPONDANTS POUR LA PERIODE 2000-2006**

Extrait du rapport, plan de développement des énergies renouvelables et de la maîtrise de l'énergie.

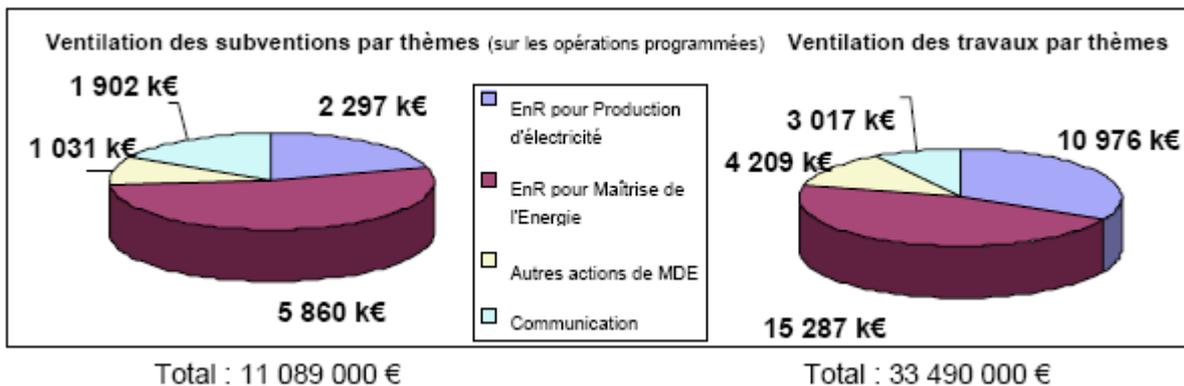
Le fond est subventionné par l'ADEME/C.T.C, complété par des crédits européens (Fonds européen de développement régional- FEDER) et par EDF qui apporte aussi une contribution.



**TABLEAU 9.8 SUBVENTION MOBILISEE POUR LA PERIODE 2000-2006**

Extrait du rapport, plan de développement des énergies renouvelables et de la maîtrise de l'énergie

La répartition des efforts se concentrent sur 4 grands thèmes.



**TABLEAU 9.9 VENTILATION PAR GRANDS THEMES**

Extrait du rapport, plan de développement des énergies renouvelables et de la maîtrise de l'énergie.

De nombreux enseignements ressortent de l'analyse fournie dans le plan. Le dispositif d'aide doit gagner en efficacité. Il existe un taux d'échec important (13 % des dossiers). Son utilisation comporte des complexités systémiques, aussi bien dans l'élaboration des projets éligibles que dans la réalisation du projet. Des efforts de simplification doivent être envisagés.

Les politiques publiques d'énergie en Corse disposent d'un outil d'aide au développement non négligeable. Des freins sont mentionnés comme des facteurs limitant sa portée ;

#### Lourdeurs administratives :

« Les bénéficiaires d'aides financières se heurtent aux lourdeurs administratives liées à la multiplicité des aides pour une même action, à la complexité des dossiers de demandes d'aide, à la longueur des délais de règlement, etc. »

#### Variabilité des mesures d'aides :

Ce frein fait partie des constantes de politiques publiques d'énergie; mais c'est la modification dans le temps des montants et des modalités d'octroi des aides nationales qui amène la variabilité des politiques énergétiques à manquer de lisibilité tant pour les professionnels de chaque secteur que pour les bénéficiaires (particuliers, entreprises, ou collectivités).

#### Manque de communication :

« Les partenaires de la politique de soutien aux énergies renouvelables et à la maîtrise de l'énergie ont insuffisamment communiqué sur leurs actions, limitant de ce fait leur portée. »

#### Déficit d'accompagnement :

« Sur les gros projets (de type chaufferies bois, installations solaires collectives ou hydroélectriques) qui nécessitent un fort soutien en matière d'aide à la décision et de définition de projet. Ce déficit est d'autant plus dommageable qu'il résulte non pas de capacités techniques défaillantes mais de lacunes dans la définition des rôles entre les partenaires de la politique de maîtrise de l'énergie. »

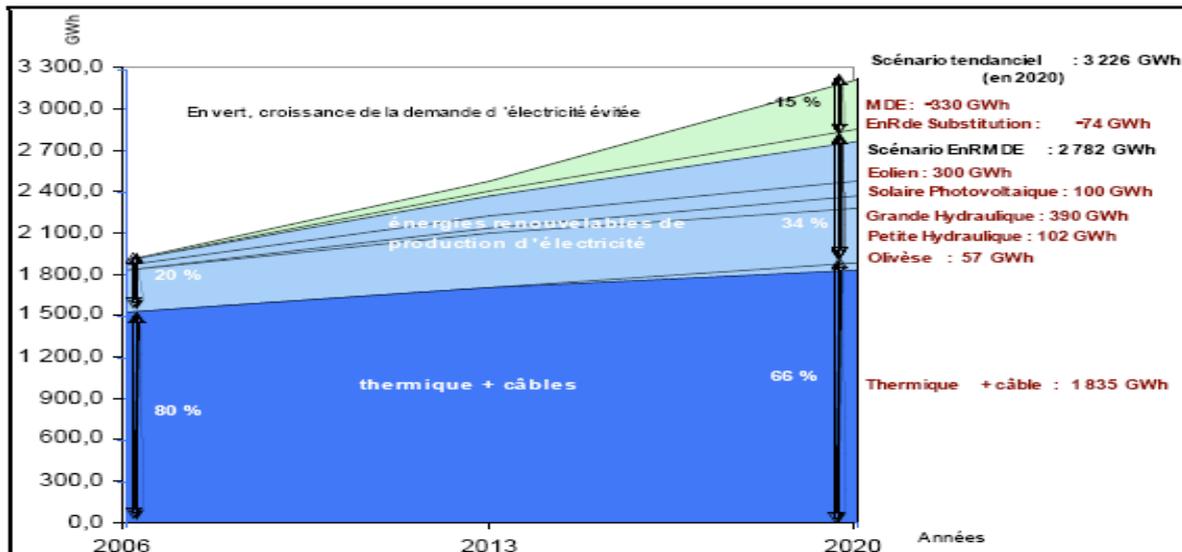
Le rapport relate aussi le décalage entre les orientations de la politique énergétique nationale et les spécificités de la Corse. A titre d'exemple, une modification nationale réglementaire va venir impacter les activités locales alors que les enjeux, les problématiques, les données,... sont totalement différents sur un territoire insulaire. « Cette absence de synergie est particulièrement patente en ce qui concerne les tarifs d'achat de l'électricité produite à partir des sources renouvelables. » Une activité économique peut se retrouver du jour au lendemain totalement hors-jeu, annihilant ainsi l'ensemble des efforts qui lui auront permis d'émerger.

Le plan proposait des objectifs quantitatifs de politique publique d'énergie pour infléchir la courbe de croissance de la demande d'électricité, ramener le taux de croissance à 3,1 % par an en 2013 et 2,3 % par an entre 2013 et 2020 (face au taux de 3,8 % par an dans le scénario tendanciel), et contribuer de manière plus forte à la couverture des besoins électriques de la Corse à partir des ressources renouvelables : on passerait de 20 % en 2006 à 28 % en 2013 et 34 % en 2020.

Le plan s'appuyait sur la réalisation de projets phares en soutenant les filières émergentes et en généralisant les bonnes pratiques. En complément la C.T.C devait lancer des appels à projet, soutenir la réalisation de projets innovants et mettre en place un dispositif Ad-Hoc piloté par la mission énergie de l'ADEC.

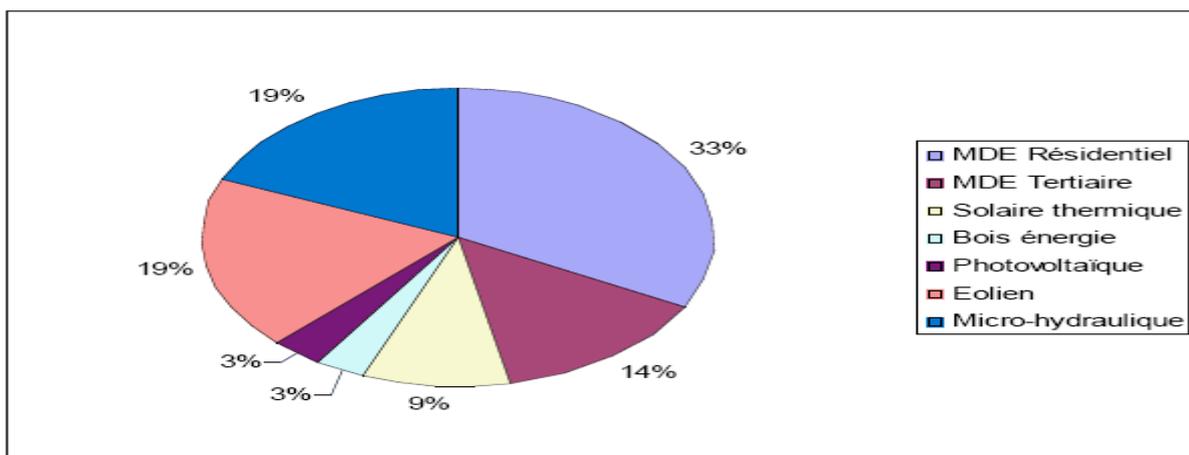
La Collectivité territoriale de Corse se voyait confier un statut d'exemplarité en s'engageant sur son propre patrimoine (rénovation, prise en compte de l'aspect énergétique,...) en créant une politique fiscale favorisant l'éco-conditionnalité et en faisant évoluer le cadre réglementaire afin d'y intégrer le développement durable.

Le pôle de compétitivité devait établir une synergie avec le monde économique. Le but était de valoriser le développement durable dans le tissu économique Corse.



**TABLEAU 10 SCENARIO 2006-2020, ENR-MDE AVEC CONTRIBUTION ELECTRIQUE**  
Extrait du rapport, plan de développement des énergies renouvelables et de la maîtrise de l'énergie.

Le plan prévoyait une enveloppe financière conséquente pour la réalisation du scénario EnR-MDE. Des outils financiers adaptés à la réalisation, étaient prévus pour accompagner les acteurs dans cette dynamique.



**TABLEAU 10.1 REPARTITION DES MOYENS FINANCIERS PREVUS EN MATIERE DE COMMUNICATION 3,74 M€ POUR LA PERIODE 2007 - 2013**  
Extrait du rapport, plan de développement des énergies renouvelables et de la maîtrise de l'énergie.

Les efforts prévus pour la formation devaient permettre de renforcer les filières et structures existantes afin de voir apparaître les compétences techniques et artisanales propices à la réalisation du plan.

Le rôle de la mission énergie devait se renforcer pour mobiliser de nouveaux moyens humains au sein de l'ADEC mais aussi pour un redéploiement en interne de ces nouveaux effectifs à la Collectivité Territoriale (Agences et Offices).

Le plan de déploiement EnR-MDE est encadré par un plan de communication concomitant qui est consacré aux actions d'information, de sensibilisation et de communication.

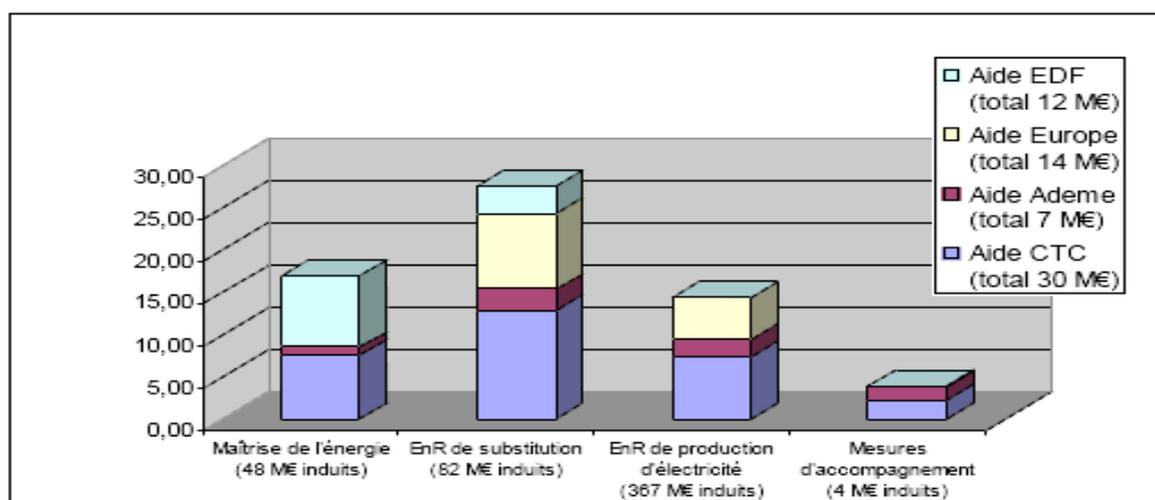
Pour certaines filières, les actions de communication constituaient le seul engagement de la C.T.C, car des aides nationales soutenaient d'ores et déjà leur développement à un niveau suffisamment incitatif (c'est le cas en particulier de l'éolien et des champs photovoltaïques). La C.T.C devait mettre en œuvre le plan de communication, en relation avec les acteurs concernés spécifiquement par chaque action ou filière.

	Electricité économisée ou produite en 2013 (en GWh)	Contribution CTC (en M€)	Contribution EDF (propositions) (en M€)	Contribution ADEME (propositions) (en M€)	Contribution Europe (propositions) (en M€)	Total (en M€)	Chiffre d'affaires généré (en M€)
<b>Maîtrise de l'énergie</b>							
<b>Résidentiel</b>	<b>57,29</b>	<b>4,41</b>	<b>7,30</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>11,71</b>	<b>37,10</b>
dont substitution chauff. élect.	28,80	2,89	6,04	-	-	8,92	28,66
dont isolation toitures	17,78	1,00	1,26	-	-	2,26	5,00
dont promotion LEE	8,40	0,18	0,00	-	-	0,18	1,47
dont électroménager performant	2,32	0,35	0,00	-	-	0,35	1,97
<b>Tertiaire - Industrie</b>	<b>12,76</b>	<b>2,91</b>	<b>1,20</b>	<b>0,98</b>	<b>0,00</b>	<b>5,09</b>	<b>11,08</b>
dont éclairage public	7,20	0,80	1,20	0,60	-	2,60	6,00
dont équipements de froid	4,20	0,31	-	0,17	-	0,48	1,68
dont MDE tertiaire	0,66	0,61	-	0,21	-	0,82	1,65
dont MDE Industrie	0,70	1,19	-	-	-	1,19	1,75
<b>Agriculture</b>	<b>0,35</b>	<b>0,18</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,18</b>	<b>0,35</b>
<b>Energies renouvelables de substitution</b>							
<b>Solaire thermique - total</b>	<b>19,61</b>	<b>12,09</b>	<b>3,33</b>	<b>1,77</b>	<b>5,30</b>	<b>22,49</b>	<b>72,57</b>
dont CESI	13,72	6,86	3,33	-	-	10,19	49,00
dont ECS collectif	4,80	2,89	-	1,77	5,30	9,96	19,20
dont chauffe-air solaires	1,09	2,34	-	-	-	2,34	4,37
<b>Bois énergie - total</b>	<b>2,78</b>	<b>0,81</b>	<b>0,00</b>	<b>0,69</b>	<b>3,67</b>	<b>5,17</b>	<b>9,25</b>
dont gros équipements	1,95	0,55	-	0,49	2,93	3,97	6,50
dont petit tertiaire	0,33	0,13	-	0,08	0,50	0,70	1,10
dont individuel	0,50	0,12	-	0,12	0,25	0,50	1,65
<b>Energies renouvelables de production d'électricité</b>							
<b>PVRR - total</b>	<b>50,88</b>	<b>5,72</b>	<b>0,00</b>	<b>1,77</b>	<b>3,53</b>	<b>11,02</b>	<b>275,30</b>
dont particulier	2,04	2,90	-	-	-	2,90	13,60
dont tertiaire	6,84	1,77	-	1,77	3,53	7,07	34,20
dont champs	42,00	1,05	-	-	-	1,05	227,50
<b>Eolien</b>	<b>200,00</b>	<b>0,70</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,70</b>	<b>84,00</b>
<b>Micro-hydraulique</b>	<b>30,00</b>	<b>0,95</b>	<b>0,00</b>	<b>0,25</b>	<b>1,50</b>	<b>2,70</b>	<b>7,50</b>
<b>Mesures d'accompagnement</b>							
Espaces Info Energie		0,55		0,55		1,1	1,1
Éducation à l'énergie		0,265		0,265		0,53	0,53
Conseil en Energie Partagé		0,7				0,7	0,7
Audit et évaluation		0,55		0,55		1,1	1,1
Observatoire de l'énergie		0,18	0,17	0,18		0,53	0,53
<b>Total</b>	<b>374 GWh</b>	<b>30 M€</b>	<b>12 M€</b>	<b>7 M€</b>	<b>14 M€</b>	<b>63 M€</b>	<b>501 M€</b>

**TABLEAU 10.2 EVALUATION FINANCIERE DU PLAN DE DEVELOPPEMENT DES ENERGIES RENOUVELABLES ET DE LA MAITRISE DE L'ENERGIE SUR LA PERIODE 2007 - 2013**

Extrait du rapport, plan de développement des énergies renouvelables et de la maîtrise de l'énergie

Les éléments comptables financiers révèlent l'ambition du plan. Nous reviendrons dans le bilan sur l'état d'avancement du plan.



**TABEAU 10.3 BILAN DES CONTRIBUTIONS ENVISAGEES AU REGARD DES INVESTISSEMENTS GENERES (501 M€ DE TRAVAUX INDUITS)**

Extrait du rapport, plan de développement des énergies renouvelables et de la maîtrise de l'énergie

La mise en œuvre du plan implique des efforts financiers de la C.T.C, de l'Europe, d'EDF et de l'ADEME. Il s'appuie en partie sur les mécanismes vus précédemment de financement de la CSPE. Il était prévu que tous les autres acteurs publics, au premier rang desquels les Conseils Généraux et les communautés d'agglomération, soient invités à participer à l'effort collectif.

Le plan devait voir la mobilisation plus large de l'ensemble des acteurs de l'énergie en Corse, en renforçant les échanges pour structurer les filières afin que tous participent à l'effort en faveur du développement durable de l'île.

### 2.5.2.2.3 Conduite, coordination et éléments de conclusion

L'ADEC est chargée de la mise en œuvre du Plan de développement des énergies renouvelables et de la maîtrise de l'énergie. A ce titre, elle devait proposer les modalités pratiques d'intervention et s'assurer de la bonne exécution des conventions de partenariat. Elle avait la responsabilité de mettre en évidence les impacts énergétiques, économiques et environnementaux mais aussi l'identification des freins et barrières à la mise en œuvre du Plan.

La gouvernance est scindée en deux organes, d'un côté une gouvernance administrative, de l'autre une gouvernance politique.

La Gouvernance administrative du plan s'est vue confiée à un Comité opérationnel créé spécifiquement pour suivre l'ensemble des politiques relatives au développement durable, aux énergies renouvelables et à la maîtrise de l'énergie, ainsi que celles concernant les déchets et la qualité de l'air.

Ce Comité du Développement Durable des Energies Renouvelables et de Maîtrise de l'Energie (CODDERME), présidé par le Directeur Général des Services, regroupe des représentants de l'ADEC, de l'OECD, de l'Office du Développement Agricole et Rural de Corse (ODARC), de l'Office des Transports de la Corse (OTC), de la Direction de

l'Aménagement et du Développement, de la Direction de la Communication et de la Direction Générale des Services Techniques de la C.T.C, de l'ADEME et d'EDF.

La gouvernance politique est assurée par le Conseil Exécutif de Corse. Sur la base d'un rapport annuel d'exécution élaboré par l'ADEC et présenté par le Président du Conseil Exécutif après examen par le Conseil Energétique, l'Assemblée de Corse débattrait annuellement de l'avancement du Plan EnR MdE.

L'évaluation régulière du plan était censée rendre compte, du nombre d'opérations réalisées, de l'électricité et de l'énergie économisée ou produite, du coût de l'énergie économisée ou produite, du coût global pour la C.T.C et pour ses partenaires.

La partie 2 du rapport comprend des annexes précises et chiffrées sur le développement de chacun des principaux thèmes sur lesquels s'appuie le rapport. Ces annexes précisent les objectifs en définissant les actions pratiques à réaliser pour réussir la planification. Enfin, la conclusion du rapport fait le bilan sur les perspectives des filières en soulignant les forces et faiblesses présentes et les perspectives de développement.

(C.T.C, 2007)

Le rapport préconise de nombreux changements que bon nombre d'observateurs attendent de voir intervenir. Il y a eu des avancées sur certains points mais nous sommes en mesure de constater qu'à 1 an de la première échéance de 2013, une majeure partie des recommandations n'est pas encore intervenue. Il n'existe pas encore de source « transparente » d'évaluation du plan afin de pouvoir déterminer concrètement les réalisations effectuées respectant les échéances prévues selon le plan initial.

Le plan ressemble aux formulations scientifiques dans le sens où l'on observe de nombreuses solutions pour remédier aux défis environnementaux qui s'imposent à chacun mais recense très peu ou trop peu de mises en perspective pratique des solutions exprimées.

Les auteurs de cette planification ont conscience des barrières et obstacles existants car ils sont clairement mis en relief dans le rapport. Cependant, au regard des expériences vécues dans le cadre de ces années de spécialisation universitaire, nous avons tendance à sous-estimer les freins existants dans la réalisation d'un projet.

Une approche résiliente doit nous permettre de réorienter nos principes de fonctionnement, en priorisant la prise en considération des obstacles existants pour les dépasser et parvenir à mettre en place notre planification, qu'elle soit conceptuelle ou pratique.

En 2010, l'assemblée de Corse a fait un pas significatif dans le rapprochement des compétences et l'unification des forces en action dans le domaine de l'énergie. La gestion de l'énergie est dorénavant confiée à l'Office de l'environnement de la Corse.

(C.T.C, 2010)

### **2.5.2.3 Schéma éolien de la Corse**

Comme nous l'avons évoqué à plusieurs reprises précédemment, la Corse possède les compétences pour prospecter, exploiter et valoriser les ressources énergétiques locales de Corse. Le vent est une ressource globale dont les interférences lui prêtent un potentiel énergétique local pour la Corse. Le vent est la ressource nécessaire au fonctionnement de l'éolien.

La C.T.C a prévu de déployer à travers le « Plan énergétique moyen terme » voté en 2001, une puissance de 100 MW d'éolien à l'horizon 2015.

Les intentions de la C.T.C étaient de formuler grâce à un schéma régional, une planification territoriale afin de permettre un développement maîtrisé de l'éolien à l'échelle de la Corse.

Le schéma éolien porte sur analyse des parcs et projets étudiés en Corse, sur une cartographie d'inclusion et d'exclusion, sur une charte de développement nécessaire à l'accompagnement des projets, et sur une grille d'analyse permettant l'évaluation des projets devant l'assemblée. Le schéma s'appuie sur une analyse décomposée en six volumes.

- volume 1 : Méthodes et résultats
- volume 2 : Le Système d'Information Géographique (l'ensemble des cartes)
- volume 3 : Le volet paysager
- volume 4 : Un projet de charte de développement éolien
- volume 5 : Les annexes
- Grille d'évaluation pour les projets

De nombreux échanges ont été organisés pour élaborer le schéma et une campagne d'information a été menée afin de favoriser la concertation. Le schéma a été réalisé par un prestataire externe qui avait été retenu lors du plan de développement EnR-MDE présenté précédemment.

L'introduction nous rapporte que le l'éolien off-shore a été écarté car « *le syndicat des énergies renouvelables (SER)... a confirmé une incompatibilité de ce type de projet avec le contexte de la Corse à ce jour* » en s'appuyant sur les arguments suivants :

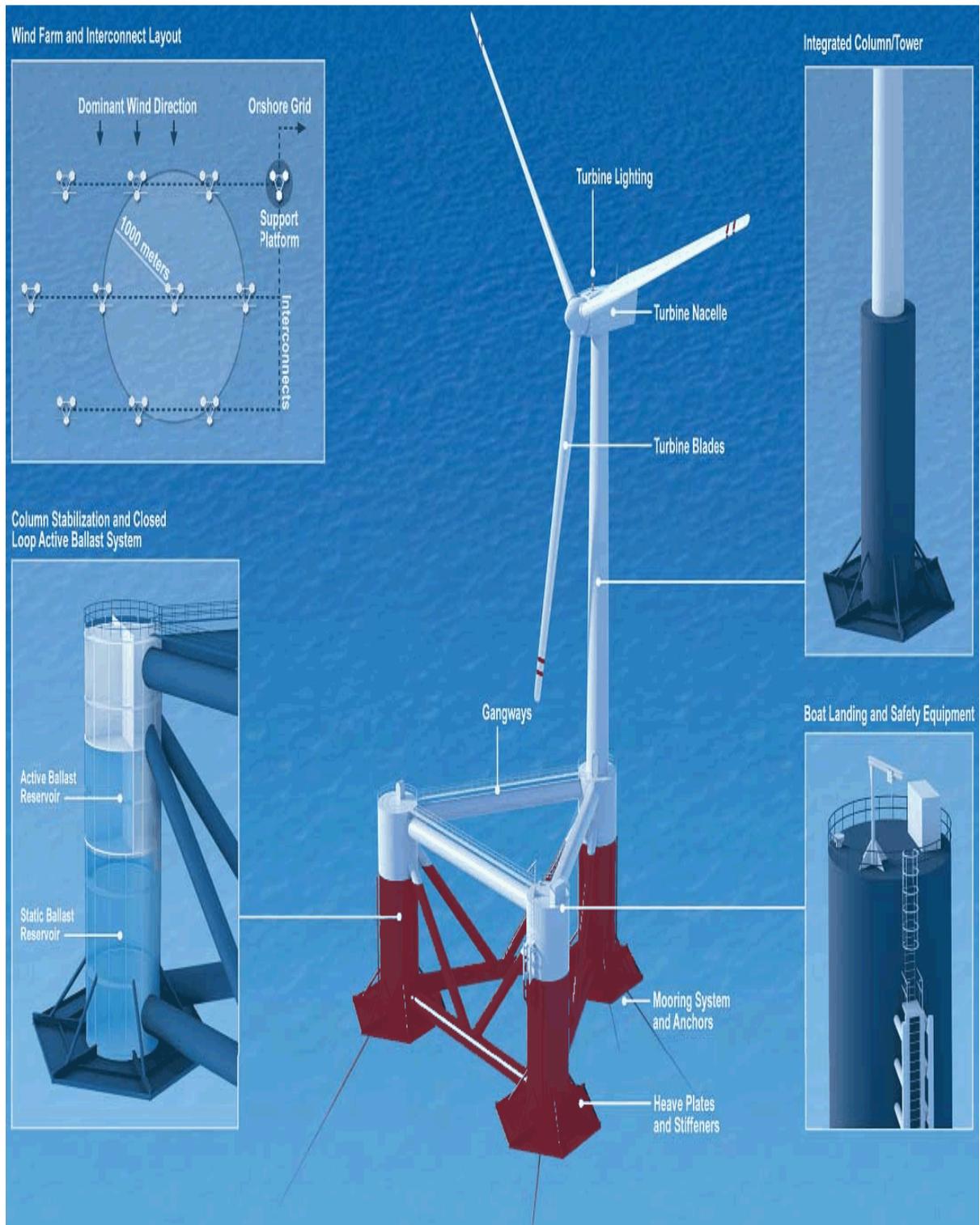
- Il existe des contraintes d'implantation (profondeur de moins de 30 m), seule la plaine orientale pourrait recevoir un projet de ce type, à moins de 3 km des côtes et le gisement éolien n'apparaît pas suffisant sur ce territoire.
- Les machines installées en off-shore étant de taille bien supérieure (3 à 5 MW, soit 120 à 130 m de haut), l'impact paysager risquerait d'être significatif.
- Les parcs off-shore réalisés actuellement dans le monde concernent une puissance de 100 MW minimum, ce qui reviendrait à concentrer en un site unique de la Corse l'ensemble de la production éolienne attendue... avec des conséquences tant sur la stabilité du réseau électrique pour le gestionnaire que pour la simple évacuation de l'électricité produite.

Le premier argument détermine de façon discursive que l'éolien off-shore ne peut exister en Corse alors que des recherches à travers le monde misent sur l'éolien flottant pour dépasser la problématique d'implantation.

En 2009, la première éolienne flottante a été posée par la société énergétique StatoilHydro, elle permet d'anticiper une évolution du secteur éolien, là où la profondeur ne deviendrait plus un facteur limitant et où les possibilités d'intégration ne seraient plus cantonnées à une typologie d'implantation.

Les données techniques évoluent très rapidement; les solutions flottantes émergent progressivement; il existe différentes technologies installées à travers le monde. Fin 2011, un consortium portugais a mis en place une turbine de 2MW, capable de produire suffisamment d'électricité pour fournir 1.300 foyers. Le système est situé à 5 km au large de la côte de Aguçadoura, au Portugal, et a déjà produit plus de 1,7 GWh.

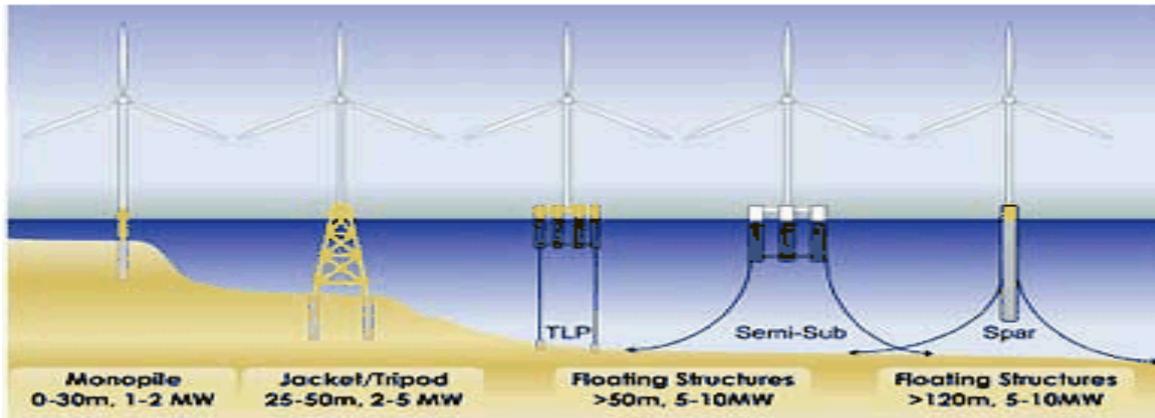
La technologie « flottante » utilisée est appelée Wind float. Le WindFloat devient la première unité de production d'énergie éolienne offshore au monde qui n'exige aucun équipement lourd. Elle permet une exploitation à des profondeurs pouvant dépasser 50 mètres. De plus, le WindFloat est une structure flottante dont la structure est conçue pour supporter tout type d'éolienne, quel que soit le fabricant.



**FIGURE 8.7 DESCRIPTION DE LA TECHNOLOGIE « WIND FLOAT »**

Extrait du site internet Enerzine.com

Cette technologie est classée dans les plateformes de flottaison semi-submersible.



**FIGURE 8.8 DIFFERENTES TECHNOLOGIES D'IMPLANTATION D'ÉOLIENNES**

Extrait du site internet Enerzine.com

Le dernier argument évoqué peut être réfuté par la combinaison STEP marines/éoliennes. Cette combinaison permettrait à la Corse d'intégrer un haut niveau d'éolien dans le mix sans déstabiliser la configuration du réseau. L'excédent de production pourrait être exporté. (Duque, 2011) (Kaldellis, 2002)

L'éolien est en perpétuelle évolution, les données d'hier ne sont plus les mêmes qu'aujourd'hui, les perspectives d'utilisation des énergies renouvelables sont considérables pour la Corse. Elles permettraient de valoriser les ressources locales et diminuer la dépendance énergétique du mix existant.

Le plan d'intégration de 100 MW d'éolien dans le mix est donc parfaitement réalisable.

(Sun et Huang, 2012)

Cette parenthèse sur les possibilités écartées précédemment révèle qu'en seulement 5 ans, certains verrous technologiques ont été levés pour laisser présager d'immenses possibilités.

Il est nécessaire de rappeler que dans 5 ans le photovoltaïque sera l'une des énergies les plus compétitives au monde. Une combinaison Vent/Soleil/Eau/Bois permettrait à la Corse de s'affranchir progressivement de sa dépendance énergétique.

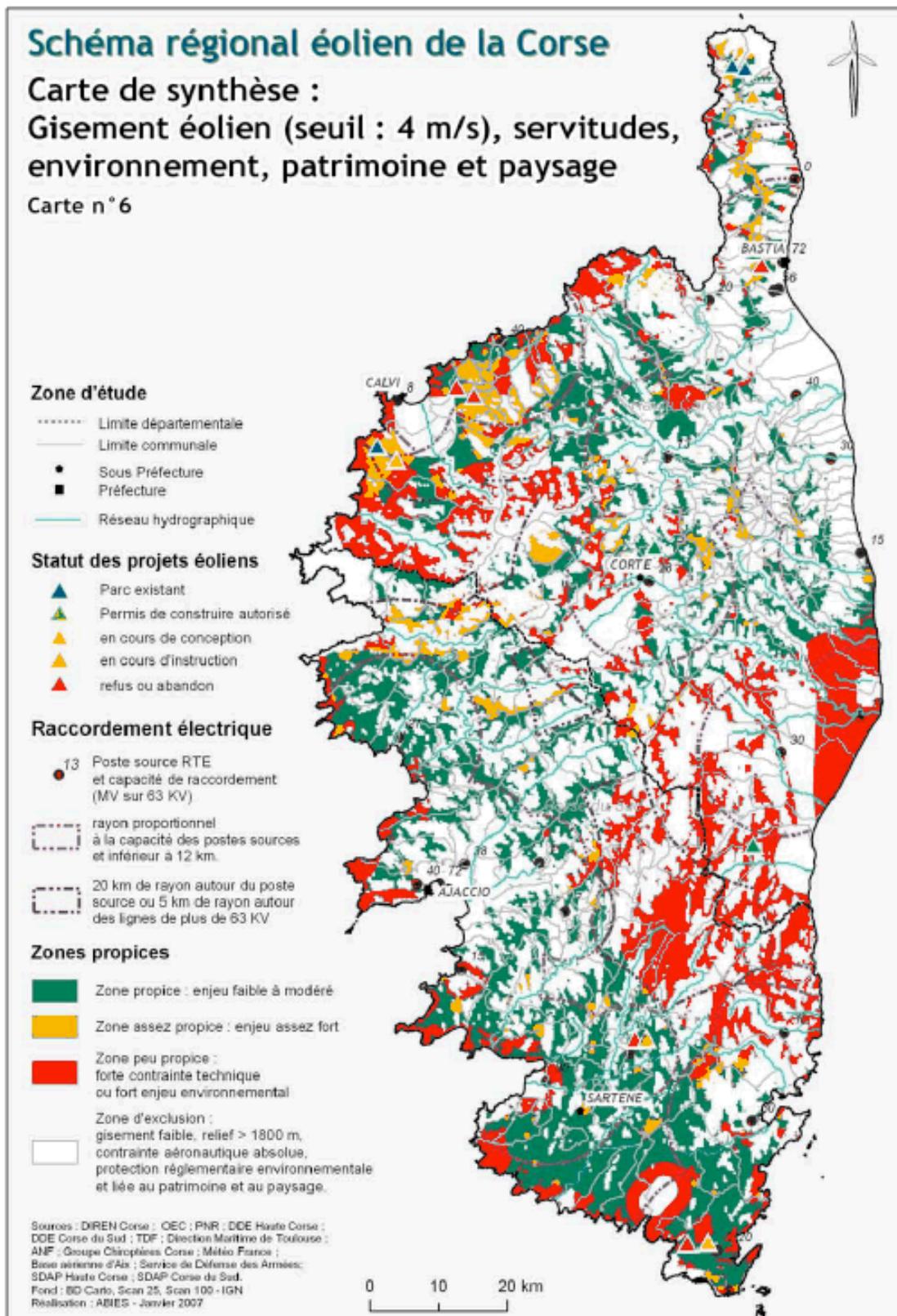
(Mc Kinsey, 2012)

Le schéma éolien de la Corse apporte des éclairages sur les perspectives de l'éolien sur terre.

Il retrace les fondamentaux d'une réflexion sur l'implantation d'éoliennes :

- Le gisement en vent
- Le raccordement au réseau électrique
- Les servitudes techniques
- Les enjeux environnementaux
- Le patrimoine naturel et paysager
- Le raccordement au réseau routier
- L'éloignement des habitations

Le schéma éolien a choisi de superposer l'ensemble des paramètres utiles à la réflexion sur une carte de la Corse.



**FIGURE 8.9 SCHEMA REGIONAL EOLIEN DE LA CORSE**

Extrait du schéma éolien de la Corse

La dimension paysagère est prise en compte par une formulation des problématiques résultant d'une recherche d'équilibre entre la préservation du paysage et le développement de la filière éolienne.

Il en résulte un découpage de 25 entités paysagères dont les grands principes d'aménagement sont synthétisés à travers les microrégions concernées.

- *« En Balagne, le principe d'aménagement éolien concerne plutôt le sud de la microrégion et l'extrême nord s'il n'entre pas en confrontation visuelle avec des sites emblématiques (réglementés ou non réglementés). »*
- *« Dans le Cap Corse, il s'agirait de travailler par amphithéâtre, sur les lignes de crêtes secondaires, sans dépassement altimétrique de la dorsale, en concentrant les co-visibilités à un unique amphithéâtre, en limitant les vues depuis les sites emblématiques, réglementaires ou touristiques. »*
- *« Enfin dans le sud de la Corse, le principe d'aménagement se concentre prioritairement sur les espaces reculés enclavés naturels peu fréquentés. Des linéaires traversant des plaines ou plateaux peuvent accepter l'éolien. Les grandes échelles de ce territoire s'adaptent bien au développement des moulins à vent contemporains »*

Les éléments d'informations devaient guider les porteurs de projets dans leurs démarches afin d'appréhender la contrainte paysagère dans leur prospective territoriale.

C'est dans les recommandations qu'apparaît une formule très pertinente. Elle concerne une participation financière locale dans les parcs éoliens corse. Le schéma éolien y perçoit une caution pour favoriser le prêt bancaire ou encore l'assurance des installations en y joignant le fond d'investissement de proximité Corse.

Cette démarche participative attire notre attention. Comme nous l'avons vu précédemment l'utilisation des ressources locales est incluse dans le domaine d'action de la collectivité, elles sont par conséquent censées appartenir aux sphères d'intérêts collectifs.

La collectivité était donc en position privilégiée pour capter la richesse générée par l'utilisation des ressources sur son territoire pour ainsi favoriser la redistribution de cette richesse en fonction de ses priorités de développement.

En pratique, les faits observés révèlent qu'il existe une seule dynamique en ce sens, elle concerne la communauté de commune de Meria-Morsiglia dans le Cap Corse qui souhaite réaliser un projet éolien de 17,85 MWc.

La société d'exploitation du site éolien Meria Morsiglia a été créée en retenant la forme juridique d'une société coopérative d'intérêt collectif (SCIC). Les intérêts sont de 20 % pour la SCIC qui représente 140 communes et 80 % pour l'entreprise Eco Delta.

Mis à part cet unique exemple pouvant être assimilé à une forme concrète d'économie sociale et solidaire, il n'existe pas d'autres structures de ce genre.

(Assemblée de Corse, 2007)(C.T.C, 2007)

Nous avons à notre échelle d'analyse un exemple de mécanisme décrit brillamment par Francine Mestrum et qui fut évoqué dans nos travaux sur l'économie du développement durable et l'ordre économique mondial.

On observe la stratégie d'horizontalité dans le transfert du produit de la croissance économique. Les bénéfices captés en Corse seront redistribués sur un autre territoire économique.

Il existe évidemment de nombreuses solutions pour corriger cette défaillance. La redistribution d'un pourcentage du produit de la richesse générée par le site de production ou bien la collectivité, assure l'exploitation de la même façon qu'une entreprise à intention capitaliste. Ces exemples parmi d'autres, sont des formules pour corriger les effets pervers du marché.

Le projet de schéma éolien terrestre s'est heurté à une acceptation mitigée de la population. Pour certains l'implantation de turbine est en conflit avec l'environnement naturel de la Corse. Les éoliennes font partie des solutions énergétiques du développement durable. Une étude multicritère établissant un bilan sanitaire et environnemental des différentes sources d'énergies distingue l'éolien pour ses excellents résultats. (Jacobson, 2011)

Contrairement aux centrales thermiques au fioul ou diesel, une éolienne ne consomme pas d'eau douce, elle n'émet pas de polluants atmosphériques (oxydes de soufre ou d'azote, suie, particules fines, dioxyde de carbone etc.). Elle nécessite une surface au sol de seulement 16 m<sup>2</sup> (pour 5 MW). Il suffit de seulement 3 mois pour « rembourser » l'énergie produite lors de sa conception et en moyenne sa durée de vie est prévue pour 30 ans. Le vent, la ressource de l'éolienne est intarissable et gratuit. De plus il n'occasionne aucun conflit géopolitique ou tension particulière dus à son utilisation.

L'éolien terrestre a eu une portée limitée pour la Corse; l'éolien off-shore tel que celui présenté précédemment présente la caractéristique de ne pas être en conflit avec l'environnement naturel de la Corse. Son potentiel réel reste à être concrètement défini dans une analyse de type schéma éolien offshore pour la Corse.

La solution du statut quo entrevue par certains repousse ou déplace les problématiques vers d'autres sujet. Les éléments scientifiques doivent nous permettre d'orienter nos choix vers des technologies sûres, propres et durables. Comme nous l'avons précisé de nombreuses fois, les technologies sont dès à présent disponibles pour apporter des solutions à nos préoccupations, nous espérons encore une fois qu'elles seront retenues dans le panel de choix des décideurs.

#### **2.5.2.4 Développement du photovoltaïque en Corse**

La politique énergétique de développement des champs photovoltaïques au sol s'inscrit dans la continuité du plan énergétique de la Corse adopté par délibération n° 05/225 AC le 24 novembre 2005 et du plan de développement des énergies renouvelables et de la maîtrise de l'énergie adopté par délibération n° 07/275 AC le 7 décembre 2007.

La loi du 22 janvier 2002 oblige tout porteur de projet à recevoir un avis de l'Assemblée de Corse s'il souhaite implanter un moyen de production énergétique utilisant les énergies renouvelables. C'est dans le cadre de l'application de cette loi que l'Assemblée de Corse a souhaité pouvoir disposer d'un document de référence permettant de formaliser ses avis. C'est ainsi que sont apparues la Charte de développement et la grille d'analyse multicritères destinées à aider l'Assemblée de Corse dans la formulation de son avis.

##### **2.5.2.4.1 La charte de développement du photovoltaïque en Corse**

En 2008, après avoir validé le projet photovoltaïque de Rapale en Haute-Corse, l'Assemblée de Corse a décidé de se doter d'un outil d'aide à la décision, similaire à celui de l'éolien terrestre.

Son élaboration a été confiée au service de l'état et de la C.T.C.

Le contenu de la charte de développement du photovoltaïque en Corse est configuré autour d'un chapitre de présentation des données générales sur le photovoltaïque et son usage en Corse, et un chapitre sur le cadre juridique en matière d'énergie, d'urbanisme et d'environnement.

Des dispositions propres au protocole sont aussi incluses dans le document. Elles présentent les engagements communs de l'Etat et de la C.T.C, portant notamment sur la diffusion de l'information et l'évaluation des projets, à travers une instance technique régionale et des recommandations à destination du porteur de projet et des maires des communes concernées, portant notamment sur l'information et la concertation autour du projet.

La charte relate qu'un arrêté de 2008, arrêté ministériel en date du 23 avril 2008 définit, en son article 22, les conditions suivantes « *Toute installation de production dont la puissance Pmax est supérieure ou égale à 3 kVA et mettant en œuvre de l'énergie fatale à caractère aléatoire telles les fermes éoliennes et les installations photovoltaïques peut être déconnectée du réseau public de distribution d'électricité à la demande du gestionnaire de ce réseau lorsque ce dernier constate que la somme des puissances actives injectées par de telles installations atteint 30 % de la puissance active totale transitant sur le réseau.*

*Les circonstances dans lesquelles ces déconnexions peuvent être demandées sont précisées dans la convention de raccordement et les modalités selon lesquelles elles sont effectuées le sont dans la convention d'exploitation. ... deux ou plusieurs projets sont réputés ne constituer qu'une seule installation s'ils sont situés sur la même toiture ou sur la même parcelle. »*

Cela signifie que le gestionnaire du réseau Corse (EDF) a le pouvoir de déconnecter des producteurs dès lors que le seuil de 30 % sera atteint. La règle de priorité à la déconnexion est celle du dernier arrivé en file d'attente, premier déconnecté.

(Arrêté du 23 avril, 2008)

Dans la configuration de l'arrêté, la puissance appelée sur le réseau Corse varie entre 90 MW au minimum (en mi-saisons la nuit), 150 MW (en mi-saisons le jour) et 450 MW au maximum (en hiver la nuit), ce qui détermine un potentiel théorique d'énergie fatale de 30 à 50 MW pouvant être raccordé sans aucun risque de déconnexion. Le gestionnaire du réseau Corse (EDF) a par la suite évalué à 80 MW la puissance totale d'électricité pouvant être produite par des énergies renouvelables dites fatales, sans risque de déconnexion de ces équipements.

Cet arrêté rend caduque les Plans énergétiques de 2001 et 2005 qui prévoyaient l'apport d'une puissance de 100 MW d'éolien en Corse. La limite de 30 % est facilement franchissable à condition de se donner les moyens d'y parvenir. Les stations de pompage turbinage (STEP) et l'interconnexion sont des outils permettant l'intégration massive d'énergie fatale sur le réseau. Les STEP rentrent pleinement dans le domaine de compétence de l'assemblée de Corse puisqu'il s'agit de l'utilisation d'une ressource locale.

Une politique publique d'énergie en ce sens permettrait de dépasser les contraintes techniques exposées dans l'arrêté.

Il existe des énergies renouvelables qui n'entrent pas dans le cadre de cette limitation. Il s'agit du solaire thermique à concentration qui fonctionne comme une bouilloire, après avoir chauffé la journée grâce au soleil, il conserve une température élevée, pour restituer éventuellement en énergie pendant la nuit. Il existe la biomasse qui possède la possibilité d'être valorisée pour la cogénération chaleur/électricité.

Il y a aussi la valorisation des déchets organiques par méthanisation ou encore la production de Biogaz avec des bouses et autres excréments (animal et humain) qui permet de valoriser leur potentiel énergétique. Ces formes de Biogaz sont très développées en Inde et en Chine. Pour ce dernier point, il est nécessaire d'inverser notre perception afin d'assimiler qu'il ne s'agit pas de déchets mais de ressources valorisables.

(Ivanova, 2008)(Lichtman, 1983)(Henderson, 1993)(Elbeshbishy, 2011)

La conclusion de nos travaux portera sur une combinaison de technologie durable pour une application du développement durable dans les politiques publiques d'énergies en Corse.

#### 2.5.2.4.2 Grille d'analyse multicritère

La charte est composée d'une grille multicritère qui fut élaborée par un consultant spécialisé dans l'assistance technique pour l'accompagnement de projet, alors que sur le territoire insulaire, le pôle d'économie de l'université de Corse dispose d'une véritable expertise dans ce domaine.

(Oberti, 2002, 2004, 2006, 2008, 2011)(MCDA'73, 2011)

Les éléments sur lesquels s'est établie la grille multicritère ont été élaborés par le conseil exécutif de Corse. Ils portaient sur une volonté d'équilibrer la puissance installée sur le territoire en répartissant de façon homogène les projets et en limitant la puissance des projets.

En ayant tenu compte des orientations ci-dessus et des nombreuses contributions ayant émergé lors des différentes réunions d'échange préalables, il en est ressorti une grille d'évaluation des projets s'appuyant sur :

« - des critères « obligatoires », que tout projet devrait respecter pour pouvoir être analysé.  
-des critères permettant l'évaluation qualitative des projets. »

Accord du propriétaire et de l'exploitant, sans oublier les accords fonciers pour l'accès (droit de passage, droit eau)	Important si l'exploitant n'est pas le propriétaire. Nécessité de fournir un bail, une promesse de bail ou un acte de propriété.
N'affecte pas un milieu naturel protégé	Zones Natura 2000 (sauf avis favorable de la DIREN), Arrêtés de protection de Biotope, Réserves naturelles
Inférieur à la puissance unitaire maximum	4,5 MW de raccordement électrique (seuil en dessous duquel les installations sont soumises à déclaration d'exploiter)
Supérieur à la puissance unitaire minimale	0,9 MW ( $\approx$ 1 % de la puissance minimale appelée en 2007, pour éviter le mitage)
Avis favorable de la (ou des) commune(s), avec réunion publique effectuée	Nécessaire délibération du (ou des) Conseil(s) Municipal(ux). Traduit aussi l'avancement du projet.
Dépôt effectif d'une demande de permis de construire avec Etude d'impact sur l'environnement effectuée	Traduit aussi l'avancement du projet
Projets situés hors des zones à forte potentialité agricole et zones AOC et les zones dégradées dont le projet photovoltaïque contribue à une solution de réhabilitation.	Terres irriguées, terres maraîchères, vergers, oliveraies
Conformité avec PPRI et AZI	Plan de Prévention des Risques Inondation ; Atlas des Zones Inondables.

**TABLEAU 10.4 PRESENTATION DES CRITERES OBLIGATOIRES DE LA GRILLE MULTICRITERE**

Extrait de la Charte de développement du photovoltaïque et de dispositif d'évaluation des projets

L'évaluation qualitative est subordonnée au respect des critères obligatoires pour les porteurs de projets. L'évaluation porte sur 40 critères notés entre 0 et 2, avec un coefficient multiplicateur allant de 1 à 3 en fonction de son importance (en fonction de ce coefficient, un critère peut être noté entre 0 et 2, entre 0 et 4 ou entre 0 et 6).

Les critères équipe-projet & technico-économiques	2	1	0	C / A <sub>3</sub>	pois
Analyse des 3 derniers comptes de résultat et bilans	Structure existante sans déficit 3 années de suite Pour les sociétés ad hoc, solidarité financière entre la société mère, ses actionnaires et la filiale	Structure ad hoc	Société déficitaire sur les 3 dernières années	C	2
privilégier les développeurs/financeurs/exploitants de projet	Un seul opérateur		Plusieurs opérateurs	C	2
Compétences de l'"équipe projet" dans la production d'électricité d'origine renouvelable	Au moins 3 références de projets en cours de réalisation ou en cours d'exploitation	Moins de 3 références de projets en cours de réalisation ou en cours d'exploitation	Aucune référence de projets en cours de réalisation ou en cours d'exploitation	C	2
W par m <sup>2</sup> de modules	si supérieur à 100 W / m <sup>2</sup>	compris entre 80 & 100 W / m <sup>2</sup>	si inférieur à 80 W / m <sup>2</sup>	C	2
kW par ha d'emprise au sol clôturé	si supérieur à 300 kW/ha clôturé	entre 250 & 300 kW/ha clôturé	si inférieur à 250 kW / ha clôturé	C	2
Structures fixes, trackers 1 axe ou trackers 2 axes	tracker 2 axes	tracker 1 axe	structures fixes	A	1
Favoriser les petits projets	Inférieur à 6 M€	Entre 6 et 12 M€	Supérieur à 12 M€	C	2

**TABLEAU 10.5 LES CRITERES RELATIFS AU PORTEUR DE PROJET ET AUX ASPECTS TECHNICO-ECONOMIQUES DU PROJET**

Extrait de la Charte de développement du photovoltaïque et de dispositif d'évaluation des projets

Les critères fonciers & territoriaux	2	1	0	C / A	pois
Concerne des propriétés foncières communales	Concerne intégralement des propriétés communales	Concerne pour partie des propriétés communales	Ne concerne pas des propriétés communales	C	2
Favoriser les communes d'accueil membre d'une intercommunalité à TPU	Oui		Non	A	2
Location ou acquisition des terres	Location de terres ou porteurs/propriétaires actuels		Acquisition de terres sauf propriétaires actuels	A	2
Bail et retour à l'état initial du site	Le bail prévoit le retour à l'état initial du site après coup		Absence d'éléments dans le bail ou dans la candidature du porteur de projets	C	3
Eloignement d'autres projets PV du même opérateur	Au moins 10 km avec le plus proche autre projet du même opérateur	Entre 5 et 10 km du plus proche autre projet du même opérateur	Moins de 5 km du plus proche autre projet du même opérateur	C	3
Nombre de projets PV sur la même commune ou puissance maximale des projets	Seul projet de centrale photovoltaïque sur la commune	Existence de plus de deux projets de centrale photovoltaïque sur la commune	Existence de deux projets de centrale photovoltaïque sur la commune, dépassant un total de 4,5 MWC	C	2

**TABLEAU 10.6 LES CRITERES RELATIFS AUX ASPECTS FONCIERS DU PROJET**

Extrait de la Charte de développement du photovoltaïque et de dispositif d'évaluation des projets

Les critères H.Q.E.	2	1	0	C / A	pois
Occupation du sol	Milieu déjà altéré par l'activité humaine		Milieu non altéré par l'activité humaine	C	2
Affecte un milieu naturel d'intérêt		affecte une ZNIEFF de type 2	Affecte une ZNIEFF de type 1 ou une ZICO	C	2
Jouxte un milieu naturel protégé			Abords immédiats d'une zone Natura 2000	C	2
Présence d'habitats prioritaires	Absence	Présence ponctuelle	Présence significative	A	2
Effets de la clôture sur un continuum écologique	absence d'enjeux	existence d'enjeux, traités de façon proportionnelle	existence d'enjeux, non traités	C	2
Qualité de l'Etude d'impact sur l'environnement (EIE) effectuée et qualité des expertises naturalistes (dates des expertises faune flore)	existence d'une EIE de qualité. observations naturalistes de printemps.	EIE médiocre. Absence d'observations naturalistes au printemps	EIE notoirement insuffisante. Absence d'observations naturalistes de terrain (seulement biblio)	C	3
Typologie des onduleurs et postes de livraison	équipements annexes "en dur"		Equipements annexes en préfabriqué	C	1
Typologie des fondations et des structures	absence de béton enterré	présence de béton non enterré	présences de béton enterré	C	2
Enjeux eau : effets sur l'écoulement des crues	absence d'enjeux	existence d'enjeux, traités de façon proportionnelle	existence d'enjeux, non traités	A	2
Garanties supplémentaires sur le démantèlement	provisions comptables, dépôts à la CDC, ...		Aucune garantie supplémentaire	A	3
Nécessité de travaux significatifs de terrassement	terrains plats	terrains non plats, mais faibles travaux	terrains non plats, terrassements significatifs	C	1
Hauteur des structures	hauteur totale inférieure à 1,6 m	hauteur comprise entre 1,6 m et 2,4 m	hauteur totale supérieure à 2,4 m	A	3
Affecte un Site Inscrit ou jouxte un Site protégé	Pas d'affectation d'un SI, pas de proximité d'un SP	Affectation marginale d'un SI. Abords immédiats d'un SP et pas de co-visibilité	Affectation significative d'un SI. Abords immédiats d'un SP et co-visibilité	C	2
Enjeux paysagers par rapport au patrimoine protégé	Non	A moins d'un km d'un Monument ou d'un Site Inscrit et pas de co-visibilité	A moins d'un km d'un Monument ou d'un Site Classé et co-visibilité	A	2
Enjeux paysagers par rapport aux lieux habités		Proximité d'un hameau	Proximité d'une agglomération	A	2
Enjeux paysagers par rapport à l'activité touristique		Jouxte un lieu touristique important	Jouxte un lieu touristique de première importance	A	1
Enjeux archéologiques		Enjeux archéologiques potentiellement forts	Enjeux archéologiques potentiellement très forts	A	2

**TABLEAU 10.7 LES CRITERES RELATIFS AUX ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX DU PROJET**

Extrait de la Charte de développement du photovoltaïque et de dispositif d'évaluation des projets

Les critères acceptation	2	1	0	C / A	poins
Valeur agricole des terres	Sites aux faibles potentialités agronomiques	Avis avec réserves du Sivam bio	Avis négatif du Sivam bio	C	3
Concerne une Appellation d'origine Contrôlée	Avis positif de l'INAO	Avis avec réserves de l'INAO	Avis négatif de l'INAO	C	2
Etude d'impact agricole	L'étude d'impact a un volet agricole précis	L'étude d'impact a un volet agricole général	L'étude d'impact n'a pas de volet agricole	C	2
Valorisation des espaces laissés libres	Une valorisation précise et détaillée est prévue	Le principe d'une valorisation est envisagé	Aucun projet de valorisation	A	2
Intérêt cynégétique des lieux	Impact faible		Impact fort	A	2
Valorisation pédagogique ou touristique du projet	Une valorisation précise et détaillée est prévue	Le principe d'une valorisation est envisagé	Aucun projet de valorisation	A	2
Innovation technologique activité de R & D	Une R&D ou une innovation précise et détaillée est prévue	Le principe d'une R&D ou d'une innovation est envisagé	Aucun projet d'innovation ou de R&D	A	2
Ouverture des données de l'exploitation à une structure de type INES, cap énergie	Oui		Non	A	2
Part de l'épargne locale	Plan d'appel public à l'épargne précis	Plan d'appel public à l'épargne imprécis	Pas d'appel public à l'épargne prévu	C	1

**TABLEAU 10.8 LES CRITERES RELATIFS AUX ASPECTS D'ACCEPTATION DU PROJET**

Extrait de la Charte de développement du photovoltaïque et de dispositif d'évaluation des projets

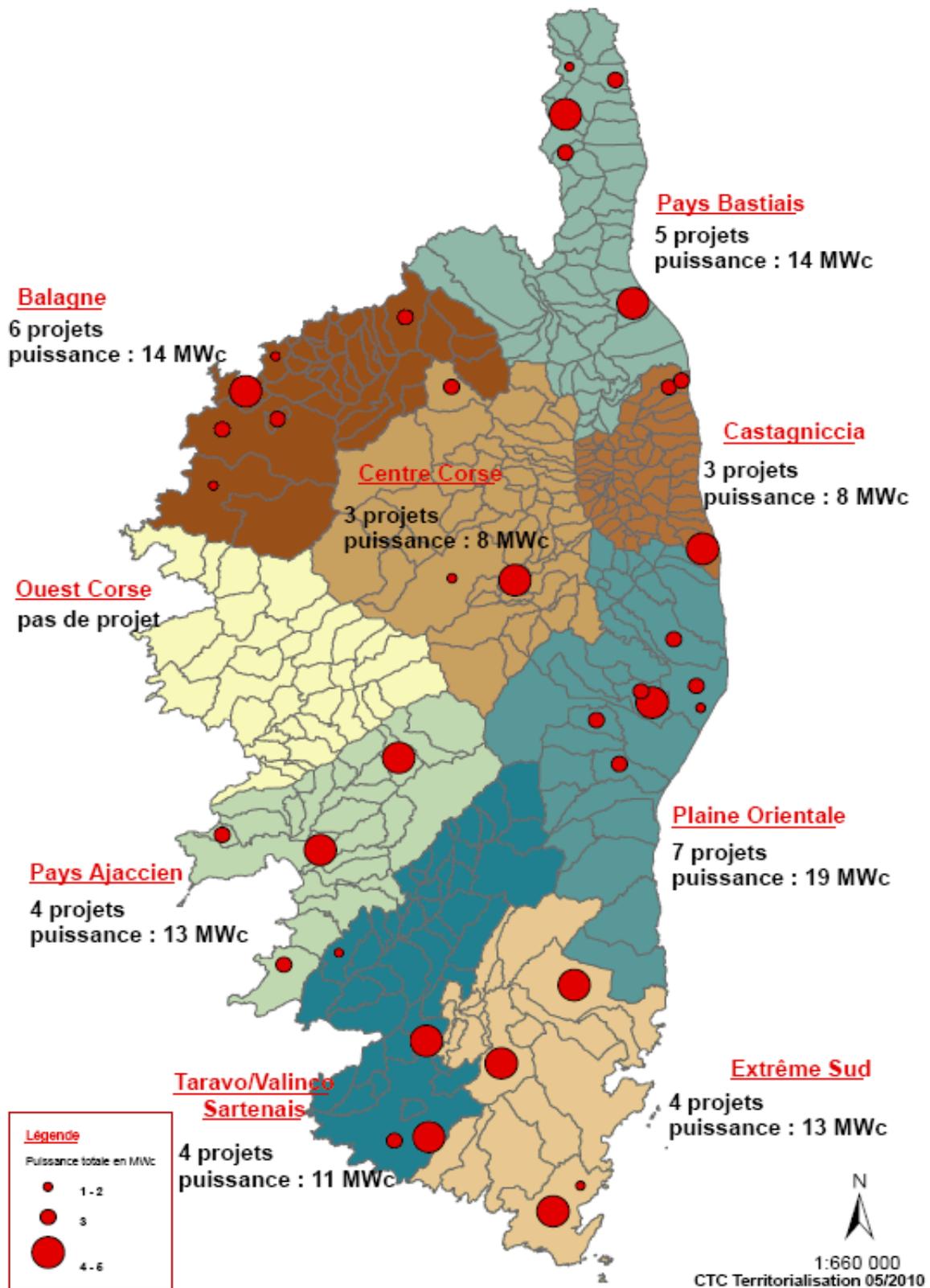
Selon les multiples critères évoqués ci-dessus, la répartition par territoire des projets de champs photovoltaïques ayant bénéficié d'un avis favorable de l'Assemblée de Corse comprend 36 projets pour une puissance totale de 100 MWc.

L'Assemblée de Corse s'est prononcée à plusieurs reprises pour avis sur des projets de champs photovoltaïques, donnant un avis favorable à une quarantaine de projets pour une puissance totale supérieure à 110 MW.

A la fin 2010, l'instauration d'un moratoire par le Gouvernement a eu des répercussions malheureuses sur un nombre significatif de projets qui ont dû être abandonnés par les opérateurs, suite à une suspension de leur autorisation de raccordement.

Environ une vingtaine de projets a pu être mise en service et d'autres projets sont encore en cours de travaux ; au final, la puissance totale installée en champs photovoltaïques est d'environ 50 MW aujourd'hui et pourrait atteindre 65 à 70 MW maximum.

Les projets approuvés par l'organe exécutif de la région Corse ont été partiellement appuyés par le classement de la grille multicritère. Les tractations politico-économiques ont prédominé lors de la définition des résultats. Les critères d'influences/lobbys sont absents de la grille d'évaluation. Cette absence de transparence est difficilement évaluable de façon quantitative ou qualitative. Ce facteur a pourtant joué un rôle prédominant dans la définition des avis favorables. Cet aspect est la conséquence d'une quasi concentration du pouvoir de décision accordée à l'exécutif de la région Corse.



**FIGURE 9 CARTOGRAPHIE DES PROJETS PHOTOVOLTAÏQUES AYANT BENEFCIES D’UN AVIS FAVORABLE**

Extrait de la Charte de développement du photovoltaïque et de dispositif d’évaluation des projets

Sur le plan qualitatif, on peut regretter que des projets « très bien notés » par l’Assemblée de Corse n’aient pu se réaliser suite au moratoire (alors que quelques autres qui avaient eu un avis réservé se sont réalisés malgré tout).

Sur le plan quantitatif, cette situation apparaît satisfaisante, dans la mesure où le réseau n'aurait théoriquement pas pu supporter le raccordement de l'ensemble des projets retenus compte tenu de la règle des 30 %.

Comme nous l'avons observé précédemment, la réglementation autorise le gestionnaire à plafonner à 30 % la puissance d'origine fatale - éolien et photovoltaïque - injectée à tout instant afin de ne pas risquer de déstabiliser le réseau électrique de la Corse.

Le seuil des 30 % a été atteint en juin 2012.

La principale conséquence pour le marché du photovoltaïque en général en Corse concerne les possibilités de raccordement au réseau, qui se voient désormais encadrées par une contrainte de déconnexion possible de plus en plus forte : concrètement, le gestionnaire aura la possibilité de déconnecter les dernières installations mises en service dès lors que la puissance totale produite sur le réseau à un instant T atteint 30 % de la demande totale d'électricité.

Il faut souligner que cette contrainte concerne l'ensemble des installations photovoltaïques de plus de 3 kVA, donc de fait, toutes les installations au sol ou en toiture, hors celles sur des habitations.

L'avenir du photovoltaïque en Corse s'oriente vers les systèmes avec stockage, que ce soit pour les systèmes au sol ou en toiture directement sur le lieu de production ou bien par un système de stockage mutualisé avec une STEP.

(Assemblée de Corse, 2009, 2011 et 2012)

### **2.5.3 Développement de la technologie solaire thermodynamique en Corse**

Le solaire thermodynamique s'inscrit dans le cadre général de la politique énergétique votée par l'Assemblée de Corse, à travers le Plan énergétique Corse de 2005 et le Plan de développement des énergies renouvelables et de la maîtrise de l'énergie de 2007. Il s'agit de l'utilisation d'une ressource incluse dans le domaine de compétence de la Collectivité Territoriale de Corse.

L'émergence de projets thermodynamiques s'est manifestée en Corse dès l'appel d'offres lancé par la CRE, au niveau national en juillet 2009, destiné au départ à doter toutes les régions de France d'au moins une centrale photovoltaïque au sol. Cet appel avait été élargi pour la Corse et les DOM aux technologies solaires en général, avec une obligation de stockage afin de sortir du caractère fatal habituellement rencontré. « *Bien que déclaré infructueux au plan national par la CRE, cet appel d'offre a mis en exergue la nécessité, voire l'urgence pour la Corse, de progresser dans l'étude des différentes technologies contribuant au stockage de l'énergie. Les différents procédés faisant appel au solaire thermodynamique constituent incontestablement une filière à fort potentiel.* » (C.T.C, 2011).

En février 2011, l'Assemblée de Corse a décidé d'encadrer strictement le développement d'au maximum 2 projets de centrales solaires thermodynamiques à vocation de démonstrateurs. Ils doivent permettre « *une confirmation scientifique et économique* » de cette technologie. Les projets susceptibles de bénéficier d'un avis favorable doivent obligatoirement respecter trois critères prévus par l'assemblée :

- l'avis favorable motivé de la Chambre Régionale d'Agriculture, incluant d'éventuelles recommandations au regard des impacts potentiels générés par le projet et des éventuelles mesures d'atténuation prévues par l'opérateur ;

- le provisionnement de garanties financières par l'opérateur (caution bancaire) préalablement à la construction ;
- l'engagement de l'opérateur vis-à-vis du caractère non fatal de la production.

### 2.5.3.1 La technologie thermodynamique ou solaire à concentration

Elle consiste à transformer le flux d'irradiation solaire en chaleur afin de l'utiliser pour générer de l'électricité.

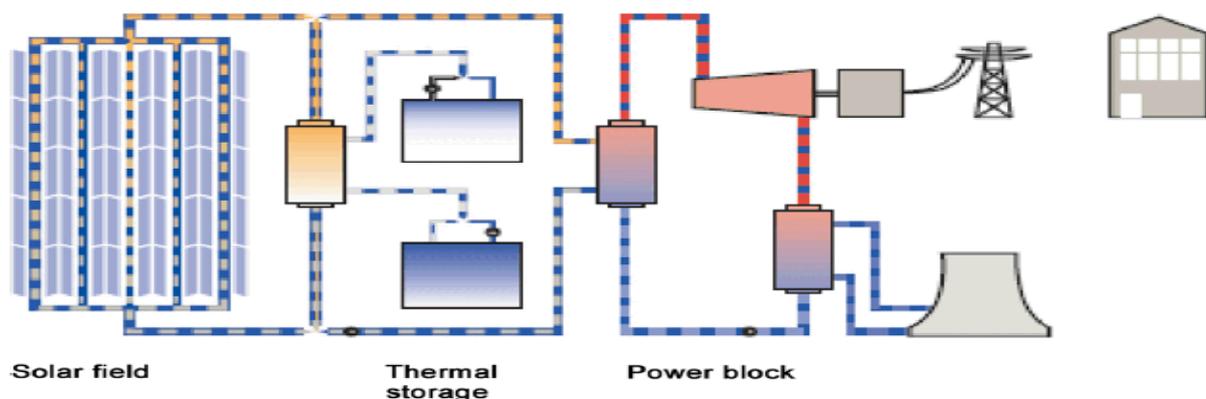
Il existe plusieurs procédés qui se retrouvent à différents stades de développement, plus ou moins matures :

- La collecte et la concentration du flux solaire pour chauffer le fluide de transfert.
- La production de chaleur, avec le cas échéant un système de stockage.
- La conversion de chaleur en électricité.

Les technologies éprouvées permettent de couvrir une gamme de puissance très large, allant de quelques kWc à 500 MWc. Cette gamme de puissances est couverte par quatre grandes technologies qui sont classées dans la catégorie des CSP (Concentrating Solar Power).

### 2.5.3.2 Centrale solaire à miroirs cylindro paraboliques

La littérature scientifique portant sur les CSP est abondante. Les principes de fonctionnement y sont méticuleusement détaillés.



**FIGURE 9.1 SCHEMA DE FONCTIONNEMENT D'UNE CENTRALE SOLAIRE A MIROIRS CYLINDRO PARABOLIQUES (MCP)**

Extrait T.M. Pavlović et al. / *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16 (2012) 3891–3902

Il existe actuellement une vingtaine de centrales utilisant cette technologie. Elles sont principalement concentrées en Espagne et aux USA. Il existe aussi des unités en Iran, Italie, Egypte, Maroc, Inde et Algérie.

La centrale Solanova en Espagne, d'une capacité de 150 Mw, est la plus grosse centrale européenne en activité (Poullikkas, 2009).

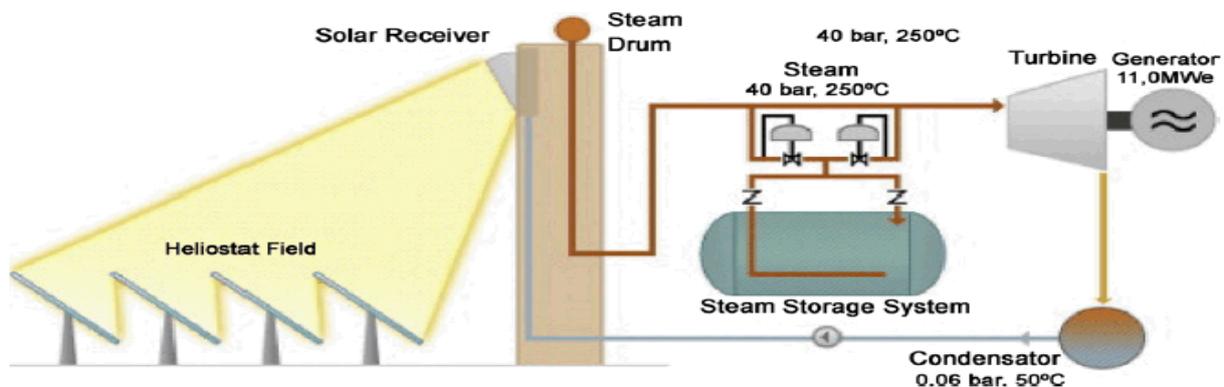
CSP plants	Active	In construction
With parabolic troughs	20	27
With solar tower	5	2
With parabolic dishes	1	1
With Fresnel reflectors	3	1
Total	29	31

**TABLEAU 10.9 CENTRALE THERMODYNAMIQUE DANS LE MONDE**

Extrait T.M. Pavlović et al. / *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16 (2012) 3891–3902

### 2.5.3.3 Centrale solaire à tour

Les « Solar Tower » sont souvent présentés par les grands médias. L'esthétisme visuel qu'elles renvoient attire souvent l'attention des professionnels de l'image. Il existe pourtant très peu d'expérimentation à travers le monde. Le principe de fonctionnement est très simple.



**FIGURE 9.2 SCHEMA DE FONCTIONNEMENT D'UNE CENTRALE SOLAIRE A TOUR**

Extrait T.M. Pavlović et al. / *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16 (2012) 3891–3902

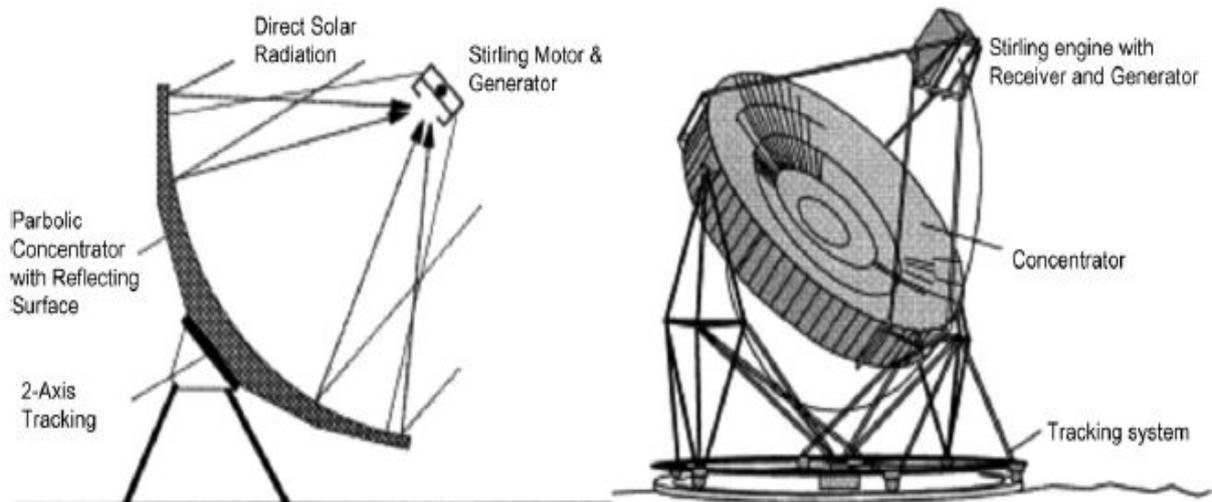


**FIGURE 9.3 VUE AERIENNE D'UNE CENTRALE SOLAIRE A TOUR**

Extrait de la base de données de Google Image.

Il existe cinq centrales à tours solaires en activité à travers le monde : trois en Espagne, une aux USA et une en Allemagne. La plus productive d'Europe est « Planta Solar 20 » qui peut fournir 20 MW. Elle est basée en Andalousie à proximité de Séville en Espagne.

### 2.5.3.4 Centrale Dish Stirling paraboliques



**FIGURE 9.4 SCHEMA DE FONCTIONNEMENT D'UNE UNITE DISH STIRLING PARABOLIQUES**

Extrait T.M. Pavlović et al. / *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16 (2012) 3891–3902

La puissance d'une unité peut varier de 5 à 50 kW. L'efficacité du système ci-dessus est relativement faible, néanmoins les perspectives d'optimisation qui en découlent permettent d'entrevoir de belles perspectives d'utilisations.

La seule centrale actuellement en activité est basée en Arizona, USA. Elle est l'œuvre de Maricopa Solar, 60 unités peuvent fournir 1,5 MW.

(Cavallaro, 2009) (Ab Kadir et al., 2010) (Poullikkas 2010)

Name	Maricopa Solar
Location	Peoria, AZ
Lat/long location	33°33'31,0" North, 112°13'7,0" West
Capacity	1,5 MW
Land area	15 acres
# of dishes	60
Dish description	Each SunCatcher produces 25 kW of power
Dish manufacturer (model)	Stirling Energy Systems (SES) (SunCatcher™)

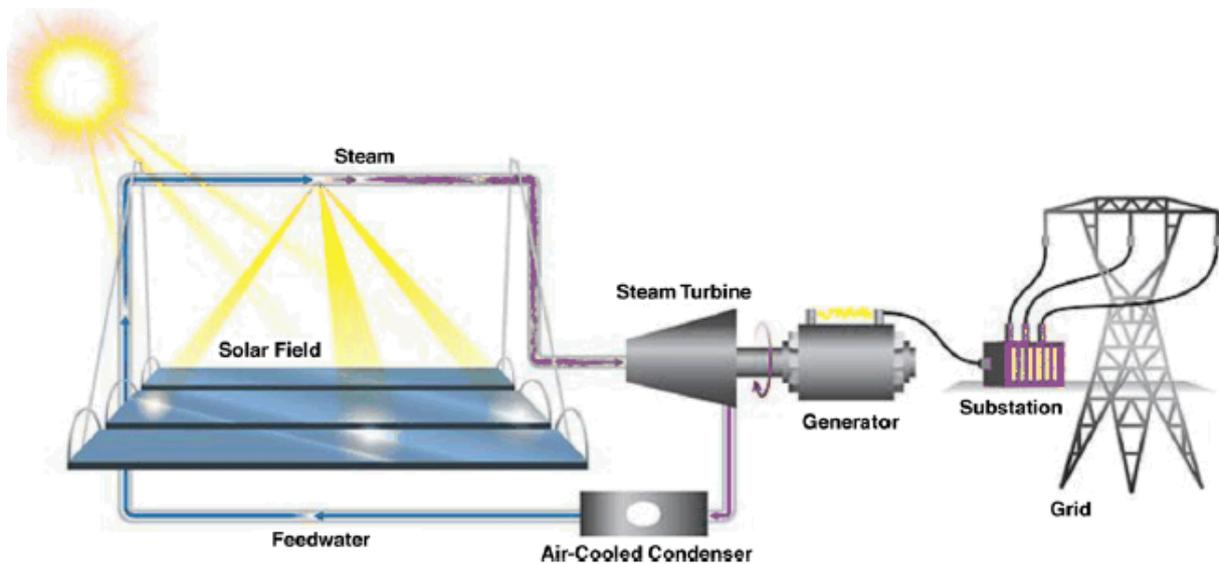
**TABLEAU 11 CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DE LA CENTRALE MARICOPA SOLAR**

Extrait T.M. Pavlović et al. / *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16 (2012) 3891–3902

### 2.5.3.5 Centrale solaire à miroirs de Fresnel

La centrale solaire Fresnel est composée de réflecteurs Fresnel qui reflètent l'irradiation solaire dans un cylindre parabolique parcouru par un circuit d'eau qui, une fois chauffée, alimente une turbine couplée à un générateur afin de produire de l'électricité.

(Ummadisingu, 2011) (Sharma, 2011)(Ab Kadir et al, 2010)(Braun, 2011)



**FIGURE 9.5 SCHEMA DE FONCTIONNEMENT D'UNE CENTRALE SOLAIRE FRESNEL**

Extrait T.M. Pavlović et al. / *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16 (2012) 3891–3902

Il existe actuellement trois centrales en activité utilisant les réflecteurs Fresnel. En Espagne, à Calasparra, la centrale Puerta Errado 1, mise en fonction en avril 2009, peut fournir 1,4 MW.

Name	Puerta Errado 1 Thermosolar Power Plant (PE1)
Location	Calasparra, Spain
Lat/long location	38° 16' 42,28" North, 1° 36' 1,01" West
Capacity	1.4 MW
Land area	7 ha
# of lines	2
Line length	806 m
Mirror width in line	16 m
Collector manufacturer	Novatec Solar España S.L. (Nova-1)
Heat-transfer fluid type	Water
Solar-field inlet temp	140 °C
Solar-field outlet temp	270 °C
Power cycle pressure	55 bar

**TABLEAU 11.1 CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DE LA CENTRALE PUERTA ERRADO**

Extrait T.M. Pavlović et al. / *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16 (2012) 3891–3902

Les différentes technologies thermodynamiques présentent l'immense avantage de ne pas être couplées aux ressources finies de notre monde. La plupart de ces solutions énergétiques permettent de valoriser l'irradiation solaire. La Corse est un territoire riche en ensoleillement qui bénéficie d'une configuration énergétique propice à l'expérimentation.

Cependant, l'appel d'offre lancée par la C.T.C n'a pas eu l'impact souhaité car aucun projet n'est finalement sorti de cette initiative. Pour autant, nous avons vu précédemment que les compétences intrinsèques de la C.T.C lui permettent de réaliser ce type de projets.

Il existe donc encore une marge de manœuvre conséquente pour avancer dans la réalisation de projets utilisant des énergies renouvelables.

La région Corse se trouve face à un dilemme, plusieurs directions peuvent être entrevues.

La première est celle dans laquelle nous sommes embarqués; elle n'est pas irréversible mais semble avoir retenu l'attention des décideurs certainement par manque d'informations. Elle se contente d'entreprendre un renouvellement des outils de production existant, en remplaçant sommairement le combustible principal de l'île par du fioul léger, dont le bilan environnemental et sanitaire est médiocre (Jacobson et al, 2011).

Cette voie fait le choix d'établir une nouvelle dépendance pour le territoire insulaire Corse, en acheminant par gazoduc une ressource venue d'Algérie. L'utilisation du gaz d'Algérie ou d'ailleurs conditionnera le devenir énergétique de la Corse et repoussera plus loin encore le choix d'avancer dans la valorisation des ressources énergétiques locales.

Dans les orientations cadres du devenir énergétique de l'île, les énergies renouvelables se trouvent confrontées à une limite inscrite dans les dispositions légales : elles concernent la limite théorique de 30 % d'intégration d'énergie dite « fatale » sur le réseau.

Dans cette configuration, qui est celle existante, nous avons atteint le maximum d'intégration « d'énergie fatale » et des solutions de stockage doivent être entrevues par les producteurs pour parvenir à s'intégrer sur le réseau (c'est le cas de l'appel d'offre thermodynamique qui n'a retenu aucun projet).

L'inconvénient de cette approche est qu'il est impossible aujourd'hui de sortir un projet économiquement compétitif qui intègre production et stockage sur le site, sans être soutenu par une aide financière extérieure. Dans la simple formulation de cette démarche apparaît un bémol, car comment deux fonctions, que sont la production et le stockage, peuvent rentrer en compétition économique avec une seule fonction qui est la production?

L'approche courante consiste à faire intégrer les solutions de stockage aux producteurs, alors que c'est l'ensemble du « système énergétique » qui devrait être concerné par le stockage. C'est ainsi qu'apparaît une deuxième voie envisageable.

Cette approche propose de s'affranchir des contraintes d'intégration, en mutualisant le stockage des énergies « fatales » dans des STEP marines ou terrestre.

Il s'agit ici d'utiliser pleinement les compétences attribuées à la C.T.C pour valoriser l'ensemble des ressources disponibles et aller aussi loin que possible dans leurs utilisations.

L'eau en Corse contribue déjà de façon significative à la fourniture en électricité des consommateurs de l'île; l'eau peut aussi permettre une intégration nettement plus importante des autres énergies renouvelables dans le mix énergétique de l'île.

L'utilisation des STEP marines ou terrestres, solution éprouvée de stockage, qui rétribueraient l'excédent de production renouvelable sur le réseau doit être géré par le gestionnaire de réseau.

Du fait de la nouvelle organisation du marché de l'électricité, il est possible pour le gestionnaire de réseau de déployer une offre de stockage par le biais des STEP et assurer une gestion optimale du stockage. Est également offerte la possibilité de se servir des mécanismes existants en augmentant provisoirement la CSPE, afin de financer les infrastructures de stockage de l'énergie.

Il existe encore bien des moyens pour réaliser l'objectif d'intégration du développement durable dans le domaine de la fourniture d'électricité. Cette approche génère des gains environnementaux, sociaux, économiques, politiques et sanitaires. Elle peut être complétée par des efforts d'interconnexion sur le réseau, afin d'aller encore plus loin dans l'intégration d'énergies renouvelables locales sur le réseau et la mutualisation des efforts d'investissement.

#### **2.5.4 Programmation Pluriannuelle des Investissements de production d'électricité 2009-2020**

En introduction du rapport au parlement concernant la Production pluriannuelle d'investissement d'électricité, il est écrit que « *l'ambition Française exige un vaste plan d'action pour ne plus subir les hausses intempestives et durables du prix des énergies fossiles et réduire le poids des émissions de CO<sup>2</sup> issues du secteur énergétique.* » (PPI, 2009).

Les dispositions législatives prévoient que le gouvernement remette au parlement trois documents, le premier concerne la production électrique (Programmation Pluriannuelle des Investissements de production électrique - "PPI électricité"), le deuxième concerne la chaleur (Programmation Pluriannuelle des Investissements de production de chaleur - "PPI chaleur"), le troisième concerne les infrastructures de gaz naturel (Plan Indicatif Pluriannuel des investissements dans le secteur du gaz - "PIP gaz").  
(PPI électricité, 2009) (PPI chaleur, 2009) (PPI gaz, 2009)

C'est la première PPI qui retient notre attention, et tout particulièrement celle des zones non interconnectées dont la Corse fait partie. On y souligne la pertinence et la primauté de la maîtrise de la demande d'énergie et le développement des énergies renouvelables.

*« La PPI soutient le développement des énergies intermittentes dans la limite d'acceptabilité du réseau, en veillant aux conflits d'usages des terres agricoles pour les centrales photovoltaïques au sol. Au-delà de cette limite, le développement des capacités de stockage sera nécessaire et une réflexion technique plus approfondie et plus spécifique à chaque territoire devra être menée lorsqu'on approche cette limite »*

Nous avons vu que cette limite a été atteinte en Corse en juin 2012, et qu'une anticipation a été prévue par la PPI de 2009 pour réfléchir à un développement approfondie des énergies renouvelables.

Le PPI rappelle les fondamentaux, en évoquant la nécessité d'un mix énergétique et environnemental équilibré. Il propose une promotion des énergies renouvelables stables et non intermittentes et rappelle que les centrales thermiques classiques seront déclassées et renouvelées par des installations moins polluantes et moins émettrices de CO<sub>2</sub> entre 2010 et 2014. En Corse, les centrales du Vazzino et de Lucciana sont concernées.

#### **2.5.4.1 Les moyens de production**

En Corse, la production de base est assurée par deux centrales : la centrale du Vazzino d'une puissance de 132 MW (7 moteurs diesels fioul lourd de 19 MW) et la centrale de Lucciana d'une puissance de 55 MW (5 moteurs diesels fioul lourd de 11 MW).

Pour la production de pointe, il existe quatre turbines à combustion (TAC) sur le site de Lucciana : trois TAC de 25 MW et une nouvelle TAC de 40 MW mise en service en novembre 2008.

Comme prévu dans l'ancien document concernant la PPI d'électricité de 2006, EDF a confirmé sa décision de déclasser les moteurs diesels de Lucciana en 2011, et les moteurs du Vazzino fin 2012.

Les deux centrales doivent être renouvelées par des centrales de 120 MW chacune respectivement dans les zones de Bastia et d'Ajaccio. Ces nouvelles centrales sont destinées à fonctionner au fioul lourd mais sont convertibles au gaz naturel (avec une perte de puissance d'environ 5 %) si le projet GALSI se réalise un jour et que la Corse y est raccordée.

A ce jour, le terrain de la nouvelle centrale de Lucciana a été identifié et le renouvellement se déroule comme prévu. Le lieu d'implantation de la nouvelle centrale de Corse du Sud est prévu sur les territoires des communes d'Ajaccio et de Basteliccia.

(Préfecture de Corse du Sud, 2011)(EDF Production Electrique Insulaire SAS, 2010)

Concernant les énergies renouvelables, la PPI introduit le parc hydraulique Corse qui est réparti sur trois vallées pour une puissance totale de 135,5 MW.

- L'aménagement du Prunelli qui constitue un ensemble de 39,3 MW avec en tête le barrage de Tolla (capacité utile 31,5 hm<sup>3</sup>) puis successivement les usines hydrauliques de Tolla (15,6 MW), d'Ocana (15,1 MW) et de Pont de la Vanna (8,6 MW) ;
- L'aménagement du Golo qui constitue un ensemble de 56,8 MW avec en tête l'usine au fil de l'eau de Sovenzia (15,3 MW), puis le barrage de Calacuccia (capacité utile 23,3 hm<sup>3</sup>), puis successivement les usines hydrauliques de Corscia (13 MW) et de Castirla (28,5 MW) ;
- L'aménagement du Fium'Orbo constituée du barrage de Sampolo (capacité utile 1,6 hm<sup>3</sup>) et d'une usine hydraulique de 43 MW.

Le projet d'aménagement du Rizzanese est en cours de réalisation pour une puissance de 55 MW et une capacité utile de 1 hm<sup>3</sup>. La mise en service est prévue en 2012.

La Corse possède également de nombreux ouvrages de petite hydraulique fonctionnant au fil de l'eau pour une puissance totale installée de 21,8 MW.

La PPI rappelle aussi que la Corse possède 18 MW d'éolien répartis sur les sites d'Ersa (7,8 MW), Rogliano (4,2 MW) et Calenzana (6 MW).

En 2009, lors de la réalisation du document, le solaire photovoltaïque était marginalement implanté sur le territoire Corse.

La PPI finit son introduction des moyens de productions en déterminant que la petite hydraulique et le biogaz pourraient se développer à l'horizon de la PPI à hauteur de 8 à 16 MW et 2 MW respectivement.

#### **2.5.4.2 Les interconnexions**

Elles sont abordées par le biais des liaisons existantes. La Corse possède deux interconnexions qui assurent une alimentation essentielle de l'équilibre offre-demande électrique du système de l'île.

La liaison SACOI (Sardaigne-Corse-Italie) - liaison à courant continu entre l'Italie et la Sardaigne, majoritairement sous-marine - a été mise en service dans les années 60. Celle-ci emprunte un tracé aérien le long de la côte orientale de la Corse et permet de fournir en base une puissance de 50 MW au système électrique corse.

La liaison SARCO (Sardaigne-Corse) - liaison sous-marine à courant alternatif reliant directement la Sardaigne et la Corse - a été mise en service en janvier 2006.

Actuellement la Corse peut importer jusqu'à 80 MW en hiver mais les contraintes sur le réseau Nord Sardaigne limitent fortement les possibilités d'import l'été.

Des travaux sont en cours pour augmenter la puissance à 100 MW à l'horizon 2010.

### **2.5.4.3 Le projet GALSI et les possibilités de raccordement de la Corse**

Le GALSI (Gazoduc Algérie – Sardaigne – Italie) est un consortium rassemblant la Sonatrach (41,6%), des opérateurs énergétiques européens comme Edison (20,8%, filiale d'EDF), Enel power (15,6%), Hera Group (10,4%) et une société sarde SFIRS (11,6%) pour l'alimentation du marché italien en gaz algérien au travers d'un nouveau gazoduc sous-marin.

D'une longueur de 1470 km, le gazoduc acheminera le gaz naturel du gisement géant de gaz d'Hassi R'mel en Algérie vers l'Italie du Nord après avoir desservi la Sardaigne.

Le GALSI doit également permettre le raccordement de la Corse au gaz naturel.

L'approvisionnement de l'île ne constituerait qu'un volume marginal de la capacité totale de ce gazoduc (de l'ordre de 5% à terme). Les gisements de consommation de gaz naturel en Corse seraient en premier lieu la production d'électricité (plus de 90% de la demande potentielle) et dans une moindre mesure les réseaux de distribution publique existants à Ajaccio et à Bastia.

Les travaux préparatoires de la PPI ont permis d'identifier une forte opposition locale à la construction d'une centrale au fioul lourd dans le voisinage d'Ajaccio. L'arrivée du gaz naturel en Corse permettrait de faire fonctionner les centrales de Lucciana et du Vazzino au gaz et donc de réduire leur impact environnemental en termes d'émissions de CO<sub>2</sub>, de SO<sub>2</sub> et de NO<sub>x</sub>. Cependant, malgré des caractéristiques qui peuvent paraître séduisantes, le GALSI déplace les vraies questions sur le devenir énergétique de l'île à une échéance plus lointaine.

Suite à la demande du gouvernement, une convention a été signée entre GRTgaz et EDF pour la réalisation d'une étude de faisabilité sur le raccordement de la Corse au GALSI.

Cette étude a pour objectif, d'une part, d'analyser la faisabilité technique et, d'autre part, d'évaluer le coût du raccordement de la Corse.

(Concertation Cyrenée, 2012)

### **2.5.4.4 Conclusion de la PPI**

*« La PPI souligne que le renouvellement de la centrale de Lucciana en 2011 et de la centrale du Vazzino en 2012 est indispensable pour assurer l'équilibre offre-demande électrique en Corse à court et moyen terme. La réalisation de ces nouvelles centrales dans les plus brefs délais est donc nécessaire. Ces centrales pourraient fonctionner dans un premier temps au fioul lourd puis être converties au gaz naturel si le raccordement de la Corse au GALSI se réalise. A cet horizon, une décision devra être prise, en intégrant ses différentes dimensions politiques, en matière d'énergie, d'environnement et de sécurité mais également d'aménagement du territoire et d'emploi.*

*La PPI rappelle que la réalisation de la centrale hydraulique du Rizzanese à l'horizon 2012 est également nécessaire à l'équilibre offre-demande électrique corse.*

*La PPI est favorable à la réalisation des projets photovoltaïques dans la limite d'acceptabilité du réseau et à la réalisation des projets de petite hydraulique et de biogaz. Par ailleurs, la PPI recommande également de lancer un appel d'offre éolien en Corse.*

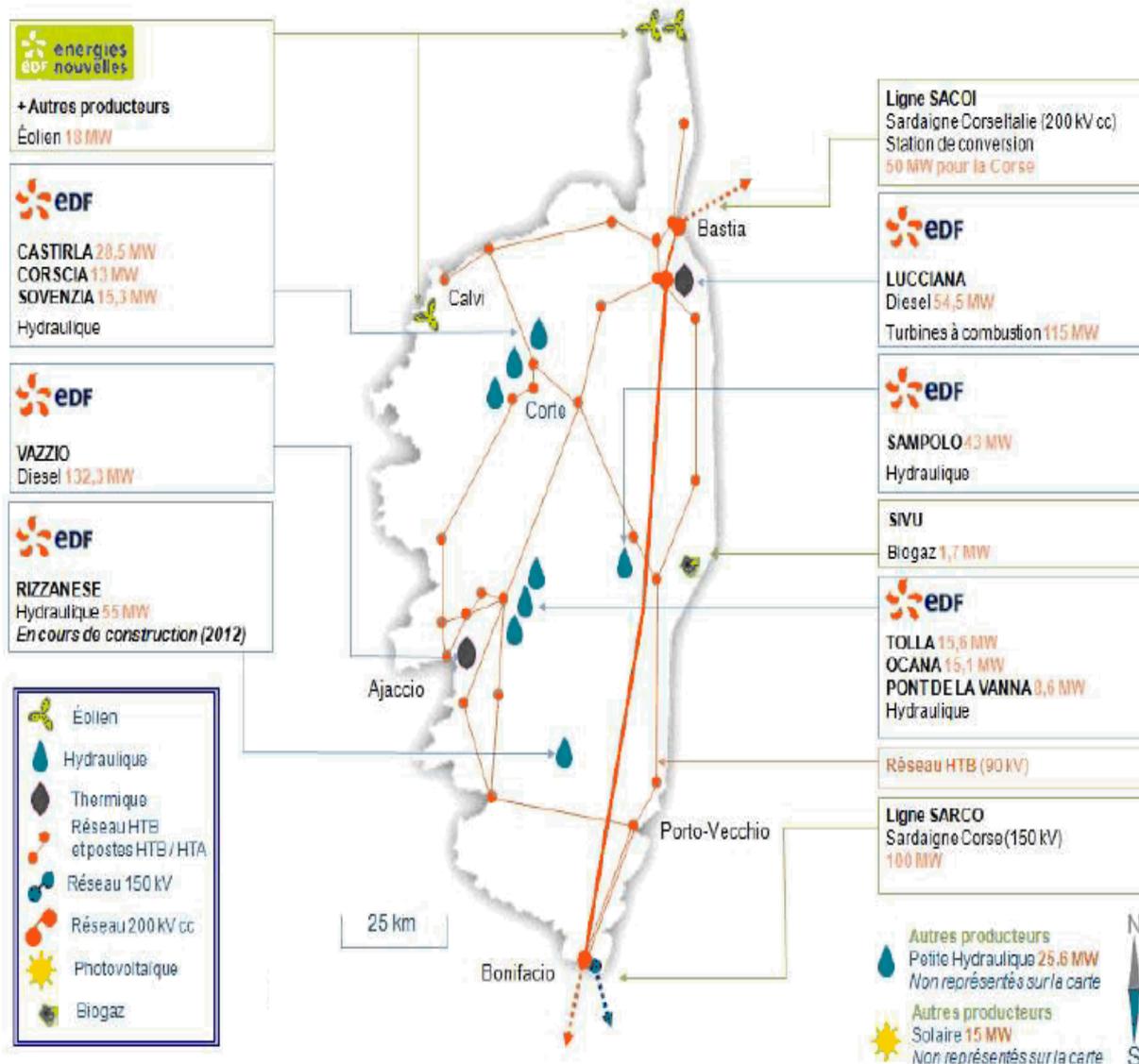
### **2.5.5 Bilan prévisionnel de l'équilibre offre demande d'électricité en Corse**

Les éléments d'analyse du bilan sont issus des données de 2011 établies par EDF conformément à l'article 6 de la loi relative à la modernisation et au développement du

service public de l'électricité du 10 Février 2000 et au décret du 20 septembre 2006 en tenant compte des spécificités de la Corse.

### 2.5.5.1 La consommation

Le système électrique Corse s'établit sur une superficie de 8.680 km<sup>2</sup>.



**FIGURE 9.6 SCHEMA DU SYSTEME ELECTRIQUE EN CORSE**

Extrait du Bilan prévisionnel de l'équilibre offre/demande d'électricité en Corse

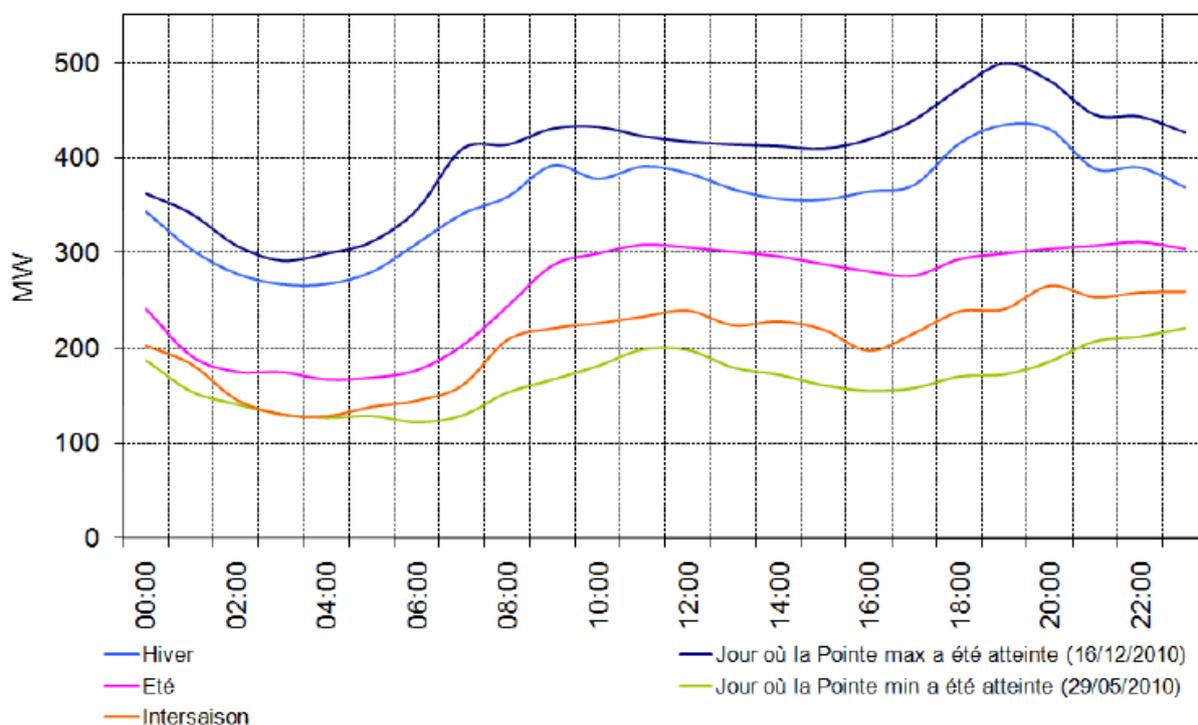
La demande d'électricité en Corse subit les aléas climatiques. EDF estime que 37 % de la consommation est dépendante du climat (saisonnalité, température, nébulosité,...) par l'intermédiaire du chauffage, l'hiver (24%) et de la climatisation, l'été (13%).

En 2010, l'énergie nette livrée aux consommateurs s'est élevée à 2212 GWh. EDF répartit cette consommation selon sa clientèle.

- 73% au tarif bleu (comprenant les clients domestiques et les petits volumes de consommation en tertiaire).
- 27% aux tarifs verts (comprenant l'industrie et les grands consommateurs en tertiaire) et au tarif jaune pour le reste du tertiaire.

En 2010, le mois de décembre accueillait la pointe maximale de consommation de 500 MW. Cette même année, les pertes totales du réseau (différence entre l'énergie livrée sur le réseau et l'énergie consommée par les clients raccordés) ont atteint 14,4 %, soit 318 GWh de l'énergie délivrée sur le réseau.

Ci-dessous la courbe de charge illustrant les variabilités climatiques évoquées précédemment. Les différentes courbes mettent en relief la charge journalière d'hiver, d'été et d'intersaison.



**TABLEAU 11.2 COURBES DE CHARGE JOURNALIERE EN CORSE POUR L'ANNEE 2010**  
Extrait du Bilan prévisionnel de l'équilibre offre/demande d'électricité en Corse

Pour la Corse, la variabilité de la puissance de pointe dépendra de façon significative des conditions météorologiques.

Cependant, on constate une évolution sur la moyenne annuelle des dix dernières années de l'ordre de 15 MW par an.

Nous avons évoqué brièvement les efforts d'EDF visant à atténuer cette hausse frénétique de la consommation d'électricité. Pour EDF, ces efforts sont inclus dans la maîtrise de la demande d'électricité, appelée plus couramment MDE.

EDF relate dans son bilan qu'en 2010 :

- 710 chaudières au gaz à haut rendement ont été installées et 350 logements sont passés du chauffage électrique au chauffage à gaz résidentiel.
- 670 inserts ou foyers bois ont été installés.
- 575 chauffe-eaux solaires individuels.
- 43 000 lampes à économie d'énergie.
- 20 000 m<sup>2</sup> d'isolation ont été posés en résidentiel et 23 000 m<sup>2</sup> dans l'industrie, le tertiaire et chez les professionnels.
- 3500 MW de gaz sont venus se substituer à l'électricité en tertiaire.

Il existe aussi une panoplie de solution MDE dont le bilan ne fait pas écho. L'ADEME joue aussi un rôle déterminant dans la diffusion de l'information auprès du grand public.

En revanche les médias locaux ne portent pas suffisamment leurs attentions sur les solutions efficaces permettant de découpler les ressources finies de nos consommations d'énergies.

Nous avons déjà déterminé le rôle fondamental de l'information pour s'orienter vers une économie du développement durable.

Aujourd'hui l'information pertinente associée au développement durable est le levier le plus important, existant dans la diffusion des solutions, dont l'efficacité économique, sociale et environnementale n'est plus à prouver.

Nous reviendrons sur les tendances prévisionnelles de consommations fournies par EDF dans le bilan après avoir présenté la fonction de production.

### 2.5.5.2 La production

En Corse, l'alimentation en électricité est basée sur la production thermique, les énergies renouvelables et l'importation.

La production thermique se compose des moyens de production de base et des moyens de pointe.

Les moyens de base sont assurés par la centrale EDF du Vazzino, qui comporte 7 moteurs diesel lent RND90M du constructeur Suisse Sulzer équipés de dénitrification des fumées (7 fois 18,9 MW soit 132,3 MW), mis en service entre 1981 et 1988.

La centrale EDF de Lucciana assure le complément de production de base avec 5 moteurs diesel Pielstick PC3 de la compagnie allemande MAN, (10,9 MW l'unité pour un total de 54,5 MW).

(Sulzer, 2012)(Man, 2012)

Le site de Lucciana concentre aussi des moyens de production de pointe: il s'agit d'une Turbine à combustion de 40 MW. Trois TAC de 25 MW unitaire sont prévus pour un usage de secours en cas d'augmentation soudaine de la demande.

Le déclassement des outils de production interviendra lors du remplacement des centrales.

Site	Technologie	Année de mise en service	Puissance installée (MW)
Vazzino	Diesel	1981/1988	132,3 7x18,9 MW
Lucciana	Diesel	1973-1978	54,5 5 x 10,9 MW
Lucciana	TAC	1972 <sup>1</sup> , 1974 <sup>1</sup> et 1996	75 3 x 25 MW
Lucciana	TAC	2008	40

**TABLEAU 11.3 SYNTHESSES DES MOYENS DE PRODUCTION**

Extrait du Bilan prévisionnel de l'équilibre offre/demande d'électricité en Corse

Le mix énergétique Corse comprend aussi des énergies renouvelables comprenant des ouvrages de production hydraulique de grandes capacités.

Site	Année de mise en service	Puissance installée (MW)
Tolla	1961	15,6
Ocana	1961, 1965	15,1
Pont de Vanna	1995	8,6
Sovenzia	1971	15,3
Corscia	1971	13
Castirla	1968-1971	28,5
Sampolo	1991	43

**TABLEAU 11.4 OUTILS DE PRODUCTION DE GRANDE HYDRAULIQUE EN CORSE**  
Extrait du Bilan prévisionnel de l'équilibre offre/demande d'électricité en Corse

Le parc hydraulique sera complété par la mise en service du Rizzanese d'une capacité de 55 MW.

EDF rappelle dans son bilan que l'ensemble des moyens de production de la grande hydraulique est modulaire : les démarrages et le fonctionnement des sites sont gérés en fonction de la demande électrique.

Le territoire insulaire comprend aussi de nombreux ouvrages de taille plus modeste fonctionnant au fil de l'eau.

Site	Date de mise en service	Puissance installée (MW)
Asco	Avril 1999	5,4
Quenza	Avril 2004	0,7
Bocognano	Octobre 1997	2,1
Lucciana	Avril 2004	1
Giuncaggio	Mars 2003	2,1
San Giuliano	Mars 2004	1,5
Soccia	Février 1987	0,8
Soccia	Décembre 1998	1,1
Valle di Rostino	Avril 1999	1,5
Sartene	Août 2002	0,6
Olivese	Décembre 2005	1,3
Zicavo	Juin 2011	3,6
Pont de Calzola	Avril 2010	0,4
Cargiaca	Avril 2003	3,5
<b>TOTAL</b>		<b>25,6</b>

**TABLEAU 11.5 OUTILS DE PRODUCTION DE PETITE HYDRAULIQUE EN CORSE**  
Extrait du Bilan prévisionnel de l'équilibre offre/demande d'électricité en Corse

Les ouvrages de petite hydraulique ne sont pas modulables néanmoins on peut aisément prévoir le volume de production. La fluctuation de la ressource est moins importante que pour le soleil ou le vent.

Le mix électrique comprend aussi une centrale biogaz de 1,7 MW installée et mis en service depuis avril 2009 sur le site de Tallone en Haute-Corse.

Le reste des énergies renouvelables présentes en Corse sont considérées comme intermittente.

L'éolien et le photovoltaïque raccordés au réseau occupent aussi une place dans le mix énergétique Corse.

La Corse compte trois fermes éoliennes pour une puissance de 18 MW.

Site	Date de mise en service	Puissance installée (MW)
Ersa	Novembre 2000	7,8
Rogliano	Septembre 2000	4,2
Calenzana	Décembre 2003	6
<b>TOTAL</b>		<b>18</b>

**TABLEAU 11.6 PARC EOLIEN EN CORSE**

Extrait du Bilan prévisionnel de l'équilibre offre/demande d'électricité en Corse

A l'heure où EDF rédigeait son bilan prévisionnel, l'ensemble des installations photovoltaïques issues des initiatives régionales n'étaient pas encore intégrées au réseau.

Nous avons vu précédemment les contraintes d'intégration et le seuil admissible des 30% d'intégration des énergies intermittentes.

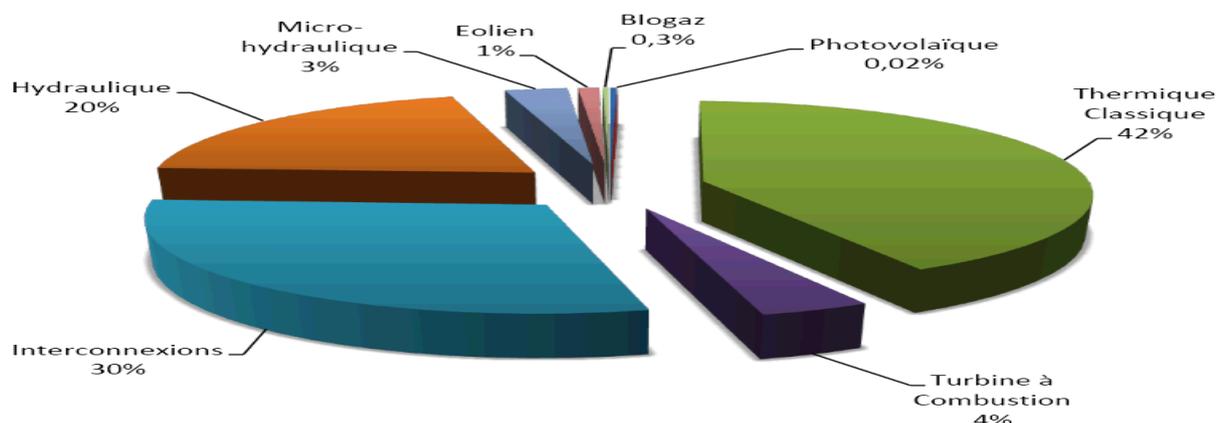
EDF mentionne dans son bilan que le seuil de 30% correspond à 80 MW et nous avons précisé que le plafond normatif d'intégration a été atteint en juin 2012.

EDF avance que des projets pourront encore se réaliser au-delà mais en étant soumis à la règle de la file d'attente. Lorsque la puissance d'énergie renouvelable atteinte dépasse le seuil des 30 % et que cela dure, le chargé de conduite d'EDF émet, via le système de téléconduite, les demandes de déconnexion, selon une règle simple : le dernier arrivé en file d'attente sera le premier à être déconnecté.

(EDF SEI, 2009)

En revanche les installations de très petite taille, les micro-installations (inférieure à 3 kVA) sont intégrées sans contrainte par le réseau.

Les données ci-dessous du photovoltaïque tendent à être revalorisées de façon significative.



**FIGURE 9.7 SEGMENTATION DES SOURCES DE PRODUCTION D'ENERGIE EN 2009**

Extrait du manuscrit de thèse de Cyril Voyant (Université de Corse ; UMR 6134(SPE))

### 2.5.5.3 Les importations

Il existe deux liaisons de raccordement entre la Corse, l'Italie continentale et la Sardaigne. EDF distingue un import de production, la liaison SACOI et une interconnexion, la liaison SARCO.

La liaison SACOI (Sardaigne-Corse-Italie) a été mise en service dans les années 60 entre l'Italie et la Sardaigne. Bien que majoritairement sous-marine pour la partie Corse, cette ligne emprunte un tracé aérien sur la façade est de la Corse. En 1986, une station de conversion continu/alternatif est venue assurer une puissance de soutirage de 50 MW en 200 kV continu pour la restituer en 90 kV alternatif.

L'échange d'énergie électrique entre les stations de conversion de Suvereto (Italie), de Lucciana (Corse) et de Codrongianos (Sardaigne) s'effectue sur une liaison HVDC multiterminale de 300MW. Le système multiterminal rend possible l'échange d'énergie entre plus de 2 stations de conversion.

La liaison SARCO (Sardaigne-Corse) est plus récente, elle a été mise en service en 2006. C'est une liaison sous-marine à courant alternatif qui depuis 2010 délivre une puissance allant jusqu' à 100 MW.

Exploitant	Site	Technologie	Fonctionnement	Puissance installée (MW)
Terna	SACOI / SCC	Import	Base	50
Terna	SARCO	Interconnexion	Base	100
EDF	Vazzino	Diesel	Base	132,3 7 x 18,9 MW
EDF	Lucciana	Diesel	Base	54,5 5 x 10,9 MW
EDF	Lucciana	TAC	Pointe	75 3 x 25 MW
EDF	Lucciana	TAC	Pointe	40
EDF	Tolla	Hydraulique	Pointe	15,6
EDF	Ocana	Hydraulique	Pointe	15,1
EDF	Pont de Vanna	Hydraulique	Pointe	8,6
EDF	Sovenzia	Hydraulique	Pointe	15,3
EDF	Corscia	Hydraulique	Pointe	13
EDF	Castirla	Hydraulique	Pointe	28,5
EDF	Sampolo	Hydraulique	Pointe	43
SIVU	Tallone	Biogaz	Fatal	1,7
(multiples)	(multiples)	Mini hydraulique	Fatal	25,6
(multiples)	(multiples)	Eolien	Intermittent	18
(multiples)	(multiples)	Photovoltaïque	Intermittent	15
<b>TOTAL</b>				<b>651,2</b>

**TABLEAU 11.7 RECAPITULATIF DE LA PUISSANCE TOTALE DISPONIBLE SUR LE RESEAU INSULAIRE**

Extrait du Bilan prévisionnel de l'équilibre offre/demande d'électricité en Corse

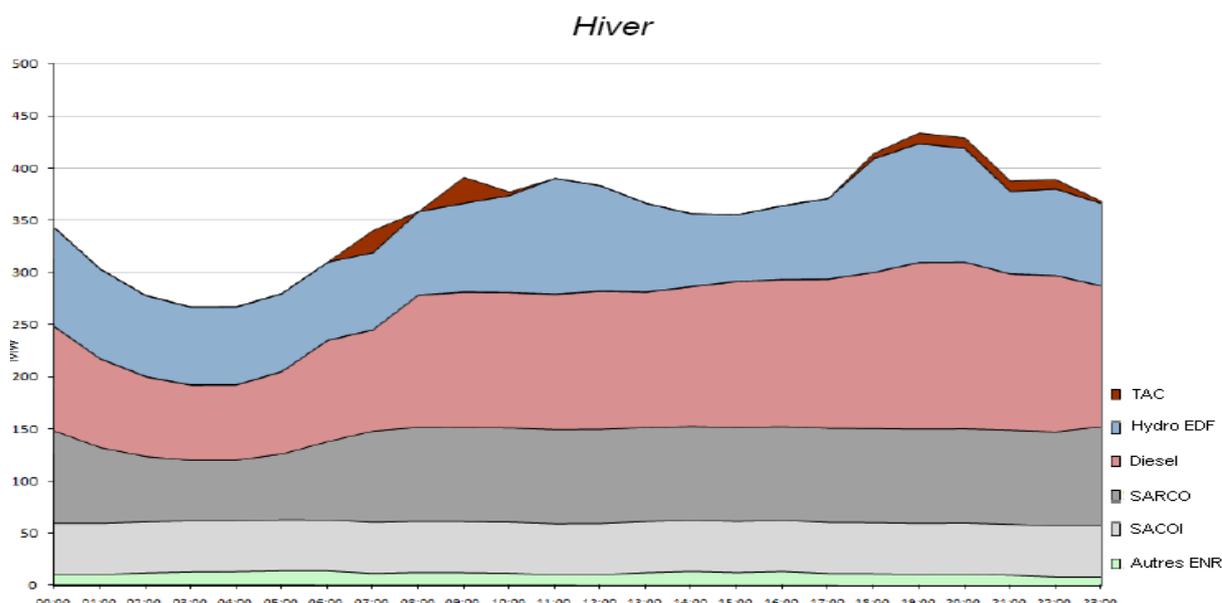
#### 2.5.5.4 Bilan énergétique

Le bilan énergétique élaboré par EDF Corse fournit trop peu d'information sur le système énergétique Corse. En comparaison, RTE propose un ensemble d'information dont la mise à disposition permet d'assimiler aisément les enjeux énergétiques de notre ère.

A défaut d'information abondante, nous présenterons les données pertinentes dont nous disposons.

### 2.5.5.5 Equilibre journalier

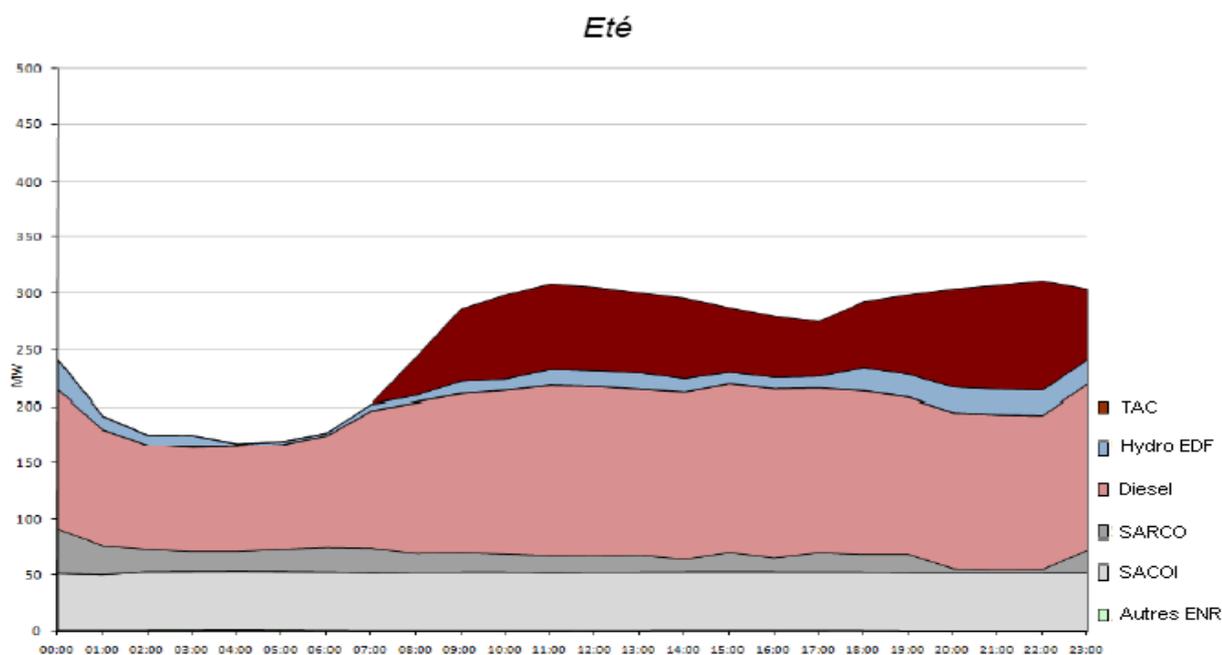
Les courbes d'équilibre reproduisent l'addition des moyens de production disponibles pour les niveaux de charge d'hiver, d'été et à l'intersaison. Les journées choisies sont volontairement les plus significatives des saisons.



**TABLEAU 11.8 EMPILEMENT DES MOYENS DE PRODUCTION DANS UNE JOURNEE D'HIVER**

Extrait du Bilan prévisionnel de l'équilibre offre/demande d'électricité en Corse

Les graphes permettent de mieux saisir le rôle de chaque « palier de production » avec le socle marginal des nouvelles EnR; les importations constituent principalement les énergies de base, les centrales diesels fonctionnent en base/semi base, l'hydraulique est sollicitée principalement pendant l'hiver et enfin les TAC apportent la fameuse pointe de consommation.

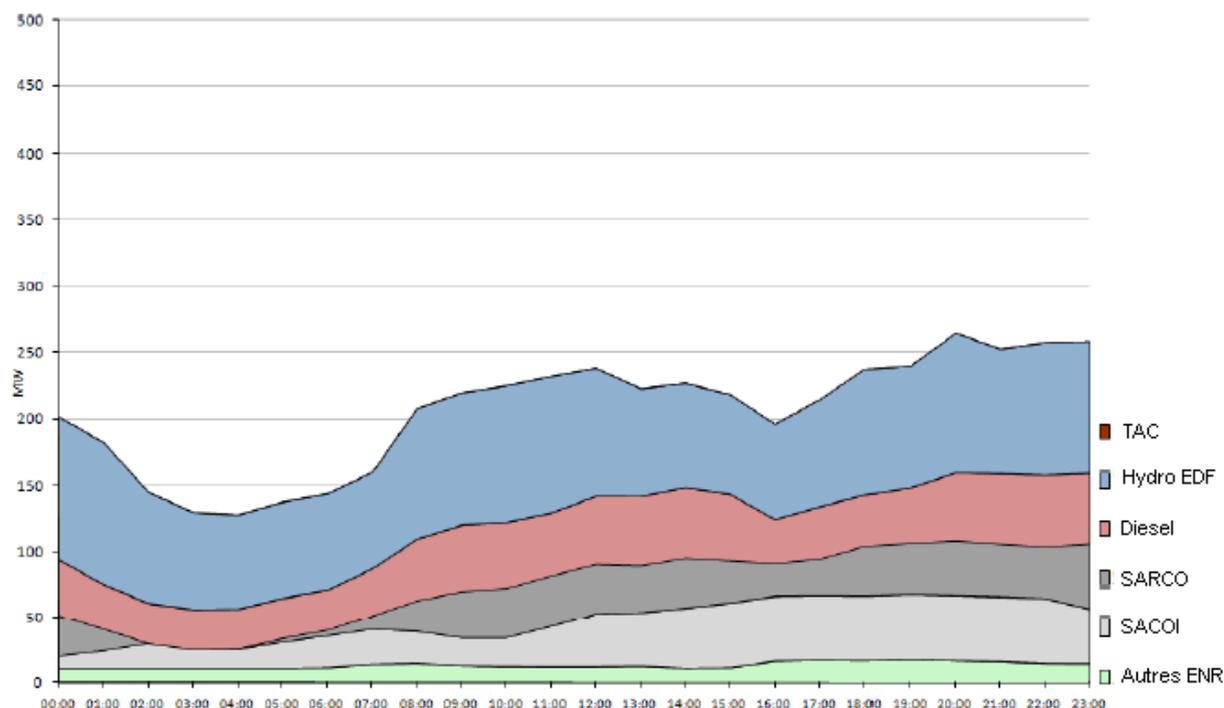


**TABLEAU 11.9 EMPILEMENT DES MOYENS DE PRODUCTION DANS UNE JOURNEE D'ETE**

Extrait du Bilan prévisionnel de l'équilibre offre/demande d'électricité en Corse

L'été la part d'hydraulique diminue considérablement alors que les EnR augmentent de façon significative.

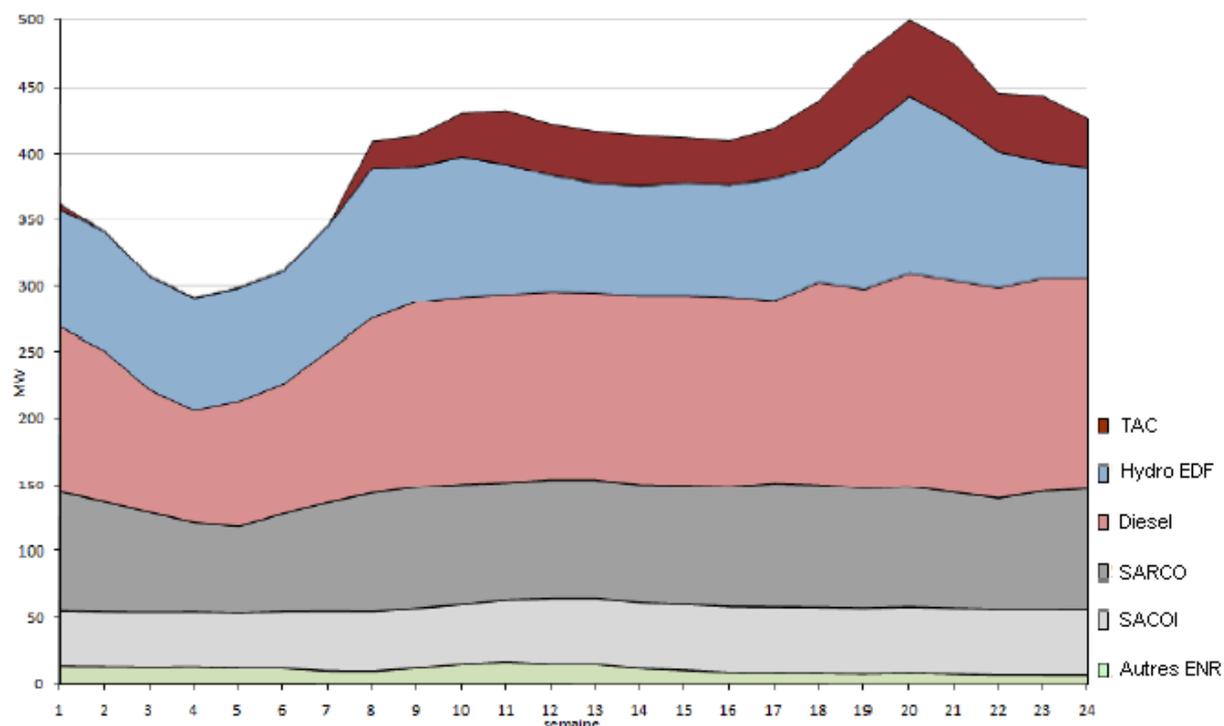
### Intersaison



**TABEAU 12 EMPILEMENT DES MOYENS DE PRODUCTION DANS UNE JOURNEE DE L'INTERSAISON**

Extrait du Bilan prévisionnel de l'équilibre offre/demande d'électricité en Corse

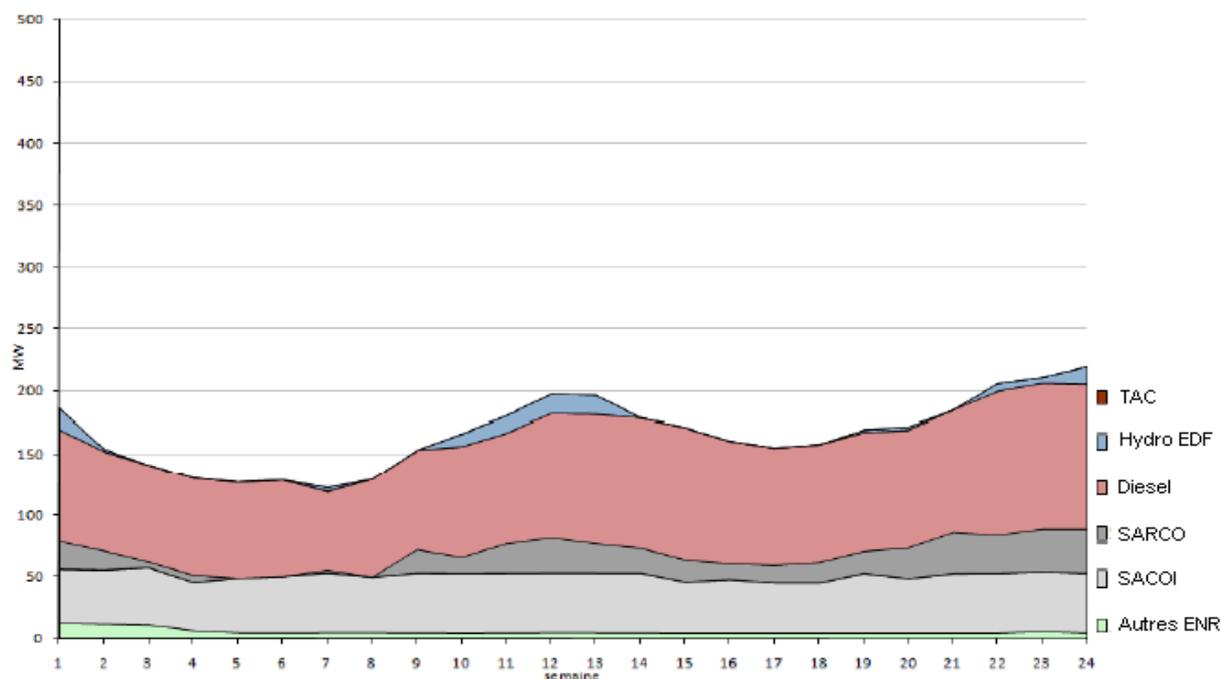
### Pointe max 2010 (16/12/2010)



**TABEAU 12.1 EMPILEMENT DES MOYENS DE PRODUCTION LORS DE LA POINTE MAX DE 2010**

Extrait du Bilan prévisionnel de l'équilibre offre/demande d'électricité en Corse

Pointe min 2010 (29/05/2011)



**TABLEAU 12.2 EMPILEMENT DES MOYENS DE PRODUCTION LORS DE LA POINTE MIN DE 2011**

Extrait du Bilan prévisionnel de l'équilibre offre/demande d'électricité en Corse

### 2.5.5.6. Scénarios tendanciels selon EDF

Les éléments prospectivistes d'EDF sont établis selon un socle de déterminants macro-économiques.

Les sous-jacents macro-économiques sont les données démographiques issues des bases de données de l'INSEE, de décohabitation, de croissance économique et d'équipements des ménages.

*Hypothèses de population – Corse*

en milliers de personnes	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	00/10*	10/20*	20/30*
Référence	265	289	311	330	340	348	354	1.6%	0.9%	0.4%
Haut	265	289	311	333	346	357	369	1.6%	1.1%	0.6%
Bas	265	289	311	328	333	338	341	1.6%	0.7%	0.2%

\*tcam : taux de croissance annuel moyen

Source : Adapté de INSEE (estimation fin 2010 et modèle Omphale 2010)

**TABLEAU 12.3 TENDANCE PREVISIONNELLE DEMOGRAPHIQUE EN CORSE**

Extrait du Bilan prévisionnel de l'équilibre offre/demande d'électricité en Corse

*Hypothèses de décohabitation – Corse*

en personnes / ménage	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	00/10*	10/20*	20/30*
Référence	2.42	2.38	2.33	2.28	2.25	2.22	2.19	-0.4%	-0.3%	-0.3%
Haut	2.42	2.38	2.33	2.23	2.15	2.07	1.99	-0.4%	-0.8%	-0.8%
Bas	2.42	2.38	2.33	2.33	2.35	2.37	2.39	-0.4%	0.1%	0.2%

\*tcam : taux de croissance annuel moyen

Sources : INSEE, Projections Enerdata

**TABLEAU 12.4 TENDANCE PREVISIONNELLE DE DECOHABITATION EN CORSE**

Extrait du Bilan prévisionnel de l'équilibre offre/demande d'électricité en Corse

### Hypothèses de croissance économique – Corse

	00/05*	05/10*	10/15*	15/20*	20/25*	25/30*
Référence	2.5%	2.3%	2.5%	2.3%	2.1%	2.0%
Haut	2.5%	2.3%	3.0%	2.8%	2.6%	2.5%
Bas	2.5%	2.3%	2.0%	1.8%	1.6%	1.5%

\*tcam : taux de croissance annuel moyen

Sources : INSEE, Projections Enerdata

**TABLEAU 12.5 TENDANCE PREVISIONNELLE DE CROISSANCE ECONOMIQUE EN CORSE**  
Extrait du Bilan prévisionnel de l'équilibre offre/demande d'électricité en Corse

### Taux d'équipement des ménages – Corse

	2000	2010	2020	2030
Chauffage élec.	37%	49%	61%	73%
<i>résid. principales</i>	33%	46%	58%	70%
<i>résid. secondaires</i>	44%	55%	67%	79%
Climatisation	7%	17%	33%	45%
ECS	80%	90%	100%	100%
<i>dont électricité</i>	79%	86%	88%	80%
<i>dont solaire</i>	1%	4%	12%	20%
LBC	2%	20%	95%	95%
Réfrigérateurs	95%	98%	100%	100%
Congélateurs	61%	70%	73%	75%

Sources : Compilation de données et Projections Enerdata

**TABLEAU 12.6 TENDANCE PREVISIONNELLE D'EQUIPEMENT DES MENAGES EN CORSE**  
Extrait du Bilan prévisionnel de l'équilibre offre/demande d'électricité en Corse

Les scénarios de consommation d'EDF reposent sur les données ci-dessus. Ils permettent d'établir les hypothèses prévisionnelles de consommation. Sur ses bases, EDF a retenu les scénarios tendanciels suivants.

### **Tendance court terme**

Année	2012	2013	2014	2015	2016
<b>Scénario Référence</b>					
Energie (GWh)	2 297	2 351	2 408	2 464	2 533
Taux de croissance annuel moyen (%)	3.1%	2.3%	2.5%	2.3%	2.4%
Puissance max (MW)	505	518	532	545	556

**TABLEAU 12.7 SCENARIO TENDANCIEL DE CONSOMMATION A COURT TERME**  
Extrait du Bilan prévisionnel de l'équilibre offre/demande d'électricité en Corse

EDF précise dans son bilan que les données climatiques qui ont été retenues, proviennent de leur base d'informations.

L'hypothèse centrale retient une hausse de la consommation mais de moindre importance que celle de la dernière décennie. Les freins de cette hausse sont anticipés par une décélération démographique et la poursuite des efforts de maîtrise de l'énergie.

### **Tendance long terme**

Année	2015	2020	2025	2030
<b>Scénario Référence</b>				
Energie (GWh)	2 464	2 771	3 043	3 308
Taux de croissance annuel moyen sur 5 ans (%)	2.6%	2.4%	1.9%	1.7%
Puissance max (MW)	545	600	649	698
<b>Scénario Haut</b>				
Energie (GWh)	2 533	2 935	3 331	3 759
Taux de croissance annuel moyen sur 5 ans (%)	3.2%	3.0%	2.6%	2.4%
Puissance max (MW)	563	642	731	820
<b>Scénario Bas</b>				
Energie (GWh)	2 401	2 630	2 812	2 981
Taux de croissance annuel moyen sur 5 ans (%)	2.1%	1.8%	1.3%	1.2%
Puissance max (MW)	530	566	591	617

**TABLEAU 12.8 SCENARIOS TENDANCIELS DE CONSOMMATION A LONG TERME**  
Extrait du Bilan prévisionnel de l'équilibre offre/demande d'électricité en Corse

Les prévisions à long terme sont des exercices périlleux. Néanmoins EDF tente de déterminer des trajectoires de consommation pour la Corse afin d'anticiper les années à venir. Des réactualisations issues des prochains bilans permettront d'affiner les scénarios tendanciels.

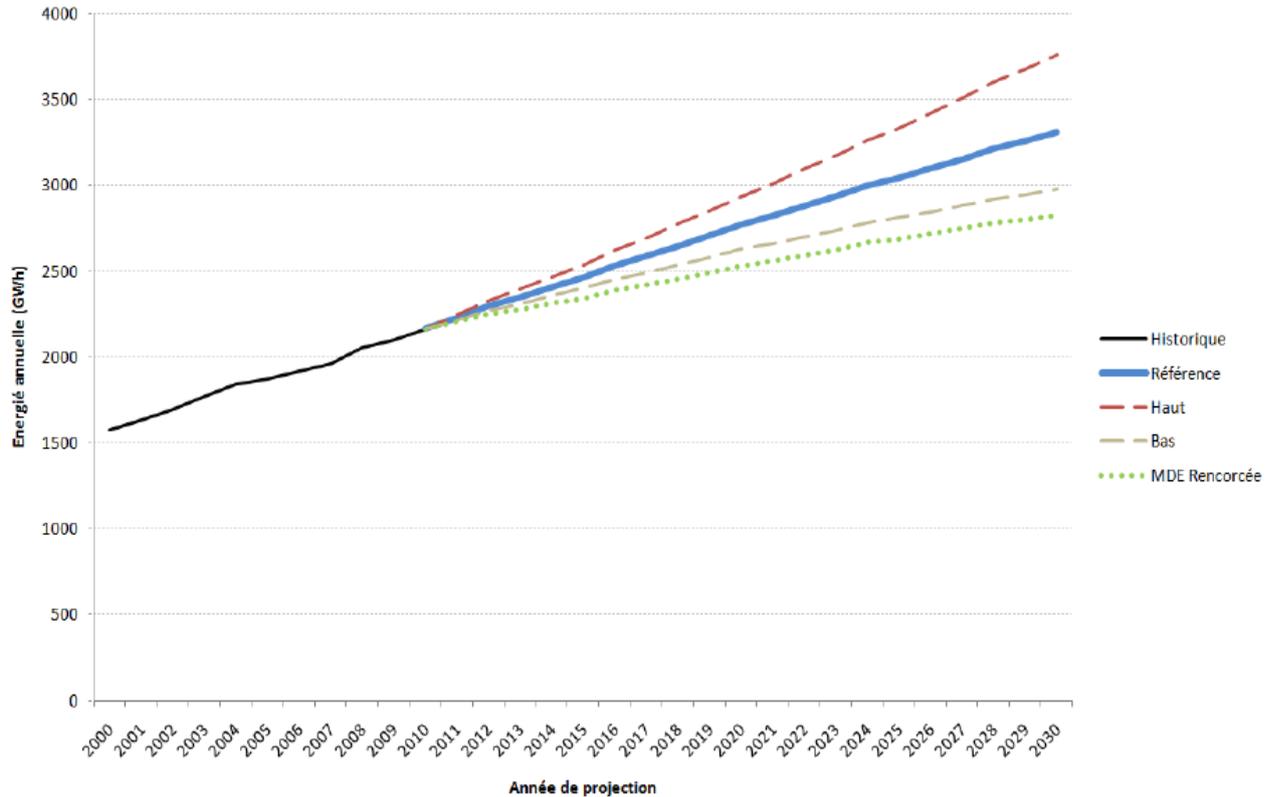
Edf prévoit un ralentissement de la consommation par une maîtrise de la demande d'énergie. Les perspectives de maîtrise de la demande d'électricité sont formulées dans un scénario « MDE renforcée ».

Année	2015	2020	2025	2030
<b>Scénario MDE Renforcée</b>				
Energie (GWh)	2 342	2 530	2 689	2 825
Taux de croissance annuel moyen sur 5 ans (%)	1.6%	1.6%	1.2%	1.0%
Puissance max (MW)	513	539	567	595

**TABLEAU 12.9 SCENARIO MDE A LONG TERME**  
Extrait du Bilan prévisionnel de l'équilibre offre/demande d'électricité en Corse

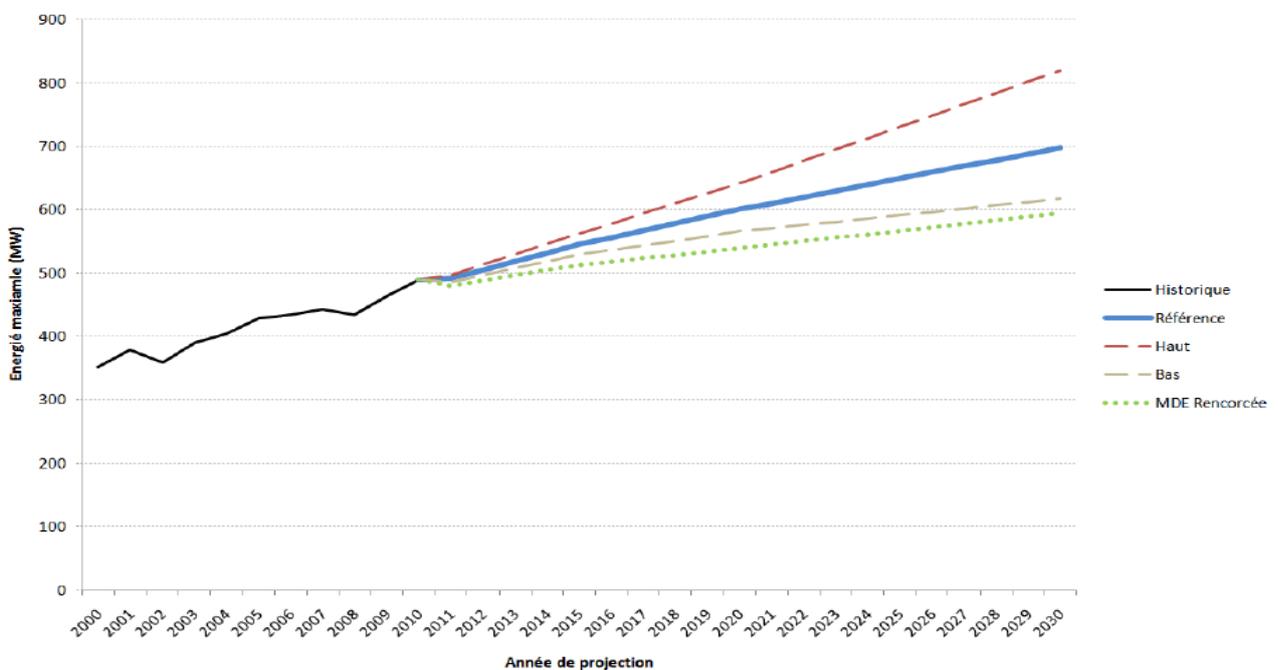
Ce scénario MDE ambitieux permettrait une baisse de consommation de 12 % en 2025 et de 15 % en 2030 par rapport au scénario de référence.

### Scénarios tendanciels d'évolution du besoin en énergie



**TABLEAU 13 PRESENTATION DES SCENARIOS DE BESOIN EN ENERGIE D'EDF**  
Extrait du Bilan prévisionnel de l'équilibre offre/demande d'électricité en Corse

### Scénarios tendanciels d'évolution du besoin en puissance



**TABLEAU 13.1 PRESENTATION DES SCENARIOS DE BESOIN EN PUISSANCE D'EDF**  
Extrait du Bilan prévisionnel de l'équilibre offre/demande d'électricité en Corse

## **2.5.6 Les projets pour répondre aux besoins**

Le premier projet d'envergure concerne le renouvellement de la centrale du Vazzino par une centrale fonctionnant au gaz. La mise en service est prévue pour 2017. En attendant la centrale du Vazzino fonctionnera pour assurer l'équilibre offre-demande de la Corse.

Une centrale biomasse bois énergie est prévue dans le centre Corse. La ville de Corte devrait accueillir l'outil de production d'une capacité de 2,8 MW.

Il est prévu un renouvellement de la station de conversion sur le site de Lucciana avec en parallèle une rénovation de la liaison SACOI souhaitée par le gestionnaire de réseau italien Terna.

Le projet de réseau intelligent (smart grid), MILLENER, cofinancé par l'état et la région Corse à travers les investissements d'avenir, permettra d'expérimenter le pilotage de la charge et de batteries décentralisées couplées à du photovoltaïque.

Le projet de raccordement GALSI, qui doit substituer le gaz au fioul, reste en suspens car à l'heure actuelle, aucune certitude n'est établie quant à son arrivée définitive sur le littoral Corse.

EDF mentionne que la satisfaction des besoins de pointe pour les échéances 2015 et 2018 reste à définir.

### **2.5.6.1 Développement du réseau électrique**

La création de la nouvelle centrale de Lucciana nécessitera un renforcement des infrastructures de transport d'électricité sur l'axe Corte/Lucciana.

Dans le sud, la nouvelle centrale d'Ajaccio imposera des adaptations sur le réseau électrique.

EDF rappelle que l'arrivée de nouveaux outils de production de puissance importante nécessite des renforcements sur le réseau. Les délais de renforcement des lignes de 90 kV sont souvent plus longs que les délais de réalisation des centrales. La raison principale est la multiplicité des acteurs concernés par les travaux. Les actions de renforcement du réseau sont couplées aux réalisations des centrales.

L'augmentation des besoins de consommation peut contraindre EDF à renforcer le réseau point par point.

Le respect de l'équilibre entre le lieu de production et le lieu de consommation permet d'éviter des renforcements réseau 90 kV. L'attention devra être principalement portée sur les grands espaces d'habitation comme Bastia et Ajaccio.

### **2.5.6.2 Le scénario du Grenelle de l'environnement**

Principalement grâce aux ouvrages hydrauliques, la Corse est avec une trentaine de pourcent de part d'EnR dans son mix une des régions françaises les plus avancées dans l'intégration d'énergies renouvelables.

Nous avons vu précédemment que la pénétration des énergies renouvelables intermittentes est conditionnée par une limite de 30%. Malgré cela, la conclusion du rapport d'EDF reste ambitieuse car elle détermine un potentiel énergétique à valoriser. Il concerne :

- L'hydraulique au fil de l'eau et des aménagements hydrauliques à vocation agricole pour produire de l'électricité.
- Les perspectives prometteuses de la biomasse : Bois énergies, Biogaz de décharge, Biogaz d'exploitation agricole,
- Un potentiel éolien important pour la Corse
- La baisse croissante des coûts du photovoltaïque
- Le solaire thermodynamique
- Et enfin les STEP qui permettent de corriger la nature fluctuante et intermittente des énergies renouvelables mais également de garantir un surplus de puissance pour les pointes du soir.

EDF retient le scénario « MDE renforcée » avec une perspective d'intégration de 40 % d'EnR sur le réseau.

Les choix à venir dépendront des politiques énergétiques menées par la Collectivité Territoriale de Corse, en garantissant un équilibre économique avec l'état et la commission de régulation de l'énergie.

### **2.5.7 Eléments de conclusion**

La Corse possède d'immenses gisements de ressources renouvelables à valoriser. Au regard des autres territoires insulaires européens, elle dispose de l'ensemble des possibilités existantes pour demeurer ambitieuse dans les volumes d'intégration d'énergie renouvelable.

La limite des 30 % est une barrière facilement déplaçable, les solutions comme les STEP permettent d'ores et déjà d'aller plus loin que cette limite. Le stockage et ses coûts associés deviennent chaque jour plus attractifs. La Corse pourrait être un véritable laboratoire d'expérimentation des solutions énergétiques durables, car elle concentre sur un petit territoire l'ensemble des problématiques existant dans la maîtrise de « l'électricité ».

La dépendance aux ressources fossiles non présentes sur nos territoires amplifie les déséquilibres sociaux, environnementaux et économiques. La hausse de ses coûts contribue directement à impacter le pouvoir d'achat et la consommation des insulaires. Cette hausse n'est pas prête de s'atténuer car la pression sur les ressources et leur raréfaction nous invite collectivement à revoir le modèle dont nous avons hérité.

Les solutions sont donc multiples ; elles dépendent de notre intelligence collective à mettre en œuvre cette transition énergétique.

## Chapitre 3

# Evaluation multicritère de scénarios d'avenir énergétique pour la Corse

**L'application multicritère présentée dans ce qui suit constitue  
un exercice académique volontairement simplifié**

Dans les années 1970 dans les pays industrialisés, la planification énergétique voulait explorer les interactions entre économie et énergie. L'objectif principal consistait à évaluer les futurs besoins en demande d'énergie. Le seul critère retenu identifiait les différentes possibilités de fourniture d'énergie à moindre coût.

Dans les années 1980, les enjeux environnementaux se sont immiscés dans le cadre d'analyse. Les critères environnementaux, complétés des critères sociaux, sont venus se joindre au seul critère économique dans les considérations de planification énergétique. C'est ainsi que l'utilisation d'études multicritères s'est multipliée à travers le monde. (Samouilidis, 1982)(Meirer, 1983)

Les intentions politiques de la région Corse vont dans le sens d'une intégration plus importante des ressources locales dans le mix énergétique de l'île et d'une modernisation des outils de production existants. Les analyses multicritères intéressent les décideurs pour leurs significances, car elles incluent une large palette de paramètres dans leurs réflexions.

L'aide multicritère à la décision est une branche de recherche opérationnelle moderne qui propose des solutions aux problématiques décisionnelles, incluant une présence importante de critères utiles à la décision (Nijkamp, 1990). Plusieurs outils d'aide multicritère à la décision ont été élaborés dans le but d'appréhender l'hétérogénéité ou la conflictualité des valeurs, notamment dans la planification énergétique. Ces méthodes contribuent à sortir de l'évaluation monétaire de type coûts-avantages, afin d'élargir les critères retenus de décision à un cadre plus complet d'analyse, pour contribuer à des choix clairvoyants (Pohekar, 2004).

La recherche appliquée, présentée dans ce chapitre, s'inscrit dans une analyse d'économie écologique déployant une évaluation multicritère de type surclassement entre des scénarios d'avenir énergétique pour la Corse. Nos travaux proposent des éléments méthodologiques et une simulation numérique s'appuyant sur les installations existantes, les filières exploitées et celles qui deviendraient exploitables à court ou moyen terme. Les critères d'évaluation retenus sont rattachés aux dimensions de l'objectif du développement durable, donc d'ordres économiques, environnementaux, sociaux, sanitaires et de gouvernances. Nous rappelons la valeur d'exercice académique volontairement simplifié de l'application multicritère.

### **3.1 Scénarios, énergie et évaluation multicritère**

#### **3.1.1 Approches de construction des scénarios**

Notre recherche s'oriente vers la formulation de solutions pertinentes du développement durable, à savoir la recherche d'un éventuel compromis entre les dimensions économique, sociale, environnementale et de gouvernance.

La littérature scientifique distingue différents types de scénarios. (Berkhout et al, 2002)

- Une approche d'extrapolation ou prévisionniste, supposant que l'avenir se définit essentiellement dans la continuité du passé.
- Une approche selon les normes, orientée en fonction du cadre normatif en vigueur en supposant que le futur peut être créé en énumérant les actions à prévoir.
- Une approche exploratoire.

Cette dernière approche est, dans la forme, différente des deux autres car elle ne propose pas de prévoir l'avenir. Elle propose « des espaces de possibilités » dans lesquels des prévisions assez mécaniques du système énergétique impliquant des suppositions générales, sont utilisées avec des modèles quantitatifs simplifiés pour décrire l'avenir. Dans les scénarios dits exploratoires, le futur est une construction sociale issue d'une diversité d'opinions. En général, ces scénarios comprennent une présentation écrite et des indicateurs quantitatifs.

Nos scénarios s'inscriront partiellement dans une approche exploratoire.

(Berkhout, 2002) (EEA, 2004) (IPCC, 2004)

Les facteurs techniques de construction de scénario sont les niveaux de participation d'entreprises privées ou publiques et les données d'analyses descriptives ou quantitatives des modèles retenus. « Une collecte » de données pertinentes et une bonne modélisation permettent de comprendre facilement un système et de déterminer ses futures possibilités.

Malgré cela, les données physiques et socio-économiques sont souvent incomprises et très incertaines, les scénarios sont généralement perçus comme des outils d'évaluation heuristique. Une très bonne communication avec des images, des vidéos et des explications est aussi importante et nécessaire que la présentation des résultats du scénario.

Les scénarios sont des instruments scientifiques utiles à la compréhension de système complexe, dans le but d'informer les décideurs (Jefferson, 1983) (Davis, 1999).

### **3.1.2 Analyses multicritères et applications aux scénarios énergétiques**

Les avantages issus de l'association de méthodes participatives et d'outils analytiques (analyse multicritère) sont largement admis dans les publications scientifiques. Les récentes innovations méthodologiques, telles que les analyses sociales multicritères, rendent explicite l'incommensurabilité de certains critères techniques et sociaux. Ces analyses admettent que d'évaluer des systèmes aussi complexes constitue un défi de la recherche opérationnelle. (Stagl, 2007) (Munda, 2004)

Les analyses multicritères sont souvent utilisées comme une aide à la prise de décision dans les politiques publiques d'énergie. Ces analyses comprennent fréquemment des mesures de performance environnementales des systèmes énergétiques étudiés.

(Stewart, 1991) (Mirasgedis, 1997)

De nombreuses études sur l'énergie se focalisent sur la planification technique, sans inclure systématiquement la participation des entreprises concernées. Ces derniers temps, on observe pourtant une tendance d'intégration des entreprises dans les domaines de recherche portant sur l'énergie. (Hobbs, 2000) (Haralambopoulos, 2003) (Greening, 2004) (Madlener, 2005) (Stagl, 2006)

Nous allons dresser un tableau récapitulatif représentant les différentes caractéristiques de scénarios, les méthodes d'analyse multicritère utilisées et le type de recherche en fonction des ressources scientifiques abordant le sujet.

Publications	Etudes	Méthodes	Sujets	Caractéristiques	Applications réelles
Lootsma et al. (1990)	Stratégie de fourniture d'électricité à long terme		Perspectives énergétiques des Pays-Bas (1987)	3 Stratégies de satisfaction de la demande en base avec le nucléaire, le charbon et le gaz, combinés à 3 scénarios de croissance économique	OUI
Georgopoulou et al. (1997)	Planification énergétique régionale	Electre III	Energies renouvelables pour l'île de Crète	Stratégies alternatives	OUI
Hobbs and Horn (1997)	Planification de la demande		Demande de gaz naturelle dans une province canadienne	Interviews, Utilisation d'un questionnaire	OUI
Mirasgedis and Diakoulaki (1997)	Système de production électrique	Displaced Ideal	Classement basé sur les coûts environnementaux externes	Analyse comparative des systèmes de production d'énergie	OUI
Beccali et al. (1998)	Stratégie de diffusion EnR	Electre III, fuzzy sets methodology	Echelle régionale (Sardaigne, Italie)	Etude comparative (Electre vs. fuzzy sets)	OUI
Georgopoulou et al. (1998)	Promotion des sources d'énergies renouvelables	Promethee II	Grèce	Evaluation des scénarios par un groupe d'acteurs	OUI
Diakoulaki et al. (1999)	Analyse énergétique et élaboration de politique	Utadis (procédure de désagrégation des préférences)	13 états membres de l'UE et les Etats-Unis	Focus sur l'intensité énergétique des pays	OUI
Goumas et al. (1999)	Planification et évaluation	Promethee II	Projets énergétiques géothermique (Communauté rurale du Nord de la Grèce)	Analyse Stochastique, Evaluation des alternatives	OUI
Afgan et Carvalho (2002)	Energie renouvelable (outils de production)	Information deficiency method	10 technologies différentes	Information deficiency method	OUI

Enzensberger et al. (2002)	Instruments de politique favorisant l'énergie éolienne	Cadre conceptuel d'évaluation multicritère d'instruments de politique énergétiques	Approche politique innovante	3 groupes d'acteurs	NON
Beccali et al. (2003)	Energies renouvelables	Electre III	Echelle régionale (Sardaigne, Italie)	Analyse des scénarios par différentes actions appropriées	OUI
Haralambopoulos et Polatidis (2003)	Projets d'EnR	Promethee II	Scénarios pour l'utilisation de ressources géothermique en Grèce	Analyse des projets	OUI
Renn (2003)	Scénarios énergétiques	Value tree method, multi-attribute-utility analysis (MAUT)	Déchets énergétiques	2 groupes d'acteurs (représentants de l'église et ingénieurs)	OUI
Greening et Bernow (2004)	Politiques énergétiques et environnementales		U.S.A	Revue détaillée	NON
Kablan (2004)	Economies d'énergies	Analytic hierarchy process (AHP)	Jordanie	Prioriser les instruments politiques	OUI
Nigim et al. (2004)	Classement des sources d'énergies renouvelables	Sequential interactive model for urban sustainability (SIMUS) et AHP	Waterloo, Ontario (Canada)	Echelle locale	OUI
Cavallaro (2005)	Implantation d'EnR	Promethee I et II	Messine (Sicile)	Comparaison des alternatives	OUI
Cavallaro et Ciraolo (2005)	Installation d'énergies éoliennes	Naiade, fuzzy sets methodology	Île de Salina (Italie)	Evaluation des alternatives	OUI
Gamboa et Munda (2007)	Localisation des turbines éoliennes	Naiade, fuzzy sets methodology	Catalogne (Spain)	Intégration des problématiques d'usage	OUI

**TABLEAU 14.1 RESUME DE LA LITTERATURE SCIENTIFIQUE APPLIQUEE AUX SCENARIOS ENERGETIQUES DANS LE CADRE D'UNE ANALYSE MULTICRITERE**

### 3.2 Choix de la méthode multicritère d'évaluation

L'analyse multicritère s'intéresse aux problèmes de prise de décision en présence de critères multiples et éventuellement contradictoires. Ces problèmes se rencontrent à tous les niveaux, national, régional; managérial et personnel, et dans tous les domaines économiques, sociaux, environnementaux et sanitaires. Un problème de décision multicritère est une situation où l'on définit un ensemble de solutions, ou d'actions, et une famille cohérente de critères pour les

évaluer. Le choix de la méthode multicritère pour traiter le problème dépend notamment de la problématique (choix, rangement, tri ou description), du type d'agrégation des valeurs (surclassement, critère unique) et de leurs compensations ou pas, de leur imperfection (seuils de discrimination sur les critères ou pas). Des conditionnalités sont dégagées choisir ou bâtir une méthode d'agrégation multicritère. Des précisions sont livrées dans ce qui suit.

### 3.2.1 Les problématiques multicritères

La problématique peut être perçue comme étant une orientation de l'analyse pour un problème de décision donné. Elle exprime les termes dans lesquels le décideur ou l'homme d'étude pose le problème et traduit le type de recommandation qu'il souhaite obtenir. L'homme d'étude est la dénomination communément retenue de celui qui réalise l'étude. (Greco, 2004).

On distingue quatre problématiques dans la méthodologie multicritère d'aide à la décision. (Roy, 2001)

#### 3.2.1.1 Problématique du choix

Il s'agit d'aider à choisir la «meilleure» action ou à élaborer une procédure de sélection. C'est la problématique la plus classique ; elle consiste à poser le problème en termes de meilleur choix. C'est par rapport à cette problématique que se sont développées les procédures d'optimisation. L'optimisation est un cas particulier de cette problématique du choix.

La définition de la Problématique du choix « (P.α) » consiste à poser le problème en termes de choix d'une seule meilleure action, « *c'est-à-dire à orienter l'investigation vers la mise en évidence d'un sous-ensemble aussi restreint que possible, conçu pour éclairer directement le décideur sur ce que doit être l'issue du prochain temps fort et ce compte-tenu du caractère éventuellement révisable et/ou transitoire; cette problématique prépare une forme de prescription ou de simple participation visant:*

- *Soit à indiquer avec un maximum de précision et de rigueur une décision à préconiser;*
- *Soit à proposer l'adoption d'une méthodologie fondée sur une procédure de sélection (d'une meilleure action) convenant à une éventuelle utilisation répétitive et/ou automatisée.*
- *Soit du fait du caractère révisable et/ou transitoire;*
- *Soit parce que les éléments objectifs servant à asseoir la comparaison des actions sont insuffisamment précis;*
- *Soit par suite de la multiplicité des systèmes de valeurs qui sont en jeu ».*

(Roy, 1980. p.28)

Cette fois, il s'agit d'aider à trier les actions d'après des normes ou à élaborer une procédure d'affectation.

### 3.2.1.2 Problématique du tri

La définition de la problématique du tri « (P.β) » « *consiste à poser le problème en termes de tri des actions par catégories, celles-ci étant conçues relativement à la suite à donner des actions qu'elles sont destinées à recevoir, c'est-à-dire à orienter l'investigation vers la mise en évidence d'une affectation des actions à ces catégories en fonction de normes portant sur la valeur intrinsèque de ces actions et ce compte-tenu du caractère révisable et/ou transitoire.*

*Cette problématique prépare une forme de prescription ou de simple participation visant:*

- *Soit à préconiser l'acceptation ou le rejet pour certaines actions; d'autres pouvant donner lieu à des recommandations plus complexes compte-tenu de la conception des catégories;*
- *Soit à proposer l'adoption d'une méthodologie fondée sur une procédure d'affectation à des catégories de toutes les actions convenant à une éventuelle utilisation répétitive et/ou automatisée. »*

(Roy, 1980. p.35)

On distingue principalement deux types de tri:

- Les cas où les catégories sont ordonnées et sont caractérisées par une séquence d'actions de référence limite. Chacune des catégories est représentée par deux familles d'actions de référence, une inférieure (constituant la borne inférieure) et une supérieure (constituant la borne supérieure). Cette classe de problématique est connue sous le nom de la "problématique du tri ordinal" (ou "segmentation multicritère"). Parmi les exemples de problèmes traités par la problématique du tri ordinal, on peut citer : l'octroi de crédits, où les actions sont les dossiers des demandeurs de crédits et les catégories sont les différentes classes de décisions : "crédit accordé immédiat" ; "crédit plutôt favorable" ; "crédit défavorable" ; "crédit refusé".
- Les cas où les catégories ne sont pas ordonnées et sont caractérisées par une ou plusieurs actions types (actions de référence centrale ou prototypes). Cette classe de problématique est connue sous le nom de la "problématique du tri nominal" (ou "discrimination multicritère"). Parmi les exemples de problèmes traités par la problématique du tri nominal, on peut citer : le diagnostic médical ou de défaillances des machines. Les actions sont caractérisées par les symptômes présents chez le patient (ou chez une machine) et les catégories sont représentées par la symptomatologie typique d'une pathologie (ou d'une panne). (Nabil, 2000) (Greco, 2004)

### 3.2.1.3 Problématique du rangement

C'est une aide pour ranger les actions selon un ordre de préférence décroissante ou à élaborer une procédure de classement.

La définition de la problématique du rangement « (P.γ) » « *consiste à poser le problème en termes de rangement des actions ou de certaines d'entre elles, c'est-à-dire à orienter*

*l'investigation vers la mise en évidence d'un classement défini sur un sous-ensemble conçu en vue de discriminer les actions se présentant comme « suffisamment satisfaisantes » en fonction d'un modèle de préférences et ce compte-tenu du caractère révisable et/ou transitoire; cette problématique prépare une forme de prescription ou une simple participation visant:*

*Soit à indiquer un ordre partiel ou complet portant sur des classes regroupant des actions jugées équivalentes;*

*Soit à proposer l'adoption d'une méthodologie fondée sur une procédure de classement (de tout ou en partie) convenant à une éventuelle utilisation répétitive et/ou automatisée. »*  
(Roy, 1980. p.40)(Greco, 2004)

### **3.2.1.4 Problématique de la description**

C'est une aide pour décrire les actions et/ou leurs conséquences de façon systématique et formalisée, ou bien pour élaborer une procédure cognitive.

La Définition de la problématique de la description « (P.δ) » « *consiste à poser le problème en termes limités à une description des actions et/ou de leur conséquences, c'est-à-dire à orienter l'investigation vers la mise en évidence d'informations relatives aux actions potentielles conçues en vue d'aider directement le décideur à les découvrir, à les comprendre, à les jauger et ce compte-tenu du caractère révisable et/ou transitoire; cette problématique prépare une forme de prescription ou de simple participation visant:*

- *Soit à présenter une description systématique et formalisée des actions et de leurs conséquences qualitatives ou quantitatives;*
- *Soit à proposer l'adoption d'une méthodologie fondée sur une procédure cognitive convenant à une éventuelle utilisation répétitive et/ou automatisée. »*

(Roy, 1980. p.48)

## **3.2.2 Les principaux types de démarches multicritères**

Il existe de nombreuses méthodes multicritères explicitées dans la littérature scientifique du sujet. Elles peuvent être regroupées dans trois catégories principales représentant chacune d'entre elles des approches différentes.

### **3.2.2.1 L'approche du critère unique de synthèse**

Cette approche est certainement la plus classique. Les méthodes appartenant à cette catégorie sont généralement désignées sous le nom des méthodes d'agrégation complète. C'est une agrégation de l'ensemble des critères, de manière à obtenir une fonction critère unique qui synthétise cet ensemble. Ainsi, cette fonction à optimiser, qui peut être par exemple une fonction d'utilité ou de valeur, agrège les préférences locales, au niveau de chaque critère ou attribut.

En d'autres termes, ceci revient à transformer un problème multicritère en un problème monocritère. Cependant, il est important de ne pas confondre analyse multicritère et analyse monocritère. C'est un modèle d'analyse multicritère qui s'achève par l'agrégation des critères en un critère unique, ce qui diffère d'une analyse monocritère. (Greco, 2004)

### 3.2.2.2 L'approche du surclassement de synthèse

Les méthodes appartenant à cette approche, d'inspiration française, sont appelées également méthodes d'agrégation partielle, car elles laissent place à l'incomparabilité entre certaines solutions (actions) notamment quand il y a un conflit entre les critères d'évaluation. Les actions sont considérées deux à deux, par paire ordonnée, pour vérifier l'existence ou pas d'une situation de surclassement par critère et puis pour l'ensemble des critères. Il est à souligner que cette approche s'applique à un ensemble fini d'actions.

Parmi les méthodes de surclassement les plus connues, nous retrouvons la famille des méthodes ELECTRE (Elimination Et Choix Traduisant la Réalité) introduites par Roy (Roy, 1985) (Roy, Bouyssou, 1993) (Roy, 2001) (Greco, 2004), ainsi que les divers développements qui y ont été apportés; et celle des méthodes PROMETHEE (Brans, 2001).

### 3.2.2.3 Les méthodes interactives

Les méthodes interactives sont également appelées méthodes d'agrégation locale et itérative. Cette appellation renvoie au fait que ces dernières procèdent, en premier lieu, par la détermination d'une solution de départ. Elles effectuent ensuite une recherche dans l'environnement de cette solution pour essayer d'aboutir à un meilleur résultat, d'où le qualificatif progressif; le terme itératif a été également utilisé pour qualifier les méthodes interactives. Ainsi ces dernières permettent de modéliser les préférences du décideur de manière séquentielle et itérative. En effet, elles s'attachent à révéler progressivement des phases de calcul et de dialogue. Cette succession d'étapes a pour finalité d'arriver à un compromis final qui puisse satisfaire le décideur. Depuis leur apparition aux alentours des années 70, plusieurs méthodes interactives ont été développées dont la méthode STEM, GDF ou bien encore la méthode du point de référence.(Benayoun et al., 1971)(Geoffrion, 1972)(Wierzbicki, 1980)(Zimmermann, 1978)

### 3.2.3 Conditionnalités des méthodes multicritères

La plupart des méthodes multicritères enrichissent les relations en utilisant les résultats obtenus afin d'éclairer le décideur. Pour chaque méthode la procédure est différente. L'aide fournie au décideur par des méthodes distinctes n'est pas forcément la même. Voici quelques conditions qui semblent devoir être remplies pour donner lieu à des méthodes satisfaisantes. De telles conditions peuvent être étudiées du point de vue du décideur, et il s'agit alors d'exigences pratiques. Du point de vue de l'homme d'étude, il s'agit plutôt de formuler des axiomes ou des propriétés devant être vérifiés.

Pour être de nature à donner satisfaction, une méthode multicritère doit au moins remplir les sept conditions suivantes:

#### **Condition 1: Prise en compte des écarts**

*« Il est important de prendre en compte les écarts entre les évaluations des actions sur chaque critère. Ce sont des données disponibles dès l'instant où les évaluations sont connues. Dans la pratique on observe d'ailleurs que les décideurs souhaitent toujours accorder une préférence plus ou moins grande à l'une ou l'autre action en fonction des écarts observés. »*

### **Condition 2: Elimination des effets d'échelle**

*« Les évaluations étant en général exprimées dans des unités différentes; il est essentiel d'éliminer toute influence des effets d'échelle. Il est impensable en effet que les résultats fournis par une méthode multicritère soient dépendants des échelles utilisées. Ces effets peuvent être particulièrement pervers. »*

### **Condition 3: Incomparabilité**

A titre d'exemple, lorsque deux actions sont comparées, une des quatre conclusions suivantes doit pouvoir être proposée au décideur:

- a est meilleur que b
- b est meilleur que a
- a est indifférente à b
- a et b sont incomparables

*« Des incomparabilités doivent être admises. Cet aspect est important: il permet au modèle de ne pas décider lorsque l'information disponible est insuffisante. Si l'on ne force pas le modèle à décider en toute situation, l'information fournie au décideur pourra être considérée comme sûre et fiable.*

*En revanche une méthode qui exclue toute situation d'incomparabilité, fournira une information plus discutable. »*

### **Condition 4: Simplicité**

*« Chaque méthode multicritère possède sa logique propre et peut ainsi donner lieu à des résultats différents. Toute méthode se doit donc d'être simple, c'est-à-dire compréhensible par le décideur, car choisir une méthode c'est déjà choisir en partie le résultat. Une méthode ne peut donc pas apparaître comme une "boîte noire" fournissant des solutions.*

*Cette situation paradoxale n'a pas lieu pour le traitement de problèmes monocritères, bien posés. On peut par exemple résoudre un programme linéaire par l'algorithme du simplexe, par celui du gradient projeté. Dans chaque cas on obtient la même solution optimale (ou en tout cas des solutions optimales équivalentes). »*

### **Condition 5: Signification de l'information supplémentaire**

*« Toute méthode multicritère requiert l'introduction d'information supplémentaire : des fonctions ou des valeurs de paramètres par exemple. Cette information ne peut avoir une interprétation purement technique. Le décideur doit en comprendre la signification économique et la portée. »*

### **Condition 6: Aspects conflictuels des critères**

*« Toute méthode doit informer le décideur sur le caractère conflictuel de ses critères d'évaluation. Il est utile de pouvoir détecter et apprécier des critères exprimant des préférences similaires, indépendantes ou opposées sur l'ensemble des actions, ceci en vue de pouvoir au besoin renforcer ou atténuer interactivement certaines orientations. »*

### **Condition 7: Interprétation des poids**

*« Toute méthode doit préciser l'importance relative attribuée aux différents critères. Pour ce faire, on utilise le plus souvent des poids. Il est dès lors important de fournir au décideur une interprétation claire de la signification de ces poids ou, à défaut, un instrument permettant d'apprécier aisément les conséquences qu'entraîne une variation de ces poids sur les décisions proposées par la méthode. Ceci est fondamental : d'autres poids impliquent d'autres solutions. Les poids sont liés à la personnalité du décideur. Ils constituent son espace de liberté. »*

(Greco, 2004) (Roy, 2001)

### **3.2.4 Choix de la méthodologie multicritère RUBIS**

Les méthodes d'évaluation sont nombreuses, le tableau 14.1 en récapitulant quelques-unes. Notre choix s'est orienté sur utilisation de l'approche du surclassement multicritère de type ELECTRE, introduite par Bernard Roy. Cette orientation a été motivée par plusieurs éléments. Tout d'abord, elle offre une famille de méthodes scientifiquement bien établie, n'étant plus en phase d'expérimentation. Elle a servi de support scientifique pour de nombreuses études, notamment en matière d'énergie. Son utilisation fréquente a grandement contribué à son émancipation. C'est l'une des approches les plus abouties permettant notamment de prendre en compte des seuils de veto sur les critères, afin de limiter la compensation (le rattrapage, le rachat) de mauvaises performances comparatives d'un scénario sur un critère par une bonne performance comparative de ce même scénario sur au moins un autre critère ; ce qui est adéquat dans une optique de développement durable ou l'on recherche d'éventuelles issues de bon compromis des classiques dimensions économiques, écologiques, sociales et de gouvernances.

Parmi les scénarios d'avenir énergétique considérés pour la Corse, existe-t-il un scénario de bon compromis des critères et si oui lequel ? La procédure d'agrégation multicritère à retenir devait proposer une réponse à cette question de recherche. Dès lors, il s'agissait de traiter la problématique du choix, mais également de recourir à une approche qui ne soit pas compensatoire. Ceci nous a donc naturellement orienté vers la famille des méthodes multicritères ELECTRE (Roy, 1985) (Roy, Bouyssou, 1993), comprenant trois procédures de sélection d'une solution : ELECTRE I, ELECTRE IS et RUBIS (Bisdorff et al., 2008).

Nous avons voulu innover en retenant la récente méthodologie RUBIS, couplant la méthode multicritère RUBIS et sa traduction informatique sur le serveur web D3 (Distributed Decision Deck). Cette approche, dans la tradition de la méthode ELECTRE IS, nous a permis de sélectionner un unique scénario d'avenir énergétique de l'Île, avec analyse de robustesse du résultat.

Soulignons que le Server web D3 est développé par des analystes multicritères informaticiens, et que cet outil n'est pas accessible à un utilisateur dénué de connaissances informatiques, particulièrement à propos du format de fichier à déposer sur ce serveur comme traduction du tableau de performance mais aussi dans l'utilisation de l'interface graphique. A cet égard, les travaux de (Oberti et al., 2013) livrent un guide utile à l'homme d'étude et appliqué à grandeur réelle à l'évaluation multicritère de projets photovoltaïques en Corse.

A présent que le choix de la méthodologie multicritère est justifié, initions l'application.

### **3.3 Elaboration de scénarios d'avenir énergétique en Corse**

#### **3.3.1 Considérations préalables à l'étude des scénarios**

L'approche retenue pour les scénarios énergétiques sera exploratoire. Il existe une multitude de possibilités dans l'établissement de scénarios en fonction de la recherche de résultat souhaitée. Nos travaux s'articuleront sur le socle de structure existant, en anticipant les formulations de la demande afin de satisfaire les besoins réels. Sur la configuration existante viendront se greffer les installations valorisables sur le court ou moyen terme, ainsi que les potentialités d'optimisation ou d'économie d'énergie.

##### **3.3.1.1 Cerner la demande énergétique de l'île**

En construisant des scénarios énergétiques, on va déterminer différentes possibilités pour satisfaire les besoins énergétiques du futur de l'île. L'évaluation des besoins énergétiques (demande d'énergie) nécessite de définir la demande globale d'énergie pour la Corse et ses évolutions à prévoir. Ils peuvent se décomposer par une analyse sectorielle de la demande (résidentiel, tertiaire, industriel,...). La formulation anticipée de la demande permet de mettre en adéquation les moyens nécessaires à la satisfaction des besoins (outils de production,...).

Pour prévoir quelle serait la demande en énergie des prochaines décennies et proposer les moyens adéquats pour répondre à ces besoins, il est nécessaire de formuler des hypothèses sur l'avenir. Ces hypothèses dépendent des données disponibles. Pour la région Corse, il n'existe pas de base de données actualisée sur la demande énergétique par secteur. Néanmoins, certains acteurs, comme le service de l'observation et de la statistique (SOeS) du Commissariat général au développement durable, organisent et animent la collecte et le traitement des données sur l'environnement et les risques naturels et technologiques, en vue de la production et de la diffusion de l'information. La Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement (DREAL) est associée au SOeS dans sa mission de service public pour fournir des données relatives à l'énergie. Un portail web d'information est prévu à cet effet. Les données actuellement disponibles sur l'interface datent de 2009. (EIDER WEB, 2012). Il existe aussi les données communiquées par EDF et la C.T.C. Elles sont présentées dans les documents de planification énergétique dont nous avons fait l'écho précédemment. Dans le cadre de notre évaluation, seront croisées les différentes données afin de se rapprocher de la demande énergétique.

La définition de la demande permet de construire les scénarios. Plusieurs perspectives se dégagent, cependant notre démarche s'établira sur les bases structurelles énergétiques de la Corse. Une combinaison des installations existantes interviendra, en anticipant leur renouvellement avec l'arrivée éventuelle du gaz, et l'intégration de nouvelles installations durables (EnR, stockage, ...). On combinera les économies d'énergies et les technologies de réseau dites intelligentes à cette analyse. Ces combinaisons seront couplées à une étude prospectiviste sur les filières exploitées et celles exploitables à plus ou moins long terme.

Nos intentions s'orienteront, à travers deux scénarios sur trois, vers la valorisation des ressources locales, dont les potentialités énergétiques pour l'île sont immenses (Poggi, 2005). Cette démarche est inscrite dans une économie du développement durable, par la nature des ressources renouvelables que nous chercherons à mettre en avant. Les raisons amenant à prendre cette direction sont multiples. Elles permettront de poursuivre l'effort global de réduction de gaz à effet de serre à notre échelle locale, tout en atténuant la dépendance d'usage envers les ressources fossiles. (Notton, 2005). Les gisements d'emploi à pourvoir ne

seront pas marginaux : ils permettraient de créer des filières d'excellence pour la Corse. Les gains environnementaux et sanitaires qui en découleront rejailliront sur l'ensemble de la société insulaire. L'objectif d'intégration du développement durable est un nouveau challenge stratégique. La poursuite de cet objectif nous insère dans les problématiques du monde d'aujourd'hui.

Nous cherchons à concilier les aspects multidimensionnels de la durabilité, la complexité des systèmes socio-économique et biophysique dans une réflexion à long terme. Les analyses d'intégration d'énergies renouvelables dans les prises de décision requièrent l'utilisation de méthodes, permettant de combiner une large palette de critères.

Nous avons besoin de nouvelle combinaison de méthodes afin d'explorer dans un premier temps, la complexité et les incertitudes, puis d'organiser l'information pour permettre l'évaluation, dans un second temps. L'analyse multicritère se présente comme l'outil de prédilection de cette approche (Stirling, 2005).

Les prévisions de demande en énergie des prochaines décades reposent sur la formulation d'hypothèses qui dépendent des données disponibles. Dans le cadre législatif en vigueur, EDF doit fournir un bilan d'information portant sur les installations existantes et les données prévisionnelles. Le dernier bilan prévisionnel 2012 d'EDF fournira les données nécessaires à l'établissement de la demande énergétique insulaire. (EDF SEI, 2012).

La définition d'une future demande en énergie est un exercice assez périlleux, car elle repose sur l'établissement d'hypothèses dont sont anticipées des données structurelles relatives à l'économie ou la démographie. L'incertitude des données établies confère aux définitions de la demande, une dimension aléatoire ou fluctuante, qui rappelle certaines caractéristiques d'outils de production d'énergie.

EDF fournit trois trajectoires pour les tendances à court, moyen et long terme de la Corse. Nous retiendrons le scénario référentiel qui prévoit une hausse annuelle moyenne établie dans la fourchette des 2 %. Cette hausse d'environ 2 % correspond aux tendances fréquentes de prévision.

Année	2013	2014	2015	2016	2017
<b>Scénario Référence</b>					
Energie (GWh)	2 327	2 384	2 439	2 508	2 562
Taux de croissance annuel moyen	2.3%	2.5%	2.3%	2.8%	2.1%
Puissance max (MW)	518	532	545	556	567

Année	2015	2020	2025	2030
<b>Scénario Référence</b>				
Energie (GWh)	2 439	2 744	3 012	3 275
Taux de croissance annuel moyen sur 5 ans (%)	2.4%	2.4%	1.9%	1.7%
Puissance max (MW)	545	600	649	698

**TABLEAU 14.3 SCENARIO REFERENCE RETENU DE DEMANDE D'ENERGIE EN CORSE**  
Extrait d'EDF SEI Bilan prévisionnel Corse 2012

Pour parvenir à satisfaire les besoins énergétiques croissants de l'île, il faut y mettre en adéquation les efforts de production nécessaires pour parvenir à un équilibre permanent offre-demande.

### 3.3.1.2 Lister les installations existantes

En l'absence d'implémentation de solution de stockage à grande échelle, les gestionnaires sont en perpétuelle recherche d'équilibre entre la demande et l'offre de production.

L'offre de production se répartie sur l'ensemble du territoire insulaire.

Exploitant	Site	Technologie	Fonctionnement	Puissance installée (MW)
Terna	SACOI / SCC	Import	Base	50
Terna	SARCO	Interconnexion	Base	100
EDF	Vazzio	Diesel	Base	132,3 7 x 18.9 MW
EDF	Lucciana	Diesel	Base	54,5 5 x 10.9 MW
EDF	Lucciana	TAC	Pointe	75 3 x 25 MW
EDF	Lucciana	TAC	Pointe	40
EDF	Tolla	Hydraulique	Pointe	15,6
EDF	Ocana	Hydraulique	Pointe	15,1
EDF	Pont de Vanna	Hydraulique	Pointe	8,6
EDF	Sovenzia	Hydraulique	Pointe	15,3
EDF	Corscia	Hydraulique	Pointe	13
EDF	Castirla	Hydraulique	Pointe	28,5
EDF	Sampolo	Hydraulique	Pointe	43
SIVU	Tallone	Biogaz	Fatal	1.7
(multiples)	(multiples)	Mini hydraulique	Fatal	25,6
(multiples)	(multiples)	Eolien	Intermittent	18
(multiples)	(multiples)	Photovoltaïque	Intermittent	67
<b>TOTAL</b>				<b>703</b>

**TABLEAU 14.4 RECAPITULATIF DES INSTALLATIONS DU SYSTEME ENERGETIQUE CORSE**

Extrait d'EDF SEI Bilan prévisionnel Corse 2012

C'est sur la base des installations existantes que nous allons bâtir l'évaluation multicritère. La collecte des données concernant l'ensemble des installations permettra d'évaluer la trajectoire énergétique de la Corse.

Les nouveaux besoins de production sont exprimés par tranche dans le tableau ci-dessous.

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Base		Lucciana 112					Corse Sud 112 20		SCC 50 20
	Rizzanese 55				20			2x20 20	
Pointe		Secours 20							

2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
2x20					2x20				
20					20				
Projet Engagé		Renouvellement		Nouveaux besoins		Secours temporaire			

**TABLEAU 14.5 PLANIFICATION DES NOUVEAUX BESOINS DE PRODUCTION EN CORSE**  
Extrait d'EDF SEI Bilan prévisionnel Corse 2012

Cette recherche d'équilibre entre la demande d'énergie et la production est permanente. Pour satisfaire les besoins énergétiques des insulaires, les outils dont disposent EDF sont nombreux. Ils sont répartis sur l'ensemble du territoire et permettent d'assurer la mise en adéquation des consommateurs avec les producteurs. Les besoins totaux sont composés de la « base » et complétés par la pointe lors de hausse soudaine de demande d'énergies.

Les installations existantes permettent donc de satisfaire partiellement les besoins de consommation électrique de l'île.

### 3.3.1.3 Respecter les contraintes du système et des installations

Un scénario énergétique comprend des caractéristiques particulières issues du fonctionnement d'un système énergétique et des paramètres techniques des installations. Ces premières constituent des spécificités d'un système énergétique, dont voici les fondamentaux :

- Equilibre permanent entre consommation et production
- Particularités techniques des installations (intermittence, disponibilité,...)
- Aléas climatiques (variabilités saisonnières, prévisions aléatoires,...)
- Impossibilité de stocker l'électricité (nécessité de conversion)
- Pertes réseaux

Les scénarios énergétiques s'inscrivent donc dans un cadre clairement défini. Les possibilités de combinaison doivent s'intégrer dans le respect des contraintes du système.

Nous veillerons à formuler des évaluations parfaitement intégrées, ce qui implique le strict respect des caractéristiques dans lesquelles s'établissent les scénarios. Néanmoins, l'évaluation n'est pas un document de planification ; en ce sens, elle apparaît comme une éventuelle aide à la prise de décision, sinon comme un outil d'information.

L'intérêt d'une évaluation multicritère de scénario énergétique est de pouvoir simuler des combinaisons d'installations en fonction de notre recherche de résultat. En ce sens, nous allons dans un premier temps évaluer la trajectoire anticipée pour la Corse par les instances gouvernantes, selon les critères du développement durable, afin de déterminer les éventuels intérêts économiques, sociaux ou environnementaux des orientations choisies. Le premier scénario correspondra donc au système énergétique insulaire existant. Il s'appuiera sur un recueil de données issues d'une partie des classes de critères. En considérant les différentes contraintes, le troisième scénario viendra formuler des combinaisons pouvant s'intégrer dans les caractéristiques existantes, tout en s'efforçant d'approcher au plus près le paradigme du développement durable.

Le recueil de données ou d'informations est l'une des parties fondamentales de l'évaluation. Il nécessite un effort de recherche qui sera validé par la transparence des données retenues. Certaines données plus subjectives, comme la gouvernance, feront l'objet de discussions quant à leurs élaborations.

### 3.3.1.4 Recueils d'informations pour l'évaluation des scénarios

Les informations que nous présentons, sont directement prélevées sur des publications ou des études. Néanmoins, de nombreuses informations ont été élaborées par nos soins. Certaines sources ont permis d'apporter des éléments nécessaires à l'élaboration de l'information. Nous mentionnerons l'ensemble des sources utilisées pour le recueil d'information.

Notre approche du développement durable dans sa multi-dimensionnalité combine les classes de critère économique, environnemental, sociétal et de gouvernance. Nous intégrerons ces différents aspects à travers leurs critères respectifs choisis.

#### 3.3.1.4.1 Liste initiale des critères d'évaluation

La définition d'une famille de critères pertinents nécessite de prendre en considération l'ensemble des attributs relatifs au sujet analysé. L'acceptation des critères dépend de leur signification dans le contexte donné. Notre sujet d'évaluation est impacté par des extensions spatio-temporelles, ce qui signifie plus clairement que les systèmes techniques évalués ont un impact local, régional et global avec une évolution sensiblement significative des caractéristiques techniques à prévoir dans le temps. Ces impacts sont souvent perçus dans les publications scientifiques comme la principale difficulté pour évaluer la durabilité.

Néanmoins nous bénéficions d'une certaine « clarté » dans les classes de critères que nous retiendrons, car les dimensions sociales, économiques et environnementales permettent d'établir des indicateurs facilement assimilables.

Une dimension supplémentaire est venue progressivement s'ajouter aux classes de critères d'évaluation, à savoir la gouvernance prise en compte dans de nombreuses études en l'évaluation multicritère (Poocharoen, 2012) (Folke, 2005) (Froger, Oberti, 2002).

Nous allons maintenant définir les critères que nous aurions souhaité retenir pour l'évaluation. Le tableau ci-dessous comprend des critères qui ne seront pas renseignés par fautes d'informations disponibles. Néanmoins nous avons souhaités les présenter afin de faire apparaître nos intentions initiales d'évaluation.

Classes de critères	Critères	Indicateurs	Unités	Optimisations
Economiques	Prix de l'électricité	Coûts du projet	€/kWh	Minimisation
		Coûts de production	€/kWh	Minimisation
		Coûts d'opération et de maintenance	€/kWh	Minimisation
	Vulnérabilité économique	Importation du fuel	Kg	Minimisation
		Prix du fuel importé	€/Kg	Minimisation
		Importation d'électricité	kWh	
		Prix de l'électricité importée	€/kWh	Minimisation
	Viabilité économique	Retour sur investissement	Nbre d'année	Minimisation
		Bénéfice annuel	Bénéfice net/ an	Maximisation
		Facteur de charge	%	Maximisation
	Production	Productible annuelle nette	GWh/an	Maximisation
		Capacité productive de l'installation	MWh	Maximisation
	Efficacité énergétique	Rendement	%	Maximisation
	Synergie politique globale	Respect des objectifs de politique environnementale de l'U.E	Qualitatif	Maximisation
Efficacité surfacique	Ratio production/surface	kWh/ m <sup>2</sup>	Maximisation	

<b>Environnementaux</b>	Pollution atmosphérique	Emission de CO <sub>2</sub>	g/kWh	Minimisation
	Impacts sanitaires humains	Toxicité humaine	kg Pb eq.	Minimisation
		Emission de photo- oxydant	kg C <sup>2</sup> H4 eq.	
	Impacts sanitaires sur l'écosystème	Emission de photo- oxydant	kg C <sup>2</sup> H4 eq.	Minimisation
		Toxicité terrestre	kg Zn eq.	Minimisation
		Acidification	kg SO <sub>2</sub> eq.	Minimisation
		Eutrophisation	kg PO <sub>4</sub> eq.	Minimisation
	Pollution visuelle	Impact visuel	Qualitatif	Minimisation
	Pollution sonore	Nuisance Sonore	dBa	Minimisation
	Risque d'accident	Probabilités d'accidents	Nombre/an	Minimisation
<b>Sociétales</b>	Impact marché du travail	Nombre d'emplois créés	Nombre	Maximisation
	Revenu direct	Revenu annuel	€/an	Maximisation
	Impact social	Caution collective	Qualitatif	Maximisation
		Connaissance des technologies	Qualitatif	Maximisation
		Connaissance des solutions énergétiques NIMBY	Qualitatif	Maximisation
	Synergie politique locale	Respect des intentions politiques locales	Qualitatif	Maximisation
<b>Gouvernances</b>	Participation	Intégration des attentes de tous les protagonistes	Qualitatif	Maximisation
	Recherche de consensus (dialogue)	Convergence d'intérêts	Qualitatif	Maximisation
	Droit	Cadre législatif adapté aux enjeux	Qualitatif	Maximisation
	Transparence	Libre circulation de l'information	Qualitatif	Maximisation
	Capacités d'ajustement	Répondre aux besoins réels	Qualitatif	Maximisation
	Vision stratégique	Connaissance des enjeux à long terme	Qualitatif	Maximisation
	Responsabilité	Rendre des comptes	Qualitatif	Maximisation
	Equité	Egalité d'accès	Qualitatif	Maximisation
	Efficacité	Efficacité des politiques publiques d'énergie	Qualitatif	Maximisation

**TABLEAU 14.2 LISTE IDEALE DE CRITERES ET INDICATEURS D'EVALUATION**

Cette liste est le fruit d'une sélection des critères les plus pertinents des différentes évaluations multicritères disponibles sur le sujet. Ceci nous permet de tenir compte d'un large panel de critères et indicateurs associés. Il en ressort un ensemble intégrant les classes de critères du développement durable. Précisons le contenu de cette liste idéale.

Le critère de prix de l'électricité est défini par des indicateurs de coûts. Le premier d'entre eux concerne les coûts de projet énergétique. L'unité de mesure est rapporté en €/kWh ; ce coût de projet est communément utilisé pour présenter l'ensemble des coûts rapportés au kWh. Le deuxième vient compléter le coût de projet : il concerne plus précisément le rapport entre le coût de production et l'électricité produite ramenée au kWh ; c'est un coût d'usage de l'outil de production pour fournir de l'électricité. Le dernier indicateur mentionne le coût de maintenance au kWh ; c'est un coût qui s'agrège au coût de production pour fournir une information sur l'entretien d'un outil de production nécessaire à son bon fonctionnement.

Le coût de projet englobe l'ensemble des coûts, néanmoins nous aurions souhaité fournir des indicateurs complémentaires, afin d'assurer davantage de lisibilité sur les indicateurs retenus pour l'évaluation économique.

La notion de vulnérabilité, relayée par l'ensemble des acteurs insulaires de l'énergie, implique une dépendance d'usage de ressource ou de flux. L'importation du fuel sera évaluée en kg ; elle sera complétée par l'indice de prix du fuel importé. Les unités retenues mentionnent des quantités (kg) ainsi que le rapport coûts/quantités (€/kg). L'importation d'électricité en kWh ainsi que son prix en €/kWh, pouvait apporter un éclairage sur l'énergie électrique d'import nécessaire aux besoins de la Corse. Le coût du kWh importé témoigne entre autres de la compétitivité des outils de production locaux.

Le critère de viabilité économique intègre tout d'abord de retour sur investissement, temps nécessaire pour amortir l'introduction d'une technologie énergétique sur le territoire Corse. Son unité sera le nombre d'année. Le bénéfice annuel est un indicateur de performance économique. Il sera exprimé en Bénéfice net/ An. Enfin la production annuelle nette permet

d'envisager la capacité productive. Le GWh sera l'unité qui évaluera les possibilités de production d'énergie sur une année.

Le critère de production se base sur le facteur de charge, rapport entre l'énergie électrique produite sur une période donnée et l'énergie qu'elle aurait produite si elle avait fonctionné à sa puissance nominale durant la même période. Il s'exprimera en pourcentage.

L'efficacité énergétique tient compte tout d'abord de la disponibilité productive, mesure de performance qu'on obtient en divisant la durée durant laquelle un équipement ou système est opérationnel par la durée totale durant laquelle on aurait souhaité qu'il le soit. Le ratio s'exprime sous forme de pourcentage. Ensuite, le rendement évalue la capacité d'un équipement ou système à fournir de l'énergie en fonction de l'énergie nécessaire pour son fonctionnement. Le rendement sera défini en pourcentage.

La synergie politique globale rend compte de la cohésion des politiques locales avec les politiques environnementales européennes.

L'efficacité surfacique détermine la surface nécessaire pour produire de l'énergie. L'unité sera le kWh/ M<sup>2</sup>.

La pollution atmosphérique se base sur les émissions de dioxyde de carbone d'origine anthropique évaluées en kg CO<sub>2</sub> eq. Cette unité de mesure est fréquemment utilisée dans le cadre des Bilans CO<sub>2</sub>. Elle mesure la quantité de Gaz à Effet de Serre (GES), convertie en équivalent CO<sub>2</sub> (dioxyde de carbone), émise lors d'une activité.

La pollution visuelle peut s'évaluer directement par l'impact visuel occasionné ; l'échelle de valeurs allant d'un impact minime à un impact majeur.

La pollution sonore est occasionnée par les nuisances sonores. Le décibel (dB) est une unité de grandeur qui mesure la puissance relative des émissions sonores.

Concernant les risques d'accident nous avons choisi de retenir les probabilités d'accidents en retenant le nombre d'accident par an.

Les impacts sanitaires sont devenus récemment l'objet d'une attention particulière. Nous avons choisi de retenir un critère d'évaluation de toxicité humaine, en caractérisant la diffusion de métaux lourds comme le plomb en « kg Pb eq. ». La formation d'oxydants photochimiques au niveau de la troposphère a des impacts multiples sur la santé humaine ou éco-systémique. Les substances à l'origine de cet impact sont le plus souvent les émissions de COV, CO et Nox. L'unité de mesure retenue intègre l'ensemble de ces aspects. On la retrouve dans les publications scientifiques sous l'appellation « Photochemical Oxidation ».

Les impacts sanitaires sur l'écosystème sont multiples. Les émissions de photo-oxydant seront une nouvelle fois évaluées, mais cette fois-ci dans le cadre des impacts sanitaires sur l'écosystème. Le deuxième indicateur d'impacts sanitaires sur l'écosystème que nous utiliserons, mesurera la toxicité terrestre des sols. Son unité sera le kg Zn eq. La notion d'acidification est fréquemment utilisée dans les critères d'évaluation environnementaux. Le kg SO<sub>2</sub> eq. sera l'unité de mesure utilisée. L'eutrophisation est une forme de pollution aquatique qui se produit lorsque le milieu reçoit trop de matières nutritives assimilables par les algues et que celles-ci prolifèrent. Les principaux nutriments à l'origine de ce phénomène sont le phosphore (contenu dans les phosphates) et l'azote (contenu dans l'ammonium, les nitrates, et les nitrites). Cette pollution est mesurée en kg eq PO<sub>4</sub> (phosphates).

Le nombre d'emplois créés ou générés par l'activité visait à mesurer son impact sur le marché du travail.

Le revenu direct serait évalué par le revenu annuel, en €/an.

L'impact social est une notion assez vaste. Dans le cadre de notre évaluation, quatre indicateurs ont été retenus. La caution collective, la connaissance des technologies, la connaissance des solutions énergétiques et le principe « NIMBY » seront évalués. Les unités de mesure seront qualitatives.

La synergie politique locale relève une éventuelle cohésion existante entre les politiques publiques d'énergie et les intentions politiques locales.

Le principe de gouvernance a vu émerger une palette d'indicateurs servant à évaluer le processus décisionnel. Le premier critère caractérise l'éventuelle participation des différents acteurs. La convergence d'intérêts prend la mesure d'une direction choisie collectivement et de sa propension à accepter l'approche de chacun des acteurs. A été envisagé d'évaluer si le cadre législatif est dimensionné en fonction des enjeux évoqués.

La transparence peut être mesurée par liberté de circulation et d'accès à l'information. Son évaluation reflètera l'intégration de l'ensemble des possibilités d'action.

Les choix décisionnels impliquent la mesure « d'une échelle de pragmatisme ». Les capacités d'ajustement seraient basées sur la possibilité de répondre aux besoins réels des populations.

La clairvoyance décisionnelle s'évalue par la connaissance des enjeux à long terme du sujet et de la vision stratégique qui en découle.

Le principe de responsabilité portant sur les actions entreprises peut être indiqué par les efforts de communication des décideurs.

L'équité est un principe qui tend à corriger les inégalités observées. L'égalité d'accès peut être un indicateur significatif de l'équité observée.

L'efficacité d'une politique pourrait être appréciée sur une échelle qualitative dont chaque échelon se définirait d'après l'écart entre les intentions et les réalisations.

Comme souligné en amont, cette liste de critères d'évaluation est restée idéale, dans le sens où ils n'ont pas été suffisamment renseignés faute d'informations disponibles ou communiquées. Le lecteur y trouve cependant nos intentions initiales, voire un potentiel pour des exercices évaluatifs à venir.

#### **3.3.1.4.2 Famille des critères d'évaluation ciblés**

Pour les formulations économiques entrevues précédemment, de nombreux critères ne seront pas renseignés. Après avoir multiplié les efforts en sollicitant notamment EDF SEI Corse pour obtenir des informations utiles à l'évaluation, ou tenter de rentrer en contact avec certains acteurs susceptibles de renseigner certains critères, nous avons été contraints d'abandonner un bon nombre de critères. Il est apparu qu'EDF SEI Corse ne souhaite pas partager ses informations pour diverses raisons spécifiques et que les autres acteurs sollicités ne disposent pas d'éléments informatifs permettant d'être d'intégrés dans notre évaluation.

Parmi les critères économiques, nous retiendrons finalement, seulement 4 critères pour l'évaluation des scénarios d'avenir énergétique.

L'ensemble des autres critères économiques formulés dans nos intentions d'évaluation ne seront pas renseignés, faute d'éléments tangibles permettant d'être inscrits dans notre exercice évaluatif.

Dans une optique d'évaluation multicritère de scénario énergétique, nous choisissons une famille de critère correspondant au sujet d'analyse. Nous commencerons par définir la façon dont nous avons établies les critères économiques puis celui de l'environnement, les critères sociaux et enfin les critères relatifs à la gouvernance.

### 3.3.1.4.2.1 Critères économiques

Nous allons introduire les critères de coût de production, de puissance électrique maximale théorique, de production annuelle et de respect des politiques globales. Les données technico-économiques sont des estimations établies en fonction des informations disponibles.

Le **coût de production** du kWh sera renseigné comme indicateur référentiel. Pour obtenir les différents coûts de production des installations existantes, nous avons actualisé les données issues d'une publication parue dans la Revue de l'énergie, le reste est issu de différentes publications. (Notton et al. 2005) (Marrero, 2010) (Greenblatt, 2006) (IPPC, 2011) (SRU, 2011)

L'actualisation s'applique selon la formule suivante :

$$CPa = CPo + (CPo \cdot a)^n = CPo (1 + a \cdot n)$$

CPa correspond au coût de production actualisée

CPo correspond au coût d'origine

a au taux d'actualisation

n au nombre d'année correspondant

Le critère suivant correspond à la **puissance électrique maximale** que peut délivrer une installation (en MW). Il est complété par la production annuelle net, afin d'établir une comparaison entre la puissance théorique d'une installation et sa production réelle annuelle (en GWh/an).

Ces données sont issues des documents prévisionnels fournis par EDF SEI Corse, dont nous avons déduit et calculé certaines valeurs en fonction des informations communiquées. (EDF-SEI, 2012)

Dans un premier temps, il a fallu identifier la part des différentes sources de production (Thermique, Hydraulique, Biogaz, Eolien, P.V,...) du mix énergétique par rapport à la production annuelle totale pour ensuite distinguer la part de chaque installation en fonction de la puissance installée.

Le premier calcul indique la proportion de chaque source dans la production annuelle totale

$$Pa = \%S \times Pt$$

Pa est la production annuelle nette d'une source de production

%S indique la part de chaque Source dans la production annuelle

Pt renseigne la production annuelle totale de l'ensemble des sources de production

Le dernier critère mentionné concerne le **respect des politiques de l'Union Européenne** et par déduction, les synergies existantes dans nos territoires avec les politiques globales.

Par politique de l'Union européenne, nous entendons le respect des objectifs de réduction de gaz à effet de serre et leurs répercussions globales, par l'utilisation d'installations énergétiques favorisant la dilution de polluants atmosphériques.

Nous avons retenu une échelle qualitative s'exprimant par ;

0. Non renseigné

1. Faible

2. Moyen

3. Fort.

- L'impossibilité de savoir avec certitude s'il y a intégration des politiques de l'U.E, concerne les interconnexions dans le cadre de notre étude.
- Un faible respect des politiques de l'U.E se caractérise par une intégration faible des contraintes de réduction de gaz à effet de serre.
- Un respect « moyen » indique une prise en considération de ces contraintes, sans pour autant avoir établi les solutions pour y remédier.
- Les politiques européennes fortement respectées indiquent que les contraintes sont intégrées et les solutions, appliquées.

### **3.3.1.4.2 Critères environnementaux**

Nous avons cherché à valoriser les informations fournies par l'association Qualitair, chargée de la surveillance de la qualité de l'air sur la région Corse. Pour cela, Qualitair Corse se base sur la loi LAURE (Loi sur l'Air et Utilisation Rationnelle de l'Energie), qui fixe les objectifs de la surveillance de l'air au niveau national depuis le 30 décembre 1996.

Qualitair est une association agréée de surveillance de la qualité de l'air, constituant le réseau national ATMO et participant au programme national de surveillance de la qualité de l'air.

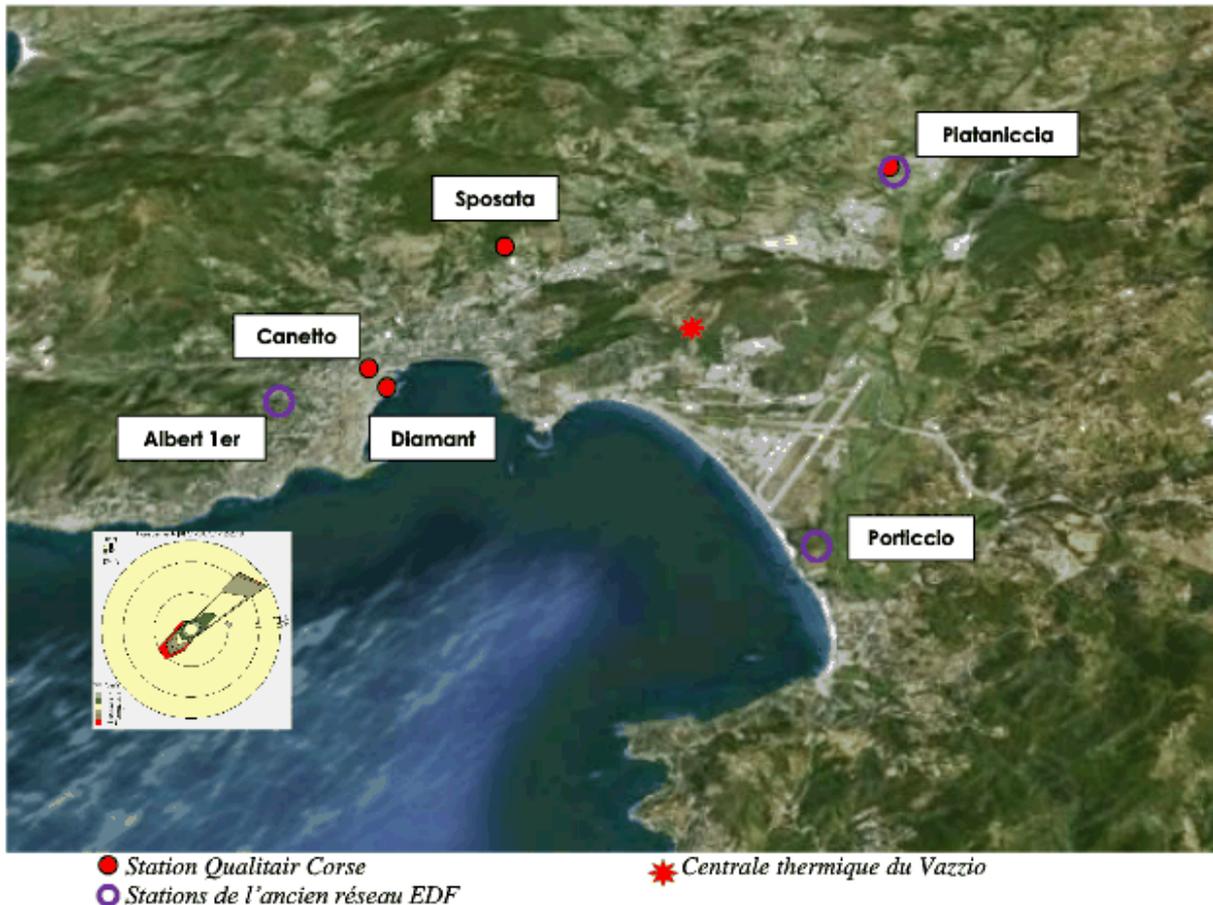
(Qualitair, 2013) (Loi LAURE, 1996)

Nous avons étudié l'ensemble des publications fournies par Qualitair et nous avons établi un contact direct. L'association dispose de station de mesure fixe sur Ajaccio et Bastia en zone urbaine et sur Venaco en zone rurale, ainsi que des stations de mesure mobiles pour des missions ponctuelles. Les stations mesurent le Dioxyde d'Azote (NO<sub>2</sub>), l'Ozone (O<sub>3</sub>), les particules en suspension et le dioxyde de Souffre (SO<sub>2</sub>).

Malgré cela, il est apparu impossible de recueillir les informations nécessaires à l'évaluation car, en l'état actuel, il est impossible de distinguer les sources de pollution issues des transports maritimes, des transports automobiles ou aériens, avec la pollution issue des outils de production d'électricité.

De plus, l'implantation de la centrale du Vazzio dans la localisation géographique du « pays Ajaccien » implique un phénomène de dispersion territoriale, appuyé par un « corridor venteux » allant de la ville jusqu'aux zones « industrielles » péri-urbaines. L'ensemble de ces éléments confère des approximations d'envergure qui ne permettent pas de valoriser les données dans l'évaluation.

(Qualitair, 2009, 2010, 2011)



**FIGURE 9.8 EMLACEMENT DES SITES FIXES DE LA REGION D'AJACCIO AVEC LA ROSE DES VENTS DE METEO FRANCE 2007-2010**

Extrait du Bilan de surveillance du Vazzio de 2007 à 2011

L'impact visuel des installations est aussi pris en compte. Un critère de « **pollution visuelle** » est défini par une indication qualitative. Voici l'échelle d'évaluation ;

0. Absence d'impact

1. Faible impact

3. Impact visuel fort

6. Impact visuel très fort.

- L'absence d'impact visuel concerne des espaces où l'installation n'interfère pas avec l'environnement naturel, et par conséquent n'engendre pas d'impact visuel.
- Un faible impact visuel détermine un espace où il existe une modification paysagère visuelle qui n'implique pas d'importance particulière. L'installation s'intègre dans son environnement.
- L'impact visuel fort est signifié quand l'installation modifie le paysage. Il y a une altération visuelle du site.
- L'impact visuel très fort est caractérisé par un « bouleversement visuel ». Le paysage a été radicalement transformé.

### 3.3.1.4.2.3 Critères sociaux

On introduit dans notre évaluation des critères collectifs et subjectifs « d'impact social » à l'aide d'indicateurs renseignés par des unités qualitatives.

Le premier d'entre eux concerne un indicateur de **caution collective**, il informe sur l'éventuelle approbation collective de la population pour une installation de production d'électricité.

0. Non acceptation collective

1. Faible acceptation

3. Acceptation importante

6. Acceptation totale

- Une non acceptation collective indique un rejet massif idéologique. Personne ne veut l'utilisation de ce type d'outil de production énergie.
- Une faible acceptation informe qu'une faible portion de la population cautionne l'utilisation de cette installation. Dans ce cas de figure, il existe des organisations collectives d'opposition.
- L'acceptation forte signifie qu'une majorité de la population cautionne ce type d'outil. Néanmoins, cela indique que l'outil ne fait pas encore l'unanimité car certaines réticences existent. Une majorité se dégage.
- La caution collective est totale. L'ensemble de la population est unanime, tout le monde approuve l'utilisation de ce type d'installation.

L'indicateur de **connaissances des technologies** apporte des informations complémentaires à l'acceptation collective. On rapporte cet indicateur au développement durable ; les connaissances renseignées pourraient correspondre à un échantillonnage des classes de critères d'évaluation. On évalue indirectement la connaissance des technologies par la population.

0. Absence de connaissance

1. Faible connaissance

3. Connaissance Importante

6. Connaissance totale

- L'absence de connaissance signifie qu'il n'a aucune véritable information détenue par la population sur la technologie : il y a opacité totale.
- Des faibles connaissances ou des connaissances minimales caractérisent un degré de perception non marginal. Les connaissances collectives sur le sujet sont « légères » : il y a opacité partielle.
- Des connaissances importantes sont intégrées par une grande partie de la population qui est consciente de l'usage et des répercussions de la technologie.
- Enfin, quand il y a une connaissance totale de la technologie, la population connaît les tenants et les aboutissants du procédé.

La **connaissance des solutions énergétiques** par la population apporte un éclairage sur les possibilités d'intégration et d'évolution des installations.

Cet indicateur complète le précédent.

0. Absence de connaissance

1. Faible connaissance

3. Connaissance Importante

6. Connaissance totale

Les caractéristiques des unités de valeur sont sensiblement les mêmes que pour la connaissance des technologies.

Enfin, le **principe NIMBY** vient témoigner de la pertinence des indicateurs d'impact social, car il désigne ici l'attitude des personnes qui veulent tirer profit des avantages d'une technologie moderne, mais qui refusent de subir dans leur environnement les nuisances liées aux infrastructures nécessaires à son installation. NIMBY ou Nimby est l'acronyme de l'expression « Not In My BackYard », qui signifie littéralement « pas dans mon arrière-cour ». Il apporte un élément conceptuel pragmatique de cohérence.

0. Absence de NIMBY
1. NIMBY faible
3. NYMBY Important
6. NIMBY total

Cette échelle indiquant des degrés de tolérance d'acceptation de solution énergétique désigne par l'appréciation d'un individu, la capacité à plus ou moins accepter dans « son espace de vie », des infrastructures nécessaires aux besoins collectifs.

- L'absence de principe NIMBY signifie qu'il n'existe pas de refus d'implantation d'installation dans un périmètre proche affectant « l'espace » d'un individu.
- Un NIMBY faible indique qu'il y a une faible réticence d'implantation.
- Un NIMBY important précise qu'il y a une volonté importante de ne pas voir s'implanter l'installation.
- Le NIMBY total engendre un refus catégorique.

#### 3.3.1.4.2.4 Critères de gouvernance

Nous avons souhaité intégrer la classe de critère de gouvernance dans le but d'évaluer la dynamique sociale multidimensionnelle liée aux installations énergétiques.

**La participation** sera indiquée par l'éventuelle intégration des attentes de tous les protagonistes. Nous associons l'ensemble des acteurs de l'énergie dans le registre des protagonistes.

Nous avons défini une échelle basée sur quatre notions qualitatives.

1. Information
2. Consultation
4. Concertation
7. Négociation

- La première implique que la décision a été prise et qu'il y a une information concernant cette prise de décision.
- La consultation est conditionnée par une écoute des attentes de tous les acteurs. La décision sera prise de façon unidirectionnelle, mais en ayant entendu les acteurs sollicités.
- La concertation indique que les avis respectifs sont intégrés dans un espace d'informations et d'échanges avec le public, afin de prendre une décision.

- La négociation doit amener à un consensus unanime. Les choix sont débattus et il y a recherche d'un accord centré sur les intérêts de l'ensemble des acteurs.

Le deuxième indicateur de gouvernance détermine si **le cadre législatif est adapté aux enjeux**. Cette fois-ci, nous évaluons les dispositions légales permettant d'intégrer les installations.

0. Cadre législatif non adapté

1. Cadre législatif occasionnellement adapté

2. Cadre législatif partiellement adapté

3. Cadre législatif adapté

- Le cadre législatif non adapté témoigne des restrictions existantes qui ne permettent pas l'implantation d'une installation de production d'électricité.
- Le caractère « occasionnellement adapté » annonce que le cadre législatif est adapté pour des circonstances précises. Il peut s'agir d'un dispositif requis pour une planification de politique publique d'énergie tel qu'un plan de développement ou de soutien.
- Un cadre législatif partiellement adapté manifeste qu'il est en partie seulement propice à l'implantation. Cela peut concerner des gammes de puissance ou des configurations d'installation.
- Le dernier détermine que le cadre législatif permet d'intégrer des installations en considérant les enjeux comme variable d'ajustement législative. Cela signifie que toutes les dispositions légales sont réunies.

**La transparence** est véhiculée par la libre circulation de l'information. La notion de **transparence de l'information** permet d'assimiler les éléments de compréhension nécessaires à l'évaluation de la gouvernance.

Nous renseignons l'échelle d'accès à l'information.

0. Absence de transparence

1. Faible transparence

3. Forte transparence

6. Transparence

**L'efficacité des politiques publiques d'énergie** se caractérise par la capacité à répondre aux besoins réels des populations, tout en intégrant le concept du développement durable et ses enjeux multidimensionnels.

0. Absence d'efficacité

1. Faible efficacité

3. Efficacité Forte

6. Efficacité totale

- L'absence d'efficacité évoque une incapacité des politiques publiques à répondre aux besoins des populations.
- Une faible efficacité signale que les politiques publiques d'énergies n'ont pas atteint leurs objectifs de planification prévus.

- Une efficacité forte exprime que les politiques publiques d'énergies se rapprochent sensiblement des intentions exprimées de planification.
- L'efficacité totale précise que l'ensemble des objectifs de planification de politiques publiques d'énergie ont été atteints.

### 3.3.2 Agencement des scénarios d'avenir énergétique en Corse

Nous avons choisis d'inscrire nos scénarios dans le cadre d'une évaluation multicritère. Nous précisons en introduction du Chapitre 3, les déterminants de notre construction de scénario, puis nous apportons des éléments d'information en passant en revue les différentes « typologie » de recherche appliquée aux scénarios utilisant des outils d'évaluation multicritère.

La demande en énergie correspondant à nos scénarios sera de 2327 GWh pour une puissance max de 518 MW. Elle correspond aux anticipations formulées dans le bilan prévisionnel 2012 d'EDF pour l'année 2013.

Nous intégrerons les pertes totales du réseau c'est à dire la différence entre l'énergie livrée à ce réseau et l'énergie consommée par les clients raccordés à hauteur de 14,5 %. Ce pourcentage correspond à une moyenne établie sur les dernières années des bilans prévisionnels.

A titre d'exemple en 2011, les pertes totales du réseau ont atteint 311 GWh, soit 14,6 % de l'énergie délivrée sur le réseau.

On peut s'apercevoir que notre scénario n'inclut pas de mesure d'économie d'énergie ou de maîtrise de la demande d'énergie. La raison principale s'argumente par le fait que nous pensons qu'il existe une solution dont nous ne sommes pas en mesure d'évaluer les répercussions tant son potentiel est immense.

Il s'agit de rémunérer le kWh économisé, l'idée consiste à se baser sur une moyenne des dernières années de consommation afin d'établir un quota à partir duquel on viendrait rémunérer chaque année les kWh économisés par les consommateurs.

Il est aussi envisageable de créer un marché du kWh économisé à l'échelle européenne.

On verrait ainsi l'ensemble des consommateurs stimulés par cette politique économique.

De par ses dispositions la Corse pourrait très bien servir d'espace d'expérimentation pour accueillir cette initiative visant à réduire notre consommation d'électricité.

Concernant la configuration de notre agencement des scénarios nous respectons aussi les principes de fonctionnement des périodes de base, de semi base et de pointe.

La « base » correspond à l'électricité produite et consommée toute l'année et en permanence (7/7 et 24/24).

La « semi-base » correspond à l'électricité produite en complément de la production de base, lorsque la consommation augmente en hiver.

La « pointe » correspond à l'électricité produite pour répondre aux pics de consommations d'électricité, lors des périodes les plus chargées de l'année.

Les gammes de puissance nécessaire au bon fonctionnement du système énergétique doivent répondre aux besoins suivant.

Hiver	Été	Mi-Saison
De 250 à 450 MW	De 250 à 300 MW	De 200 à 250 MW

**TABLEAU 14.6 PUISSANCE NECESSAIRE AU FONCTIONNEMENT DU SYSTEME ENERGETIQUE CORSE**

Extrait du Bilan énergétique EDF SEI Corse 2011 et 2012

### 3.3.2.1 Les outils de flexibilité

Il existe plusieurs outils de flexibilité permettant d'intégrer les énergies renouvelables intermittente. Nous solliciterons partiellement ces outils afin de mettre en application les différentes configurations de scénario.

Nos principaux outils de flexibilité utilisés seront :

- Les interconnexions électriques avec un renforcement à prévoir pour les lignes existantes. Si nous établissons l'hypothèse d'une interconnexion parfaite entre les réseaux électriques des différents pays Européens, il est envisageable d'intégrer 55 % EnR. L'interconnexion se présente comme un outil de flexibilité très abordable. (Czisch, G. 2002, 2004, 2010)
- L'hydraulique de stockage comme les stations de transfert d'énergie par pompage ou STEP, qu'il soit terrestre ou marin, est un outil essentiel qui permet une intégration plus importante de sources renouvelables sur le réseau électrique.
- Les STEP permettent de corriger la nature fluctuante et intermittente des énergies renouvelables mais également de garantir un surplus de puissance pour les pointes du soir (Hino et Lejeune, 2012) (Deane, 2009) (Tugraz, 2010).

L'approche symbiotique est une approche « macro » qui permet de dépasser les limites inhérentes aux énergies renouvelables. Elle permet l'association d'une ou plusieurs solutions technologiques afin de bénéficier de leurs polyvalences.

Il existe de nombreuses symbioses envisageables. Par exemple, l'interconnexion européenne des parcs éoliens entre eux pourrait permettre de lisser la production électrique, afin d'obtenir une production moyenne relativement constante. Plus le réseau est vaste et interconnecté plus les intégrations seront grandes. Cette considération est aussi valable pour les centrales solaires photovoltaïques.

Il existe aussi des symbioses entre plusieurs sources, entre l'éolien et l'hydraulique, ou entre le solaire et l'hydraulique ainsi quand il y a beaucoup de vent ou de soleil les STEP peuvent capter l'excédent de production pour le rétribuer en fonction de la demande.

Une symbiose triple peut aussi intervenir en tirant profit des avantages de chaque technologie.

En Corse, l'application de cette approche consisterait à renforcer l'interconnexion sur le territoire pour pouvoir bénéficier des schémas d'interconnexion continentaux afin de pouvoir intégrer les productions issus des ressources locales.

L'approche symbiotique est la mise en place des solutions du développement durable en pensant globalement et en agissant localement. Nos hypothèses de scénario s'inscriront partiellement dans une approche symbiotique partielle pour le scénario C. (Geni, 2013) (Heide et al., 2010, 2011) (Jacobson, Delucchi, 2011) (Aboumahboub, 2010)

### 3.3.2.2 Le scénario A ou « l'avenir énergétique décidé »

Notons que ce scénario A sera ultérieurement désigné par a1 lorsque nous mettrons en œuvre la méthodologie multicritère RUBIS.

#### Configuration :

Il correspond à la configuration du système énergétique actuelle en ayant pour objectif de satisfaire la demande. Il s'appuie sur les formulations des instances gouvernantes configurées dans la Programmation Pluriannuelle d'investissement et le plan énergétique de l'île. (PIP, 2009) (C.T.C, 2005 et 2009)

Comme nous l'avons évoqué plus en détail précédemment la PPI 2009 anticipe le renouvellement des centrales thermiques du Vazzio et de Lucciana.

La nouvelle centrale de Lucciana située dans l'agglomération Bastiaise est en cours de construction, elle devrait rentrer en service d'ici la fin de l'année 2014. La puissance productive de Lucciana va passer de 54,5 MW à 120 MW. Cette nouvelle centrale est configurée pour fonctionner au fioul (lourd et léger). Une conversion du fioul par le Gaz est possible, moyennant une perte de puissance de 5 %.

La centrale du Vazzio doit être remplacée par un nouvel outil de production. Sa mise en service était prévue pour 2017. Un terrain à Bastelicaccia (Corse du Sud) a été initialement retenu néanmoins le tribunal administratif de Bastia a annulé mardi 19 février 2013 l'arrêté préfectoral qualifiant de projet d'intérêt général, le projet de construction par EDF d'une centrale électrique sur le territoire des communes d'Ajaccio et de Bastelicaccia.

Parmi les motifs retenus, le tribunal a estimé qu'en l'espèce, le délai de "*deux jours avant la date de l'arrêté (...), n'a pas fait l'objet d'une diffusion adéquate et qu'aucun dossier relatif audit projet n'a été mis à la disposition du public*". Pour la juridiction, "*le public n'a pas pu prendre connaissance du principe et des conditions de réalisation du projet en cause*".

(Préfecture de Corse du sud, 2011) (France 3 Corse, 2013)

Le projet de nouvelle centrale formulé dans la PPI 2009 est donc au point mort. Le président de la région Corse a récemment indiqué qu'il était possible que la nouvelle centrale apparaisse sur le site de l'ancienne centrale du Vazzio.

Nous considérerons que le projet de nouvelle centrale du Vazzio initialement prévu pour 2017 sera retardé d'au moins 3 ans et qu'étant donné l'obsolescence de l'outil actuel du Vazzio et les besoins énergétique de l'île, une centrale de 120 MW devrait apparaître avant 2020.

Le scénario A prendra en considération les barrages de retenue (194 MW) en intégrant le Rizzanese qui a récemment turbiné ses premiers KWh, ainsi que les installations de « micro hydraulique », ou la PPI ambitionne un renforcement de 10 MW, portant ainsi les capacités à 35 MW à l'horizon 2020. Les capacités actuelles de l'île sont d'environ 25 MW. (EDF, 2013)

L'éolien et le solaire photovoltaïque seront eux aussi intégrées dans le scénario à hauteur respectives de 18 MW et 60 MW tels qu'ils sont aujourd'hui en fonctionnement sur l'île.

Le biogaz sera renforcé comme prévu par la PPI 2009 à hauteur de 2MW supplémentaire. Ce qui portera ses capacités à 3,7 MW.

Fonctionnement :

En fonctionnement de base la production est assurée par les centrales thermiques du Vazzino et de Lucciana, les installations micro-hydraulique, l'éolien, le solaire photovoltaïque, le biogaz et l'interconnexion.

La semi-base peut être produite par l'hydro modulable (barrages de retenue), le Vazzino/Lucciana ou l'interconnexion.

La pointe est assurée par les turbines à combustion, l'hydro-modulable et l'interconnexion.

C'est le gestionnaire de réseau qui s'assure du fonctionnement optimal du système énergétique. L'enjeu est de répondre en permanence à la consommation par une production adaptée.

Le scénario A établi une trajectoire prédéterminée par les instances décisionnelles à travers les documents de planification évoqués précédemment. En fonction des données EDF nous considérons pour le scénario A la répartition des productions telle que 35 % d'énergie renouvelable, environ 20 % d'interconnexion et 45 % issus du parc thermique.

La répartition des puissances pour le scénario A est la suivante :

INSTALLATIONS	PUISSANCES (en MWc)
Vazzino	132,3
Lucciana	120
TAC	115
SACOI	50
SARCO	100
Barrages de retenue	194
Micro-Hydro	35
BioGaz	3,7
Eolien	18
PV	60
TTX avant pertes	828
<b>Pertes</b>	<b>124,2</b>
TTX avec pertes	703,8

**TABLEAU 14.7 REPARTITION DES PUISSANCES POUR LE SCENARIO A**

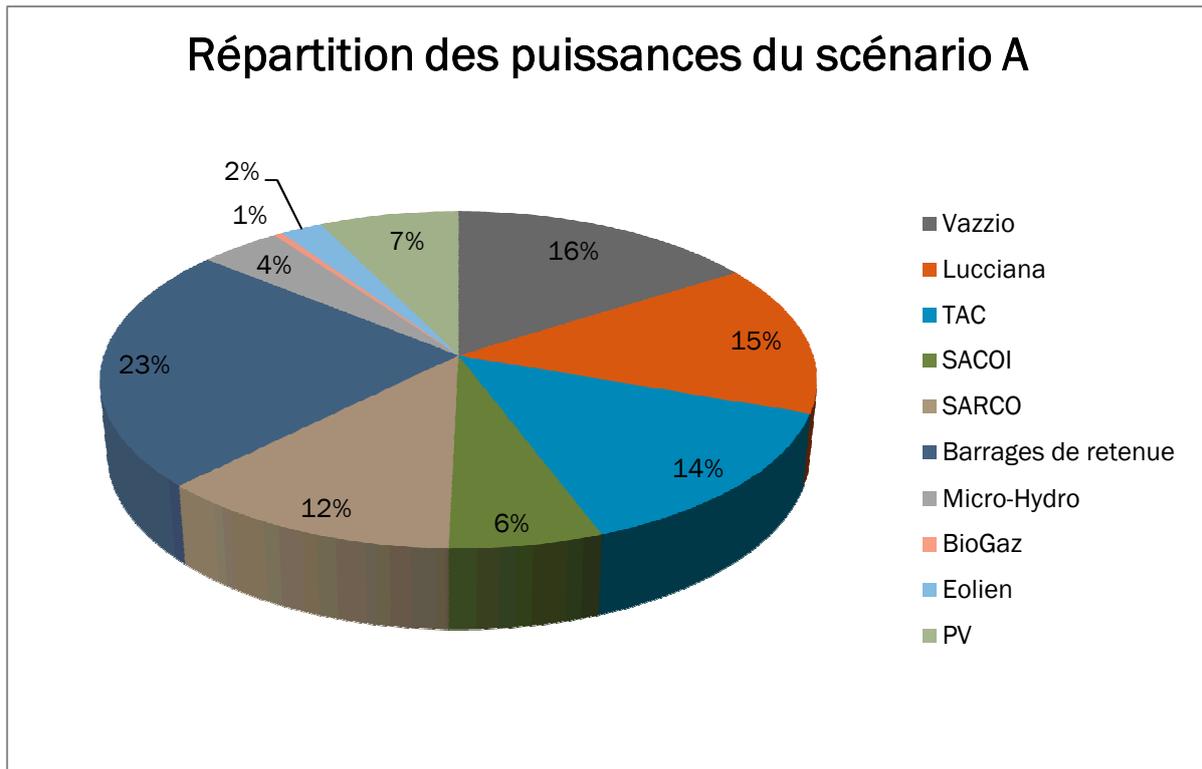
Notre tableau de répartition des puissances du scénario synthétise les volumes d'intégration de puissance par différents types d'installations. On intègre directement dans le tableau les pertes de 15 % de façon théorique en les soustrayant du total. Cela nous permet d'obtenir la puissance théorique disponible pour satisfaire la demande.

On voit qu'il existe une amplitude significative entre l'expression des besoins anticipés de puissance nécessaire au fonctionnement du système énergétique Corse et la puissance théorique disponible. Comme nous l'avons identifié précédemment les besoins s'établissent

en moyenne de 250 MW à 450 MW en prenant en compte les différences de besoin des saisons.

L'amplitude est nécessaire car la puissance théorique ne peut déterminer la puissance qui sera opérationnelle pour certains outils de production. La pluviométrie, l'ensoleillement, les régimes de vent peuvent être anticipés mais ils ne peuvent pas être planifiés. Cela confère des approximations qui peuvent être partiellement corrigées par une amplitude entre les moyens de satisfaction de la demande et la demande.

L'agencement des scénarios repose sur des formulations de puissance théorique qui sont rendues opérationnelles par les gestionnaires de réseaux qui ajustent en temps réel la production à la consommation.



**FIGURE 9.9 DIAGRAMME DES PUISSANCES DU SCENARIO A**

La répartition des puissances par diagramme circulaire du scénario A fournit un confort de lecture et une compréhension aisée du mix énergétique du scénario.

On y voit la prépondérance de l'hydro modulable ou barrage de retenue ( 8 installations) dans le mix à hauteur de 25 % mais en additionnant les puissances thermiques de base comme le Vazzio et Lucciana avec la puissance d'appoint des turbines à combustion ( TAC), ce sont les installations thermiques qui « dominant » le mix ( 16+14+15= 45 %) .

L'interconnexion par le SARCO et SACOI s'octroient 20 % du mix.

Enfin, apparaissent les installations de micro-Hydraulique ( 4 %), l'éolien ( 2 %), le Photovoltaïque 7 % et le biogaz pour seulement 1 %.

Ce diagramme nous permet de percevoir que les instances gouvernantes ont établi un mix relativement équilibré en dimensionnant les puissances des installations de façon homogène afin de s'assurer une gestion optimale du système énergétique.

### 3.3.2.3 Le scénario B ou « l'hydro-électricité renforcée »

Notons que ce scénario B sera ultérieurement désigné par a2 lorsque nous mettrons en œuvre la méthodologie multicritère RUBIS.

#### Configuration :

Cette fois ci, le scénario B correspond à une configuration plus hypothétique. Il repose sur une intention de valoriser les ressources locales de l'Île en renforçant significativement le rôle de l'hydraulique dans le mix. Il s'appuiera sur les formulations du scénario A en insérant un barrage de retenue supplémentaire, les centrales micro- hydraulique prévues dans le scénario A ainsi que l'introduction des STEP.

Le scénario B reprend donc les bases du scénario A en s'appuyant sur l'implantation d'outil de production et de stockage hydraulique.

Le premier d'entre eux concerne l'aménagement du barrage d'Olivese. Il est introduit dans le plan EnR- MDE de la région Corse que nous avons présenté dans le chapitre précédent.

Le plan EnR de la région Corse faisant état d'un potentiel de production annuel de 57 GWh.

Les données utilisées pour évaluer le barrage d'Olivese sur le critère économique correspondent aux informations obtenues sur les barrages existants.

(C.T.C, 2007) (Notton et al. 2005)

Cette donnée nous a permis de définir la puissance maximum théorique que pourrait fournir l'éventuel barrage d'Olivese sur une année, car en étudiant de plus près le rapport existant entre production annuelle net et puissance maximum sur les autres barrages de retenue, nous avons observé un rapport d'environ 3,45. Ce rapport ramené à notre donnée théorique issu du plan EnR de la région Corse, a permis de déterminer une puissance maximum théorique de 16,52 MW pour l'éventualité d'implantation d'un barrage de retenue sur le site de la commune d'Olivese.

Pan= Production annuelle net (GWH/an)

Pm = Puissance Maximum (MW)

Installations	Production annuelle net	Puissance Max	Rapport Pan / Pm
Castirla	98,5	28,5	3,4561404
Corscia	44,92	13	3,455384615
Sovenzia	52,89	15,3	3,456862745
Sampolo	148,67	43	3,45744186
Rizzanese	190,1593023	55	3,45744186
Tolla	53,92	15,6	3,456410256
Ocana	52,21	15,1	3,457615894
Pont de la Vanna	29,72	8,6	3,455813953
Olivese	57	16,52	3,4566389

Cette appréciation est approximative, néanmoins elle permet d'introduire un outil de production d'électricité supplémentaire dans notre évaluation et enfin configurer notre scénario B.

Nous avons souhaité introduire deux STEP dans notre scénario B. Nous aurions pu être nettement plus ambitieux en introduisant une hypothèse d'intégration plus importante de STEP en Corse. Nous y reviendrons par la suite dans notre prochain scénario.

Les Station de Transfert d'Energie par Pompage ou STEP sont des solutions de stockage, actuellement l'essentiel du stockage mondial d'énergie électrique est assuré par 350 S.T.E.P. de 400 MW en moyenne, soit près de 150 GW au total.

Les S.T.E.P. opèrent entre deux réservoirs avec une dénivelée usuellement comprise entre 80 m et 1000 m. Les pays à faible relief peuvent bénéficier des avantages des STEP marines à condition de posséder une façade maritime.

En Corse, territoire insulaire fortement montagneux, il existe une double possibilité d'intégration, car les espaces montagneux et maritimes sont éligibles.

Nous choisirons d'introduire une STEP de montagne ainsi qu'une STEP marine, deux STEP intégreront le scénario B elles permettront entre autres d'insérer l'excédent de production des énergies intermittentes.

Dans ce cas de figure, elles permettraient de valoriser l'intégralité de la production issue des sources renouvelables intermittentes en le rétribuant en fonction des besoins de consommation.

Une STEP de 25 MWc sera implanté sur le territoire et une autre de 25 MWc en façade maritime

Les choix de localisation peuvent être multiples car il existe de nombreux espaces en Corse qui possède des caractéristiques propices à l'implantation de STEP.

Pour la première de montagne, elle sera localisée sur un site de barrage de retenue existant afin de bénéficier du plan d'eau disponible pour le barrage.

La deuxième maritime, viendra se positionner sur un espace relativement proche des sites éoliens mais absent d'habitation ou « d'interaction humaine ».

Le scénario B disposera des installations thermiques de Lucciana et du Vazzino telles que présentées dans le scénario A.

Les installations hydrauliques avec l'apport d'une installation supplémentaire (Olivese) ainsi que les installations de « micro hydraulique » renforcées telles que prévues dans le scénario A. (EDF, 2013)

L'éolien et le solaire photovoltaïque seront eux aussi intégrées dans le scénario à hauteur respectives de 18 MWc et 60 MWc tels qu'ils sont aujourd'hui en fonctionnement sur l'île.

Le biogaz sera renforcé comme dans le scénario 1 à hauteur de 2MW supplémentaire. Ce qui portera ses capacités à 3,7 MWc.

#### Fonctionnement :

Comme pour le scénario précédent le renouvellement de la centrale de Lucciana est anticipé.

La base est assurée par les centrales thermiques de Lucciana et du Vazzino, les installations micro-hydraulique, l'éolien, le solaire photovoltaïque, le biogaz et l'interconnexion.

La semi-base par les STEP, l'hydro-modulable, les centrales thermiques et l'interconnexion.

La pointe par les STEP, l'hydro-modulable, les TAC de Lucciana et l'interconnexion.

Nous considérons pour le scénario B la répartition des productions suivantes telles que 42 % d'énergie renouvelable, 17 % d'interconnexion et 41 % issus des installations thermiques.

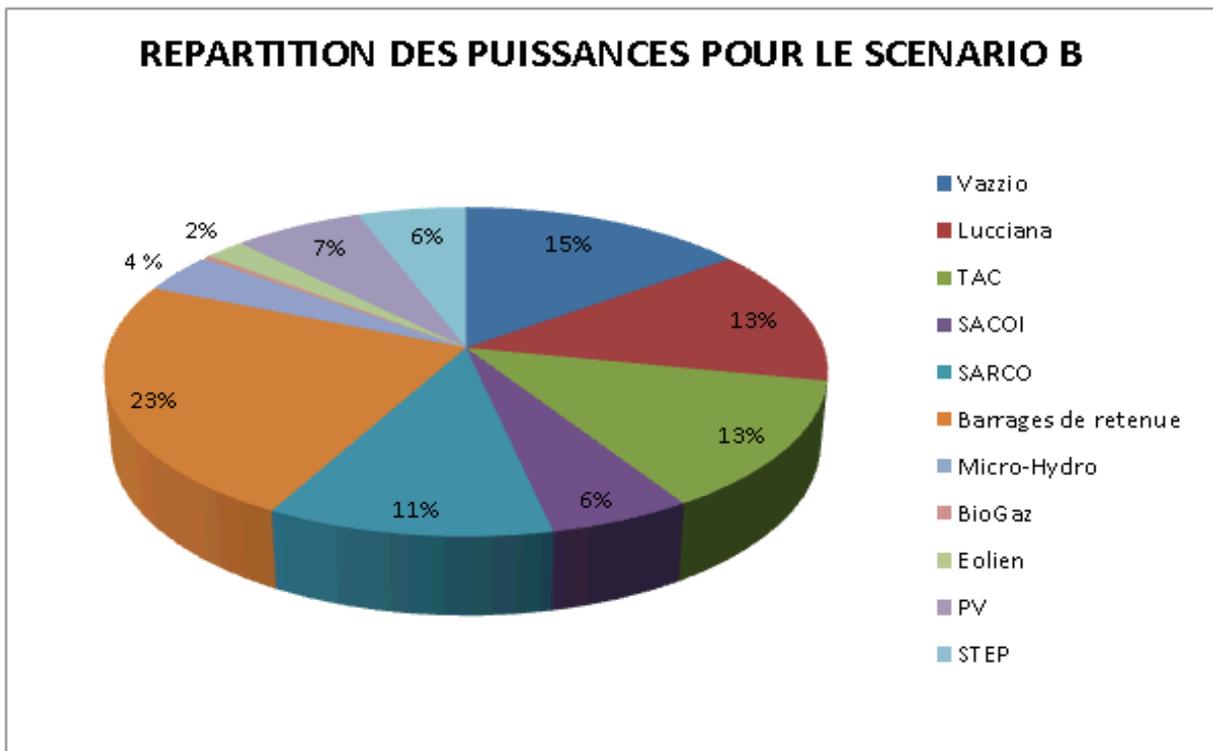
INSTALLATIONS	PUISSANCES (en MWc)
Vazzino	132,3
Lucciana	120
TAC	115
SACOI	50
SARCO	100
Barrages de retenue	210,5
Micro-Hydro	35
BioGaz	3,7
Eolien	18
PV	60
STEP	50
TTX avant pertes	894,5
<b>Pertes</b>	<b>134,175</b>
TTX avec pertes	760,325

**TABLEAU 14.9 REPARTITION DES PUISSANCES POUR LE SCENARIO B**

Notre tableau de répartition des puissances du scénario synthétise les volumes d'intégration de puissance par différents types d'installations. On intègre directement dans le tableau les pertes de 15 % de façon théorique en les soustrayant du total. Cela nous permet d'obtenir la puissance théorique disponible pour satisfaire la demande.

Comme pour le scénario A, on voit qu'il existe une amplitude significative entre l'expression des besoins anticipés de puissance nécessaire au fonctionnement du système énergétique Corse et la puissance théorique disponible. Comme nous l'avons identifié précédemment les besoins s'établissent en moyenne de 250 MW à 450 MW en prenant en compte les différences de besoin des saisons.

L'agencement des scénarios repose sur des formulations de puissance théorique qui sont rendues opérationnelles par les gestionnaires de réseaux qui ajustent en temps réel la production à la consommation.



**FIGURE 10 DIAGRAMME DES PUISSANCES DU SCENARIO B**

La répartition des puissances par diagramme circulaire du scénario A fournit un confort de lecture et une compréhension aisée du mix énergétique du scénario.

Le diagramme indique comme prévu une prépondérance renforcée des capacités de production d'hydro-électricité. Un barrage de retenue supplémentaire est venu s'ajouter ainsi que deux STEP, permettant ainsi aux forces hydrauliques de représenter (23+4+6) 33 % des capacités productives du mix énergétique Corse.

Les outils thermiques, en additionnant les installations du Vazzio, de Lucciana avec les turbines à combustion comprises, représentent 41 % du mix.

La proportion issue des interconnexions atteint 17 %, le photovoltaïque 7 %, l'éolien et le biogaz deviennent marginales en totalisant moins de 3 %.

L'observation du diagramme du scénario B révèle un mix relativement équilibré avec un renforcement des capacités de production hydraulique.

On note une décroissance des capacités d'interconnexion par rapport aux scénarios A. Ce mix définit un agencement accessible pour la Corse.

### **3.3.2.4 Le scénario C ou « l'intégration renforcée des EnR »**

Notons que ce scénario C sera ultérieurement désigné par a3 lorsque nous mettrons en œuvre la méthodologie multicritère RUBIS.

#### Configuration :

Le dernier scénario évalué peut être considéré comme une version plus ambitieuse du scénario B. Il sera nettement plus hypothétique, car cette trajectoire ne respecte pas le cadre législatif en vigueur, conçu pour ne pas dépasser une limite de 30 % d'énergies renouvelables aléatoire.

Cependant, nous avons désiré imaginer un renforcement de l'intégration des EnR, en diversifiant et développant les sources renouvelables, l'interconnexion et le STEP.

Cette fois ci nous solliciterons une nouvelle fois l'installation de Lucciana mais en fonctionnant avec la ressource « gaz ».

La perte de 5% sera directement répercutée dans les capacités de production de l'outil ce qui représente une perte théorique de 6 MW, amenant les capacités de production de la centrale de Lucciana à 114 MWc. Les turbines à combustion seront abandonnées.

On anticipera l'intégration de la nouvelle centrale du Vazzio en pariant sur l'apparition d'une centrale à cycle combiné gaz qui possède une certaine flexibilité d'utilisation en intégrant des contraintes environnementales d'envergure.

De plus EDF possède l'expérience et le savoir-faire dans la construction et l'utilisation de ce type d'ouvrage.

(EDF, 2013)

Les installations hydrauliques seront identiques au scénario B, avec l'introduction du barrage d'Olivese et le renforcement des capacités micro-hydraulique. Le total des puissances sera de 245, 5 MWc.

Des STEP supplémentaires apparaîtront, il y aura deux STEP en montagne et trois sur le littoral.

Les deux STEP de montagne seront de capacité identique, de 25 MWc chacune, elles viendront s'insérer comme dans le scénario B sur deux installations de barrage de retenue.

Les trois STEP maritimes seront disposées harmonieusement sur le territoire, de façon à ne pas engendrer de conflit d'usage avec les espaces touristiques. Nous établirons une STEP de 25 MWc et deux de 50 MWc.

Le potentiel total de STEP sera ainsi porté à 175 MWc, ce qui amplifie significativement leur rôle dans le système énergétique insulaire. Ce renforcement permettra d'intégrer un haut niveau d'énergie éolienne et solaire photovoltaïque dans le mix.

Le scénario C va intégrer de nouvelles capacités éoliennes (Duque, 2011) et photovoltaïque de façon d'une part, à satisfaire les capacités des STEP puis d'éventuellement exportés nos surcapacités par le biais d'une interconnexion renforcée.

L'éolien atteindra 100 MWc tels qu'il fut planifié initialement dans son schéma de développement.

Nous n'intégrerons pas les solutions d'éolien off-shore flottant car après concertation nous avons choisi de privilégier les solutions énergétiques ayant une certaine maturité technologique. L'éolien off-shore est encore en stade d'expérimentation.

Les sites venteux de l'Île seront sollicités pour leur implantation par l'intermédiaire d'un foisonnement sur le territoire.

(C.T.C, 2007)

Les puissances issus du photovoltaïque seront doublés, elles seront de 120 MWc. Les nouvelles capacités productives seront intégrées par un renforcement des installations existantes ou par l'introduction de nouvelles installations sur le territoire.

La solaire thermodynamique apparaîtra à son tour afin d'atteindre un potentiel de 50 MWc. Deux installations de 25 MWc seront privilégiées. Leur implantation correspond à l'appel d'offres infructueuses lancées par la région Corse en 2011.

(C.T.C, 2011)

L'interconnexion sera aussi renforcée sur le territoire intérieur afin de bénéficier en autoconsommation des ressources locales et vers l'extérieur en augmentant les capacités existantes. Le SACOI gagnera 100 MW afin d'atteindre 150 MWc et le SARCO 50 MW pour bénéficier d'une potentialité de 150 MWc.

Ces dispositions apparaissent comme indispensables pour valoriser nos intentions de développement d'énergie renouvelables intermittente du scénario C.

Le biogaz de Tallone est inchangé. Il comprendra 3,7 MWc.

Nous aurions voulu intégrer le projet d'expérimentation Smart Grid, Millener, mais nous manquons de retour d'information sur le projet. Nous avons aussi souhaités intégrer des solutions matures dans nos hypothétiques scénarios d'avenir.

(Projet Millener, 2013)

Le scénario s'appuiera sur configuration hybride associant l'intégralité des potentialités d'intégration de ressources locales dans le mix. Il permet aussi une réduction significative des polluants atmosphérique par l'abandon des TAC de Lucciana et le passage au gaz de la centrale du Vazzio.

#### Fonctionnement :

En base il y aura les installations de Lucciana et du Vazzio, la micro-hydraulique, l'éolien terrestre, le solaire photovoltaïque et thermodynamique, le biogaz et l'interconnexion.

La semi-base par les STEP, l'hydro-modulable, le Vazzio et l'interconnexion.

La pointe par les STEP, l'hydro-modulable, l'interconnexion.

Les outils de flexibilité joueront un rôle prépondérant dans les trois scénarios mais particulièrement dans le scénario C.

Nous considérons pour le scénario C la répartition des productions suivantes telles que 56 % d'énergie renouvelable, 24 % d'interconnexion et 20 % issus des installations du Vazzio et de Lucciana.

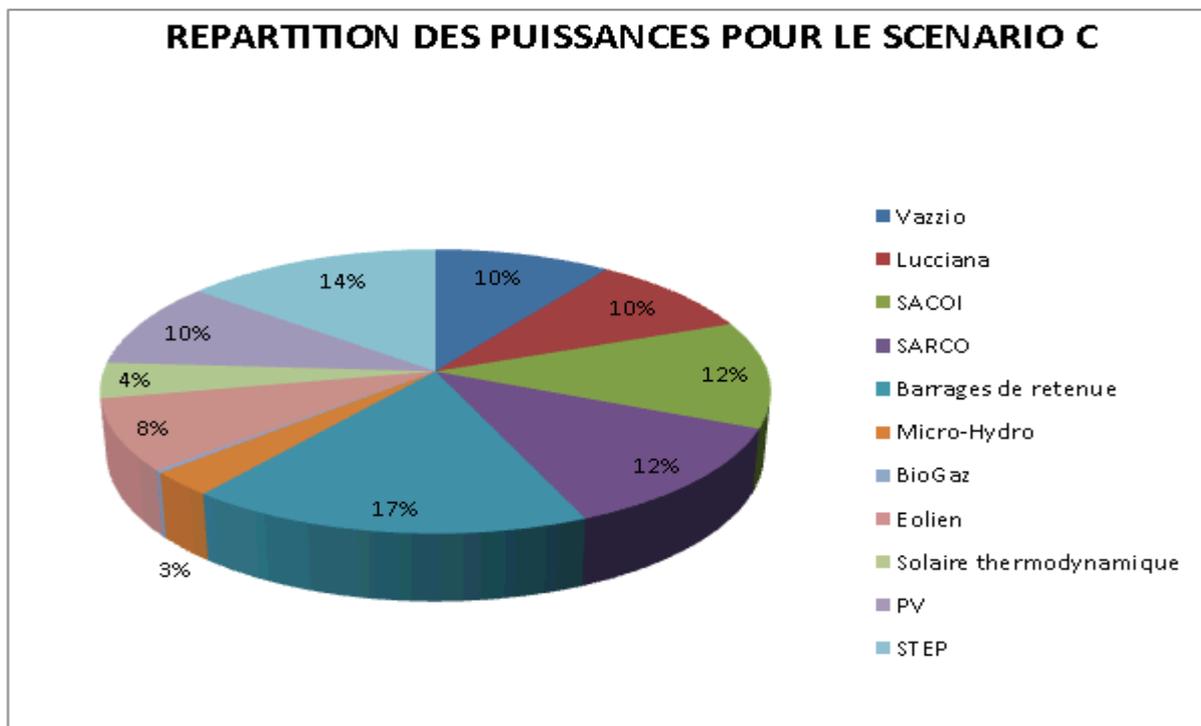
INSTALLATIONS	PUISSANCES (en MWc)
Vazzio	120
Lucciana	116
SACOI	150
SARCO	150
Barrages de retenue	210,5
Micro-Hydro	35
BioGaz	3,7
Eolien	100
Solaire thermodynamique	50
PV	120
STEP	175
TTX avant pertes	1180,2
<b>Pertes</b>	<b>177,03</b>
TTX avec pertes	1003,17

**TABLEAU 15 REPARTITION DES PUISSANCES POUR LE SCENARIO C**

Notre tableau de répartition des puissances du scénario synthétise les volumes d'intégration de puissance par différents types d'installations. On intègre directement dans le tableau les pertes de 15 % de façon théorique en les soustrayant du total. Cela nous permet d'obtenir la puissance théorique disponible pour satisfaire la demande.

Comme pour le scénario A et B, on voit qu'il existe une amplitude significative entre l'expression des besoins anticipés de puissance nécessaire au fonctionnement du système énergétique Corse et la puissance théorique disponible. Comme nous l'avons identifié précédemment les besoins s'établissent en moyenne de 250 MW à 450 MW en prenant en compte les différences de besoin des saisons.

L'agencement des scénarios repose sur des formulations de puissance théorique qui sont rendus opérationnelles par les gestionnaires de réseaux qui ajustent en temps réel la production à la consommation.



**FIGURE 10.1 DIAGRAMME DES PUISSANCES DU SCENARIO C**

Le diagramme indique comme prévu un renforcement majeur des capacités de productions issues des énergies renouvelables. L'addition des barrages de retenue, de la micro-hydraulique, du biogaz, de l'éolien, du solaire thermodynamique, du photovoltaïque et des STEP représentent pas moins de 56 %.

Les installations du Vazzio et de Lucciana représentent 20 % des puissances théoriques disponibles.

La proportion issue des interconnexions atteint 24 %.

L'observation du diagramme du scénario C révèle un mix avec un renforcement des capacités de production renouvelable. Ce mix est plus hypothétique que les autres présentées précédemment. Il formule tout de même une autre forme de dispositions des capacités productives. Il représente une intégration importante des solutions du développement durable.

Le scénario C atteint ambitieusement 56 % d'énergies renouvelables.

### 3.3.2.5 Récapitulatif sur les scénarios d'avenir énergétique

Les tableaux ci-dessus permettent de distinguer aisément l'ensemble des installations retenues dans les scénarios d'avenir énergétique de la Corse.

Les hypothèses exprimées dans les scénarios sont réalistes. Les différentes installations et puissances correspondantes en témoignent.

Le scénario A reprend les planifications des instances décisionnelles.

Le scénario B renforce les installations hydro-électriques sur le territoire.

Le scénario C est certainement le plus ambitieux. Il propose d'une part, un volume d'intégration de ressources renouvelables dans son mix assez important et une homogénéité dans les sources d'énergies valorisées.

Scénario A		Scénario B		Scénario C	
INSTALLATIONS	PUISSANCES (en MW)	INSTALLATIONS	PUISSANCES (en MW)	INSTALLATIONS	PUISSANCES (en MW)
Vazzino	132,3	Vazzino	132,3	Vazzino	120
Lucciana	120	Lucciana	120	Lucciana	116
TAC	115	TAC	115	SACOI	150
SACOI	50	SACOI	50	SARCO	150
SARCO	100	SARCO	100	Barrages de retenue	210,5
Barrages de retenue	194	Barrages de retenue	210,5	Micro-Hydro	35
Micro-Hydro	35	Micro-Hydro	35	BioGaz	3,7
BioGaz	3,7	BioGaz	3,7	Eolien	100
Eolien	18	Eolien	18	Solaire thermodynamique	50
PV	60	PV	60	PV	120
TTX avant pertes	828	STEP	50	STEP	175
Pertes	124,2	TTX avant pertes	894,5	TTX avant pertes	1180,2
TTX avec pertes	703,8	Pertes	134,175	Pertes	177,03
		TTX avec pertes	760,325	TTX avec pertes	1003,17

TABLEAU 15.1 REPARTITION DES PUISSANCES POUR L'ENSEMBLE DES SCENARIOS

## 3.4 Construction des critères d'évaluation

### 3.4.1 Elaboration d'une famille de critères d'évaluation des installations

Nous avons préalablement développé les critères et indicateurs théoriquement éligibles pour une évaluation multicritère. Nous allons maintenant introduire la famille de critère « pratique » qui sera utilisée pour notre évaluation de scénarios d'avenir. Nous respecterons les classes de critères du développement durable en introduisant un critère par dimension associée.

#### 3.4.1.1 Coût de production de l'électricité

Le critère économique que nous retiendrons est un coût de référence de la production électrique, il s'agit du **coût de production de l'électricité**. Il est basé sur l'installation de référence (investissement, exploitation, maintenance), le prix des combustibles pour les installations concernées et le taux de change correspondant (de nombreux prix, dont celui des

énergies primaires, sont liés au cours du dollar américain), le taux d'actualisation, la durée de vie économique des installations et la fiscalité.

De par notre position, il est bien évidemment impossible d'obtenir par nos soins l'ensemble des éléments permettant d'établir précisément le coût de production d'électricité. Par ailleurs, on observe une grande opacité dans la diffusion de ce type d'information.

Le ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie fournit un document censé présenter les coûts de référence de la production électrique. Le ministère indique les raisons de cette opacité sur son site internet « *Enfin, s'agissant d'informations commercialement sensibles dans des marchés concurrentiels particulièrement tendus, il a été considéré préférable de ne pas publier, pour les moyens de production centralisés, les hypothèses et les résultats en valeur absolue mais plutôt, dans ce document public de synthèse, de présenter les résultats sous forme indiciaire permettant ainsi d'évaluer la compétitivité relative des filières en fonction de différents paramètres pour le cas échéant participer à la définition du mix optimal. Cependant, pour les énergies renouvelables à l'économie régulée par les tarifs d'obligation d'achat, il a été jugé essentiel de présenter les coûts de manière à vérifier que les tarifs définis par le gouvernement couvrent bien les coûts de production.* »

(M.E.D.D.E, 2008) (M.E.D.D.E, 2013)

L'obtention des différents coûts de production des installations existantes, est issue d'une collecte d'informations présentes sur différentes publications. Notre critère d'évaluation économique possède une part d'approximation relative à l'impossibilité d'en vérifier la pleine véracité en Corse (Notton et al. 2005) (Marrero, 2010) (Greenblatt, 2006) (IPPC, 2011) (SRU, 2011).

### 3.4.1.2 Emissions de CO<sub>2</sub>

Le choix du critère environnemental a retenu une attention particulière. En effet, nous avons vu précédemment que nous étions dans l'impossibilité d'obtenir des informations relatives aux impacts sanitaires humains ou aux impacts sanitaires sur l'écosystème engendrés par les outils de production électriques installés en Corse.

Dans un souci d'apporter une contribution environnementale par critère interposé, nous avons choisi de recueillir auprès de l'ADEME et d'EDF entre autres, les moyennes d'émissions en CO<sub>2</sub> des différentes filières de production d'électricité dans le but de les insérer dans l'évaluation. Les informations ci-dessous sont issues de source bien distincte. Il nous aura fallu compiler les données recherchées.

(ADEME, 2013) (EDF, 2013) (La Jaune et le Rouge, 2000) (SFEN, 2013)

<b>Modes de production</b>	1 kWh Hydro	1 kWh Fuel	1 kWh cycle combiné gaz	1 kWh Photo- voltaïque	1 kWh Eolien	1 kWh Thermo solaire	1 kWh SARCO	1 kWh SACOI	1 kWh Biogaz
<b>Emissions de CO<sub>2</sub> par KWh (en grammes)</b>	4	891	427	100	20	12	227	245	0

**TABLEAU 15.2 EMISSIONS MOYENNES DE CO<sub>2</sub> DES DIFFERENTES FILIERES DE PRODUCTION D'ELECTRICITE PAR KWH**

Les **émissions moyennes en grammes de CO<sub>2</sub> par kWh** des interconnexions (SARCO et SACOI) ont été obtenues par l'intermédiaire des mix énergétiques Sarde et d'Italie continentale.

(Tiana, 2013) (IFRI, 2012)

### 3.4.1.3 Principe NIMBY

Nous retiendrons le critère associé au **principe NIMBY** formulé dans nos intentions initiales d'évaluation.

Le choix du critère social fut déterminé par le sens intrinsèque du critère retenu et par sa vulgarisation scientifique associée.

Le principe NIMBY vient témoigner de la pertinence des indicateurs d'impact social, car il désigne l'attitude des personnes qui veulent tirer profit des avantages d'une technologie moderne, mais qui refusent de subir dans leur environnement, les nuisances liées aux infrastructures nécessaires à son installation.

- 0. Absence de NIMBY
- 1. NIMBY faible
- 3. NIMBY Important
- 6. NIMBY total

Cette échelle indiquant des degrés de tolérance d'acceptation de solution énergétique désigne par l'appréciation d'un individu, la capacité à plus ou moins accepter dans « son espace de vie », des infrastructures nécessaires aux besoins collectifs.

Le niveau de nimbyisme tient compte ici de la taille de l'installation, plus elle est importante plus le nimbyisme est grand. A titre illustratif, l'échelle qualitative est codée numériquement par différence linéaire croissante.

<b>0</b>	L'absence de principe NIMBY signifie qu'il n'existe pas de refus d'implantation d'installation dans un périmètre proche affectant « l'espace » d'un individu.
<b>1</b>	Un NIMBY faible indique qu'il y a une faible réticence d'implantation.
<b>3</b>	Un NIMBY important précise qu'il y a une volonté importante de ne pas subir l'implantation ou la présence d'une installation.
<b>6</b>	Le NIMBY total engendre un refus catégorique d'installation dans un périmètre proche de l'individu.

**TABLEAU 15.3 ECHELLE D'EVALUATION DU CRITERE SOCIAL NIMBY**

### 3.4.1.4 Libre circulation de l'information

Le dernier critère correspond aussi à nos intentions initiales d'évaluation, comme pour le critère économique et le critère social.

Le choix du critère de gouvernance dans l'élaboration de la famille de critères d'évaluation des scénarios s'est portée sur la transparence. La **transparence de l'information** permet ici d'appréhender le contexte plus au moins opaque dans lequel l'évaluation est inscrite.

Il s'agit cette fois d'intégrer le critère associé à la transparence. La transparence est véhiculée par la **libre circulation de l'information** concernant l'installation. La notion de transparence de l'information permet d'assimiler les éléments de compréhension nécessaires à l'évaluation de la gouvernance.

Nous renseignons l'échelle qualitative d'accès à l'information, codée numériquement par différence linéaire croissante à titre illustratif.

<b>0</b>	Absence de transparence signifie qu'il n'y a pas d'informations relatives aux installations
<b>1</b>	Faible transparence témoigne d'une quantité restreinte d'informations disponibles sur les installations
<b>3</b>	Forte transparence indique une présence importante d'information
<b>6</b>	Totale transparence évoque une absence d'opacité, l'ensemble des informations sont disponibles

**TABLEAU 15.4 PRESENTATION DES DIFFERENTES « ECHELLES » D'INTEGRATION DE LA NOTION DE TRANSPARENCE**

### 3.4.2 Elaboration d'une famille de critères d'évaluation des scénarios

Chaque critère d'évaluation des installations qui composent un scénario d'avenir énergétique a livré des valeurs dont la synthèse (moyenne arithmétique, somme, cumuls de fréquences relatives) constitue le critère d'évaluation d'un scénario (Tableaux 15.3, 15.4 et 15.5). En retenant ce principe de construction, la famille des critères d'évaluation des scénarios a été obtenue.

#### 3.4.2.1 Coût moyen de production

Le critère économique d'évaluation de chaque scénario, noté  $g_1$ , est le **coût moyen de production de l'électricité, exprimé en €/kWh**.

Il est obtenu par une moyenne arithmétique, correspondant à la somme des coûts de production de l'électricité des installations composant un scénario divisée par le nombre total d'installations de ce même scénario.

Ce critère, à minimiser, se base sur des valeurs publiées mais dont nous considérerons plus loin une marge d'erreur.

#### 3.4.2.2 Emissions totales de CO<sub>2</sub>

Le critère environnemental d'évaluation de chaque scénario, noté  $g_2$ , a été construit sur la base des **émissions totales de CO<sub>2</sub> en g/kWh**. Elles sont obtenues par la somme de ces émissions pour l'ensemble des installations d'un scénario. Ce critère, à minimiser, renvoie des valeurs approximatives ; ce qui nous conduira à retenir ultérieurement une marge d'erreur.

#### 3.4.2.3 Part relative de NIMBY important ou total

L'évaluation de chaque scénario sur ce critère social, noté  $g_3$ , livre la somme du pourcentage de Nimbisme important (code numérique 3) et du pourcentage de Nimbisme total (code

numérique 6). La part relative obtenue, en **% de valeurs 3 ou 6**, est naturellement à minimiser.

Illustrons le calcul pour le scénario énergétique A, composé de 33 installations.

- 3 cas d'absence de principe NIMBY (code numérique 0), soit 9,09% des installations.
- 16 cas de NIMBY faible (code numérique 1), soit 48,48% des installations.
- 13 cas de NIMBY important (code numérique 3), soit 39,39% des installations.
- 1 cas de NIMBY total (code numérique 6), soit 3,03% des installations.

Ainsi, en cumulant les parts relatives de NIMBY important ou total, l'évaluation du scénario A sur ce critère est  $39,39\% + 3,03\% = 42,42\%$  de valeurs 3 ou 6. Notons qu'une autre technique de codage numérique de l'échelle qualitative conduirait aux mêmes pourcentages.

#### **3.4.2.4 Part relative de transparence forte ou totale**

Ce critère de gouvernance, noté  $g_4$ , est bâti selon le même principe que le précédent. Pour chaque scénario, il livre la somme du pourcentage de transparence forte (code numérique 3) et du pourcentage de transparence totale (code numérique 6) assignés aux installations énergétiques. La part relative obtenue, en **% de valeurs 3 ou 6**, est naturellement à maximiser. Comme précédemment, le recours à une autre technique de codage numérique de l'échelle qualitative conduirait aux mêmes pourcentages.

Ainsi, les valeurs obtenues par chaque scénario sur les quatre critères renseignés sont livrées aux tableaux qui suivent.

Types d'installation	Installations	Coût de production (€/kWh)	Emissions de CO <sub>2</sub> (g/kWh)	NIMBY	Libre circulation de l'information
Thermique	Vazzio (diesel)	0,1736	891	3	0
	Lucciana (diesel)	0,1736	891	3	0
	Lucciana (TAC)	2,9760	891	6	0
Interconnexion	SACOI	0,0360	245	0	1
	SARCO	0,0360	227	0	1
Barrages de retenue	Castirla	0,0957	4	3	1
	Corscia	0,0957	4	3	1
	Sovenzia	0,0957	4	3	1
	Sampolo	0,0957	4	3	1
	Rizzanese	0,0957	4	3	1
	Tolla	0,0522	4	3	1
	Ocana	0,0522	4	3	1
	Pont de la Vanna	0,0522	4	3	1
Micro-Hydraulique	Soccia 1	0,0530	4	1	1
	Bocognano	0,0530	4	1	1
	Soccia 2	0,0530	4	1	1
	Valle di Rostino	0,0530	4	1	1
	Asco	0,0530	4	1	1
	Sartene	0,0530	4	1	1
	Giuncaggio	0,0530	4	1	1
	Cargiaga	0,0530	4	1	1
	San Giuliano	0,0530	4	1	1
	Quenza	0,0530	4	1	1
	Lucciana	0,0530	4	1	1
	Olivese	0,0530	4	1	1
	Calzola	0,0530	4	1	1
	Zicavo	0,0530	4	1	1
Bio Gaz	Tallone	0,1700	0	0	3
Eoliens	Ersa	0,1080	20	3	6
	Rogliano	0,1080	20	3	6
	Calenzana	0,1296	20	3	6
Photovoltaïques	PV implantés	0,1354	100	1	6
Micro-Hydraulique	Renforcement micro-hydraulique	0,0530	4	1	1
SYNTHESES SCENARIO A		<b>0,1693</b>	<b>3397</b>	<b>42,42</b>	<b>15,15</b>
		<b>Coût moyen de production (€/kWh)</b>	<b>Emissions totales de CO<sub>2</sub> (g/kWh)</b>	<b>Part relative de NIMBY important ou total (% de valeurs 3 ou 6)</b>	<b>Part relative de transparence forte ou totale (% de valeurs 3 ou 6)</b>

Types d'installation	Installations	Coût de production (€/kWh)	Emissions de CO <sub>2</sub> (g/kWh)	NIMBY	Libre circulation de l'information
<b>Thermique</b>	Vazzio (diesel)	0,1736	891	3	0
	Lucciana (diesel)	0,1736	891	3	0
	Lucciana (TAC)	2,9760	891	6	0
<b>Interconnexion</b>	SACOI	0,0360	245	0	1
	SARCO	0,0360	227	0	1
<b>Barrages de retenue</b>	Castirla	0,0957	4	3	1
	Corscia	0,0957	4	3	1
	Sovenzia	0,0957	4	3	1
	Sampolo	0,0957	4	3	1
	Olivese	0,0957	4	3	1
	Rizzanese	0,0957	4	3	1
	Tolla	0,0522	4	3	1
	Ocana	0,0522	4	3	1
Pont de la Vanna	0,0522	4	3	1	
<b>Micro-Hydraulique</b>	Soccia 1	0,0530	4	1	1
	Bocognano	0,0530	4	1	1
	Soccia 2	0,0530	4	1	1
	Valle di Rostino	0,0530	4	1	1
	Asco	0,0530	4	1	1
	Sartene	0,0530	4	1	1
	Giuncaggio	0,0530	4	1	1
	Cargiaga	0,0530	4	1	1
	San Giuliano	0,0530	4	1	1
	Quenza	0,0530	4	1	1
	Lucciana	0,0530	4	1	1
	Olivese	0,0530	4	1	1
	Calzola	0,0530	4	1	1
Zicavo	0,0530	4	1	1	
<b>Bio Gaz</b>	Tallone	0,1700	0	0	3
<b>Eoliens</b>	Ersa	0,1080	20	3	6
	Rogliano	0,1080	20	3	6
	Calenzana	0,1296	20	3	6
<b>Photovoltaïques</b>	PV implantés	0,1354	100	1	6
<b>Stockage hydraulique</b>	STEP Classique	0,0300	4	3	3
	STEP Marine	0,0700	4	1	3
<b>Micro-Hydraulique</b>	Renforcement micro-hydraulique	0,0530	4	1	1
<b>SYNTHESES SCENARIO B</b>		<b>0,1576</b>	<b>3409</b>	<b>44,44</b>	<b>19,44</b>
		<b>Coût moyen de production (€/kWh)</b>	<b>Emissions totales de CO<sub>2</sub> (g/kWh)</b>	<b>Part relative de NIMBY important ou total (% de valeurs 3 ou 6)</b>	<b>Part relative de transparence forte ou totale (% de valeurs 3 ou 6)</b>

Types d'installation	Installations	Coûts de production (€/kWh)	Emissions de CO <sub>2</sub> (g/kWh)	NIMBY	Libre circulation de l'information
Gaz	Vazzio Gaz	0,0773	427	1	6
	Lucciana Gaz	0,0773	427	1	6
Interconnexion	SACOI	0,0360	245	0	1
	SARCO	0,0360	227	0	1
Barrages de retenue	Castirla	0,0957	4	3	1
	Corseia	0,0957	4	3	1
	Sovenzia	0,0957	4	3	1
	Sampolo	0,0957	4	3	1
	Olivese	0,0957	4	3	1
	Rizzanese	0,0957	4	3	1
	Tolla	0,0522	4	3	1
	Ocana	0,0522	4	3	1
	Pont de la Vanna	0,0522	4	3	1
Micro-Hydraulique	Soccia 1	0,0530	4	1	1
	Bocognano	0,0530	4	1	1
	Soccia 2	0,0530	4	1	1
	Valle di Rostino	0,0530	4	1	1
	Asco	0,0530	4	1	1
	Sartene	0,0530	4	1	1
	Giuncaggio	0,0530	4	1	1
	Cargiaga	0,0530	4	1	1
	San giuliano	0,0530	4	1	1
	Quenza	0,0530	4	1	1
	Lucciana	0,0530	4	1	1
	Olivese	0,0530	4	1	1
	Calzola	0,0530	4	1	1
	Zicavo	0,0530	4	1	1
Bio Gaz	Tallone	0,1700	0	0	3
Eoliens	Ersa	0,1080	20	3	6
	Rogliano	0,1080	20	3	6
	Calenzana	0,1296	20	3	6
Photovoltaïques	PV implantés	0,1354	100	1	6
Solaire	Solaire Thermique	0,1865	12	1	3
Stockage hydraulique	STEP Classique	0,0300	4	3	3
	STEP Marine	0,0700	4	1	3
Micro-Hydraulique	Renforcement micro-hydraulique	0,0530	4	1	1
Eolien	Renforcement éolien	0,1152	20	3	6
SYNTHESES SCENARIO C		<b>0,0758</b>	<b>1622</b>	<b>37,84</b>	<b>29,73</b>
		<b>Coût moyen de production (€/kWh)</b>	<b>Emissions totales de CO<sub>2</sub> (g/kWh)</b>	<b>Part relative de NIMBY important ou total (% de valeurs 3 ou 6)</b>	<b>Part relative de transparence forte ou totale (% de valeurs 3 ou 6)</b>

**TABLEAU 15.5 EVALUATION DU SCENARIO A SUR LES CRITERES DE SYNTHESE**

**TABLEAU 15.6 EVALUATION DU SCENARIO B SUR LES CRITERES DE SYNTHESE**

**TABLEAU 15.7 EVALUATION DU SCENARIO C SUR LES CRITERES DE SYNTHESE**

Les évaluations des scénarios obtenues ne constituent pas des valeurs parfaites, étant donné les carences et asymétries informationnelles tout comme le caractère partiellement fictif de certains scénarios. Outre ces limites à la connaissance il peut-être légitime, dans l'optique de rechercher un éventuel scénario de bon compromis des critères, de borner la compensation ou le rattrapage des désavantages par les avantages. Ces considérations nous conduisent à évaluer des seuils sur les critères.

### **3.5 Paramètres des critères d'évaluation des scénarios**

Paramétrer les critères d'évaluation consiste à exprimer les valeurs de leurs seuils et de leurs poids relatifs normés.

#### **3.5.1 Evaluation des seuils sur les critères**

Les seuils sur les critères constituent de paramètres de l'évaluation, souvent appréhendés comme l'expression de limites cognitives ou compensatoires. Nous définirons les valeurs du seuil d'indifférence, de préférence et de veto pour chaque critère retenu (Nafi et Werey, 2010) (Martel et Roy, 2002).

Le seuil d'indifférence d'un critère correspond au plus grand écart de valeurs jugé non significatif par un acteur, n'exprimant dès lors pas sa préférence entre deux actions ou scénarios. Il reste indifférent entre choisir l'un ou l'autre.

Le seuil de préférence d'un critère correspond au plus petit écart de valeurs jugé significatif par l'acteur, c'est-à-dire à partir duquel il exprime une nettement sa préférence envers l'un des deux scénarios comparés.

Enfin, un pouvoir de veto peut être attribué aux critères pouvant s'opposer vivement dans la prise de décision, car rattaché à des préoccupations sensibles pour les acteurs.

Un modèle, quel qu'il soit, reste une approximation plus ou moins fidèle d'une réalité nécessairement plus complexe. Les valeurs produites sont généralement entachées d'imprécisions, d'incertitudes et d'indéterminations qu'il convient de souligner et prendre en considération dans la démarche évaluative. Dès lors, face au caractère imparfait d'un critère, il est loisible de lui associer des seuils non nuls de discrimination, d'indifférence et de préférence. Aussi, dans une optique d'identifier éventuellement une ou plusieurs situations de bon compromis des critères et dimensions du développement durable, la modélisation de surclassement offre la possibilité de tenir compte de seuils de veto.

En termes de modélisation, ils servent généralement à un niveau synthétique, c'est-à-dire pour l'étude du surclassement tous critères confondus. Un seuil de veto  $v_j$  sur le critère  $g_j$  peut être défini comme la plus petite valeur d'un avantage  $\Delta_j(a_k, a_i)$  de l'action  $a_k$  sur l'action  $a_i$  interdisant, dès que cette première est dépassée, l'acceptabilité du surclassement multicritère de  $a_k$  par  $a_i$  noté  $a_i Sa_k$ . Ainsi,  $non(a_i Sa_k) \Leftrightarrow \exists g_j \in F / \Delta_j(a_k, a_i) > v_j$ . Un tel raisonnement illustre la capacité d'opposition dudit critère, notoirement discordant, face à la majorité des critères concordants avec l'hypothèse que  $a_i$  surclasse  $a_k$ . Ainsi, sur ces derniers,  $a_i$  ne

pourra pas rattraper l'avantage obtenu par  $a_k$  sur  $g_j$ , traduisant une modélisation non compensatoire recherchant des actions de bon compromis des critères.

Soulignons qu'un seul d'entre eux, quel que soit son poids relatif, peut à lui seul opposer son veto au surclassement testé dès lors qu'entre acteur un tel pouvoir lui a été accordé. Logiquement, un seuil de veto se situe comme suit par rapport aux seuils de discrimination sur un critère :  $v_j \geq p_j \geq q_j \geq 0$ .

Ce symbolisme mathématique, utilisé pour des valeurs de seuils constantes le long de l'échelle de préférence du critère, peut être modifié afin de tenir compte également de seuils variables ; l'écriture devenant :  $v_j(g_j(\cdot)) \geq p_j(g_j(\cdot)) \geq q_j(g_j(\cdot)) \geq 0$ .

(Roy, Bouyssou, 1993)

### 3.5.1.1 Seuils du coût moyen de production

#### Seuil d'indifférence

Le critère de coût de production de l'électricité est relativement imprécis. Nous allons déterminer la marge d'erreur existante dans les formulations de ces coûts. Cette marge correspond au seuil d'indifférence. Nous avons choisi de définir un pourcentage de 5 % assimilable à un degré non significatif, mais non marginal d'erreur envisageable, existant entre les coûts retenus.

On note  $q_1$  le seuil d'indifférence du critère économique.  
 $q_1 = 5 \%$

#### Seuil de préférence

Il s'agit cette fois de définir l'écart significatif en pourcentage à partir duquel l'écart de valeur du coût de production de l'électricité engendre une différence significative entre deux scénarios. L'écart significatif retenu sera de 10 %

On note  $p_1$  le seuil de préférence du critère économique.  
 $p_1 = 10 \%$

#### Seuil de veto

Le seuil de veto est le pourcentage à partir duquel l'écart est tellement important qu'il est perçu comme inacceptable et non compensable sur un autre critère au moins. Nous retiendrons un écart de 20 % pour le seuil de veto.

On note  $v_1$  le seuil de veto du critère économique.  
 $v_1 = 20 \%$

La définition des seuils correspondant au critère économique de coût de production de l'électricité, nécessite une certaine souplesse dans la formulation des écarts. Du fait de la provenance de certaines informations permettant de renseigner le critère économique, nous devons garder une part d'approximation qui correspondra aux seuils retenus.

### 3.5.1.2 Seuils des émissions totales de CO<sub>2</sub>

#### Seuil d'indifférence

Les critères quantitatifs des moyennes d'émissions en CO<sub>2</sub> des différentes filières de production d'électricité sont relativement approximatifs. L'amplitude d'erreur existante dans les formulations de ces moyennes correspondant au seuil d'indifférence sera de 5%

On note q2 le seuil d'indifférence du critère environnemental.

q2= 5 %

#### Seuil de préférence

Cette fois, le seuil de préférence indiquant qu'il y a une différence majeure pouvant intervenir entre 2 scénarios sera de 30 %.

On note p2 le seuil de préférence du critère environnemental.

p2= 30 %

#### Seuil de veto

Le seuil de veto est l'écart en pourcentage à partir duquel nous considérons qu'il signifie une grandeur suffisamment importante pour qu'il soit perçu comme inacceptable et non compensable sur d'autres critères. Nous retiendrons un écart de 50% pour le seuil de veto du critère correspondant.

On note v2 le seuil de veto du critère environnemental.

v2= 50 %

Le critère environnemental retenu correspond à une moyenne. Cette moyenne indique des ordres de grandeurs d'émissions par type d'installation. Les seuils viendront paramétrer notre évaluation en tenant compte directement de l'incertitude plus ou moins grande des valeurs retenues.

### 3.5.1.3 Seuils de la part relative de NIMBY important ou total

Les seuils d'indifférence et de préférence sont nuls sur l'échelle qualitative du critère social. En revanche, la valeur du seuil de veto est de 3 : on considère comme non compensables les échelons « Absence de NIMBY » (codé 0) et « NIMBY Important » (codé 3).

q3= 0

p3= 0

v3= 6,6

Scénarios	Part relative de NIMBY important ou total	Ecart à 50%	$\Delta_3(x, y)$	A	B	C	Ecart	Compensables
A	42,42	7,58	A	0	2,02	-4,59	6,61	Non
B	44,44	5,56	B	-2,02	0	-6,61	4,59	Oui
C	37,84	12,16	C	4,59	6,61	0	2,02	Oui
					<b>Ecart absolu minimal</b>		2,02	
					<b>Ecart absolu maximal</b>		6,61	

**TABLEAU 15.8 ELABORATION DES SEUILS DU CRITERE SOCIAL**

### 3.5.1.4 Seuils de la part relative de transparence forte ou totale

Les seuils d'indifférence et de préférence sont nuls sur l'échelle qualitative de notre critère de gouvernance. En revanche, la valeur du seuil de veto est de 3, car l'on considère comme non compensables les échelons « Absence de transparence » (codé 0) et « Forte transparence » (codé 3).

$$q_4 = 0$$

$$p_4 = 0$$

$$v_4 = 14,57$$

Scénarios	Part relative de transparence forte ou totale	Ecart à 50%	$\Delta_3(x, y)$	A	B	C	Ecart	Compensables
A	15,15	34,85	A	0	4,29	14,58	14,58	Non
B	19,44	30,56	B	-4,29	0	10,29	10,29	Oui
C	29,73	20,27	C	-14,58	-10,29	0	4,29	Oui
					<b>Ecart absolu minimal</b>		4,29	
					<b>Ecart absolu maximal</b>		14,58	

**TABLEAU 15.9 ELABORATION DES SEUILS DU CRITERE DE GOUVERNANCE**

		Critères d'évaluation des scénarios (gj)			
		Coût moyen de production	Emissions totales de CO <sub>2</sub>	Part relative de NIMBY important ou total	Part relative de transparence forte ou totale
		€/kWh	g/kWh	% (de valeurs 3 ou 6)	% (de valeurs 3 ou 6)
Seuils sur les critères	Indifférence (qj)	5%	5%	0	0
	Préférence (pj)	10%	30%	0	0
	Veto (vj)	20%	50%	6,60	14,57

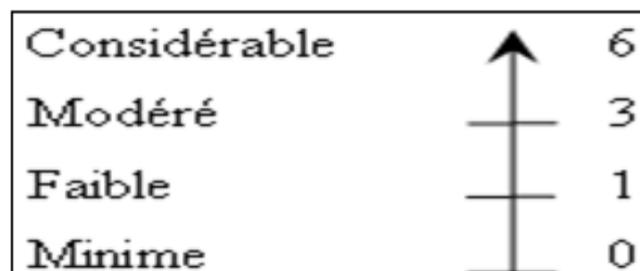
**TABLEAU 16 RECAPITULATIF DES SEUILS SUR LES CRITERES**

### 3.5.2 Pondération des critères par adaptation de la procédure Simos révisée

Dans l'approche de surclassement ELECTRE, existent plusieurs méthodes d'expression de l'importance relative des critères, dont la principale est la technique Simos révisée implémentée dans le logiciel SRF (Figueira, Roy, 2002). Cet outil permet de traduire scientifiquement l'importance que revêt chaque critère par un poids relatif ou coefficient compris entre 0% et 100% .

Nous avons utilisé le logiciel SRF 2.2 combiné à un questionnaire élaboré par (Poli, 2009) qui facilite l'évaluation indirecte des poids par l'introduction de deux adaptations méthodologiques, sur l'évaluation des écarts d'importance et sur le rapport Z.

Tout d'abord, afin évaluer l'écart d'importance entre deux critères de rangs successifs, les cartes blanches sont remplacées par une échelle qualitative codée numériquement. Si le recours à de telles cartes confère un caractère ludique dans l'exercice de pondération, leur usage semble offrir trop de latitude au joueur dans sa réponse. En effet, la question sur l'écart d'importance peut être considérée comme ouverte, car c'est le répondant lui-même qui détermine le nombre de cartes blanches. De plus, la comparabilité des réponses de plusieurs répondants n'est pas évidente. En conséquence, le recours à une échelle qualitative définie par (Poli, 2009) rend moins abstrait le questionnement en proposant une question fermée dont la réponse est l'un des 4 échelons suivants.



**FIGURE 10.2 ECHELLE COMMUNE DE DEFINITION D'ECART D'IMPORTANCE ENTRE DEUX CRITERES DE RANGS SUCCESSIFS.**

Cette échelle verbale d'écart d'importance entre deux critères de rangs successifs est numériquement codée par différence linéaire croissante. Les codes numériques se substituent aux nombres de cartes blanches utilisées dans la méthode originelle.

La seconde adaptation par (Poli, 2009) du questionnaire de pondération porte sur le rapport Z, à savoir « *combien de fois le premier critère est plus important que le dernier ?* ». Est adoptée une évaluation indirecte selon la démarche suivante : entre 0% et 100%, il est demandé au répondant de pondérer le critère le plus important comparativement au critère le moins important ; sachant que la somme des deux poids relatifs doit égaler 100% et que le poids relatif du critère le plus important doit dépasser 50%.

Sur la base de ces éléments méthodologiques, nous avons désiré générer notre propre jeu de poids des critères, livré au tableau suivant.

Numéro - (Code) Intitulé	Rang	Intervalle	Poids non Normés	Poids Normés
4 - (400) Part relative de transpa.....	1	3	1	15
3 - (300) Part relative de NIMBY .....	2	3	1,44	21,6
2 - (200) Emissions totales de CO2.....	3	3	1,89	28,4
1 - (100) Cout moyen de production.....	4	3	2,33	35
				100

**FIGURE 10.3 POIDS NORMES DES CRITERES D'EVALUATION DES SCENARIOS**

Apparaît le rangement des critères, du moins important (rang 1) au plus important (rang 4); un écart d'importance modéré (valeur 3) retenu entre les critères qui se succèdent, et un rapport  $Z = 0,7/0,3 = 2,33$  obtenu indirectement en accordant 70% d'importance au coût moyen de production comparativement à la part relative de transparence forte ou totale dont le coefficient d'importance s'élève à 30%.

A propos du paramètre Z, nous avons donc considéré que le critère économique est 2,33 fois plus important que le critère de gouvernance. Soulignons que cette valeur du facteur multiplicatif est également obtenue par le logiciel SRF 2.2 lorsque l'on considère l'ensemble des 4 critères d'évaluation. En effet, à la lecture des poids relatifs normés obtenus on a :  $0,35/0,15 = 2,33 = Z$ .

Le logiciel SRF 2.2 livre également une représentation graphique des coefficients d'importance des critères par rang.

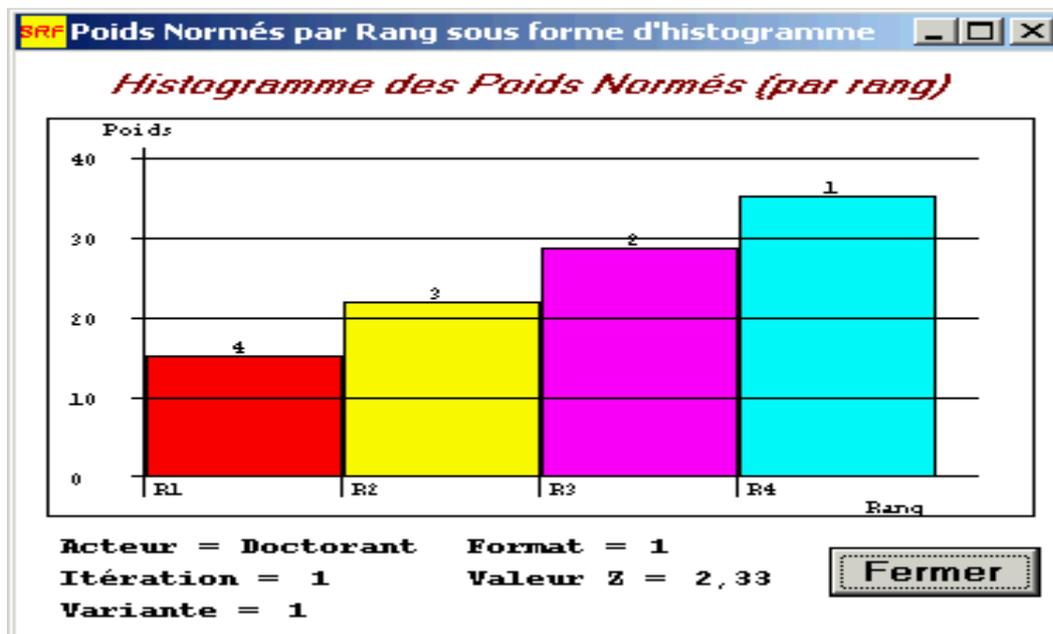


FIGURE 10.4 HISTOGRAMME DES POIDS RELATIFS NORMES PAR RANG

Il est à présent possible de collecter l'ensemble des valeurs produites sur les critères, puis de procéder à l'analyse de surclassement.

### 3.6 Utilisation de la plateforme logicielle Decision Deck

Decision Deck (<http://www.decision-deck.org>) offre à l'analyste de l'aide à la décision une plateforme logicielle librement accessible par Internet en vue d'utiliser, voire d'y développer, des méthodes d'agrégation multicritère. En tant qu'utilisateur, nous avons traité la problématique du choix de scénarios avec la méthodologie RUBIS, accessible sur le serveur D3 (Distributed Decision Deck) : <http://ernst-schroeder.uni.lu/d3/admin/signonForm.jsp>.

#### 3.6.1 Tableau de performance et fichier d'entrée sur le serveur D3

Préalablement à la présentation des étapes structurant la construction du tableau de performance, il est utile d'en apporter une définition (Roy, 2000). Traditionnellement, la forme tabulaire est à double entrée, comportant, en ligne, l'ensemble fini  $A = \{ a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_n \}$  des actions, en colonne la famille  $F = \{ g_1, g_2, \dots, g_j, \dots, g_m \}$  des  $m$  critères d'évaluation ; l'intersection de la ligne  $i$  et de la colonne  $j$  revêtant l'évaluation de l'action  $a_i$  selon le critère  $g_j$ , notée  $g_j(a_i)$  et appelée originellement performance en raison de l'unique optique de maximisation des critères. Sur ce dernier point rappelons, qu'à travers les modélisations ELECTRE initiales, étaient recherchées les actions obtenant les plus grandes valeurs sur les critères ; la minimisation éventuelle de ces derniers était convertie en maximisation par transformation en valeurs négatives. Par la suite, cette conversion fut évitée, les méthodes ELECTRE permettant alors simultanément la maximisation de certains critères et la minimisation des autres.

Au fil des travaux en analyse multicritère de surclassement, le tableau de performance type a été complété par d'autres éléments, pour les besoins du calcul ou dans un souci de clarté accrue. Ont été distingués, pour chaque critère, l'unité d'échelle de préférence rattachée, l'optimisation recherchée, leurs poids relatifs, et plus tardivement, lors de la prise en compte

de pseudo-critère, les valeurs des seuils de discrimination (indifférence, préférence) voire de veto.

Dans le cadre de notre application à la Corse, les valeurs produites et présentées précédemment nous conduisent au tableau de performance suivant.

Dimensions		Economique	Environnemental	Social	Gouvernance
Critères (g <sub>j</sub> )		Coût moyen de production (g <sub>1</sub> )	Emissions totales de CO <sub>2</sub> (g <sub>2</sub> )	Part relative de NIMBY important ou total (g <sub>3</sub> )	Part relative de transparence forte ou totale (g <sub>4</sub> )
Unités		€/kWh	g/kWh	% (de valeurs 3 ou 6)	% (de valeurs 3 ou 6)
Optimisation		Minimisation	Minimisation	Minimisation	Maximisation
Scénario A (a <sub>1</sub> )		0,1657	3397	42,42	15,15
Scénario B (a <sub>2</sub> )		0,1576	3409	44,44	19,44
Scénario C (a <sub>3</sub> )		0,0758	1622	37,84	29,73
Poids des critères (w <sub>j</sub> )		35,00%	28,40%	21,60%	15,00%
Seuils sur les critères	Indifférence (q <sub>j</sub> )	5,00%	5,00%	0	0
	Préférence (p <sub>j</sub> )	10,00%	30,00%	0	0
	Veto (v <sub>j</sub> )	20,00%	50,00%	6,60	14,57

TABLEAU 16.1 TABLEAU DE PERFORMANCE OBTENU

A titre informatif, présentons quelques copies d'écran de l'interface graphique de D3, face auxquelles l'utilisateur est confronté avant de solliciter l'agrégation multicritère.

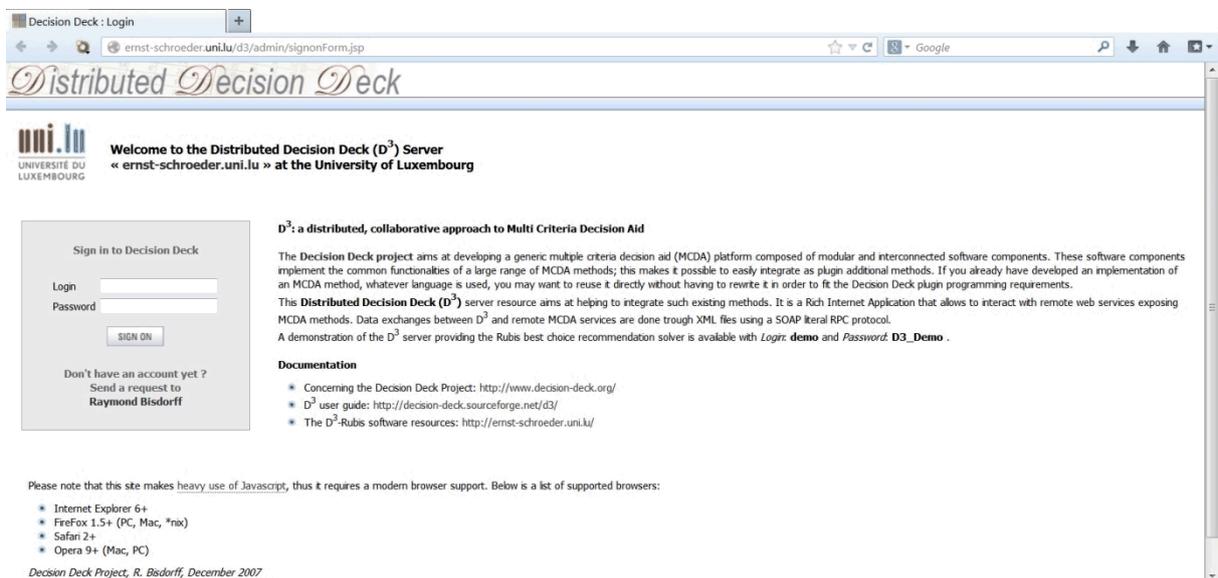


FIGURE 10.5 FENETRE D'ACCUEIL DU SERVEUR D3

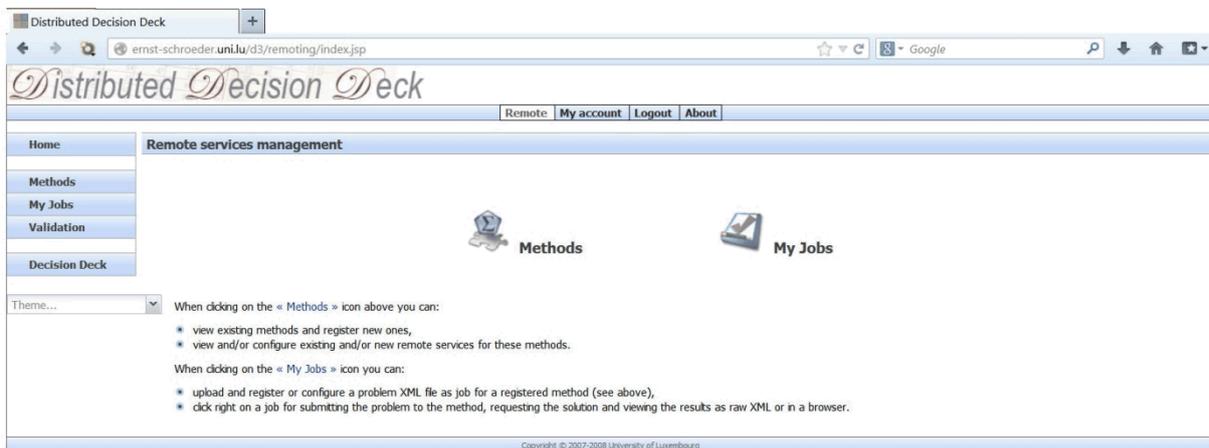


FIGURE 10.6 ACCES AUX METHODES MULTICRITERES ET TRAVAUX PERSONNELS

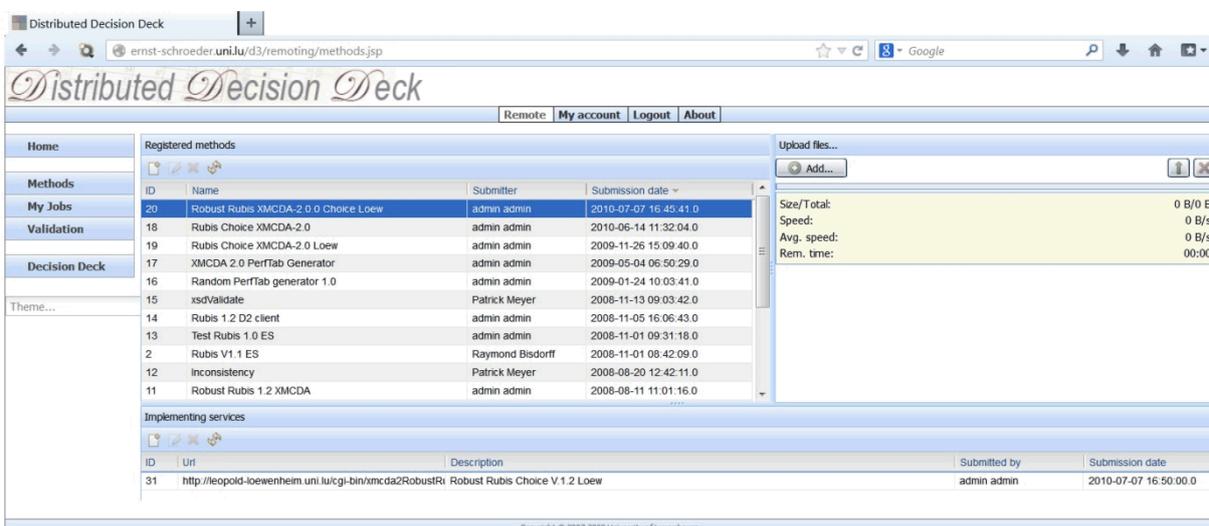


FIGURE 10.7 EXTRAIT DES METHODES MULTICRITERES PRESENTES SUR LE SERVEUR

Afin d'agrégier le tableau de performance avec la méthodologie RUBIS, il est nécessaire de déposer sur le serveur D3 le fichier de données correspondant à ce premier ; en respectant un certain schéma et format (XMCDAs basé sur le format .xml). Nous avons généré un tel fichier, présenté ci-après.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no"?>
<XMCDAs NS0:schemaLocation="http://www.decision-deck.org/2009/XMCDAs-2.0.0
file:../XMCDAs-2.0.0.xsd" instanceID="void" xmlns="http://www.decision-deck.org/2009/XMCDAs-
2.0.0" xmlns:NS0="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance">
```

```
<projectReference id="EnergyFutureChoice" name="EnergyFutureChoice.xmcdas2" xmlns="">
<title>Choix d'un scénario d'avenir énergétique de la Corse</title>
<author>Oberti P., Pagni O.</author><version>1.0</version>
</projectReference>
```

```
<methodParameters id="Rubis" name="Rubis best choice method" mcdaConcept="methodData"
xmlns="">
<description><subTitle>Method data</subTitle><version>1.0</version></description>
<parameters>
```

```

<parameter name="variant"><value><label>Rubis</label></value></parameter>
<parameter name="valuationType"><value><label>standard</label></value></parameter>
<parameter name="significanceThreshold"><value><real>0.6667</real></value></parameter>
</parameters>
</methodParameters>

<alternatives mcdaConcept="alternatives" xmlns="">
<description><subTitle>Scénarios d'avenir énergétique en Corse</subTitle></description>

<alternative id="a1" name="Scénario A" mcdaConcept="potentialDecisionAction">
<description><comment>l'avenir énergétique décidé</comment></description>
<type>real</type><active>true</active>
</alternative>

<alternative id="a2" name="Scénario B" mcdaConcept="potentialDecisionAction">
<description><comment>l'hydro-électricité renforcée</comment></description>
<type>real</type><active>true</active>
</alternative>

<alternative id="a3" name="Scénario C" mcdaConcept="potentialDecisionAction">
<description><comment>l'intégration renforcée des EnR</comment></description>
<type>real</type><active>true</active>
</alternative>

</alternatives>

<criteria mcdaConcept="criteria" xmlns="">
<description><subTitle>Famille de critères d'évaluation</subTitle></description>

<criterion id="g1" name="Coût moyen de production" mcdaConcept="criterion">
<description>
<comment>€/kWh</comment><version>performance</version>
</description>
<active>true</active>
<criterionValue><value><real>35</real></value></criterionValue>
<scale>
<quantitative>
<preferenceDirection>min</preferenceDirection>
<minimum><real>0.0758</real></minimum>
<maximum><real>0.1657</real></maximum>
</quantitative>
</scale>
<thresholds>
<threshold id="ind" name="indifference" mcdaConcept="performanceDiscriminationThreshold">
<linear><slope><real>0.05</real></slope><intercept><real>0</real></intercept></linear>
</threshold>
<threshold id="pref" name="preference" mcdaConcept="performanceDiscriminationThreshold">
<linear><slope><real>0.1</real></slope><intercept><real>0</real></intercept></linear>
</threshold>
<threshold id="veto" name="veto" mcdaConcept="performanceDiscriminationThreshold">
<linear><slope><real>0.2</real></slope><intercept><real>0</real></intercept></linear>
</threshold>
</thresholds>
</criterion>

<criterion id="g2" name="Emissions totales de CO2" mcdaConcept="criterion">
<description>
<comment>g/kWh</comment><version>performance</version>

```

```

</description>
<active>true</active>
<criterionValue><value><real>28.4</real></value></criterionValue>
<scale>
  <quantitative>
    <preferenceDirection>min</preferenceDirection>
    <minimum><real>1622</real></minimum>
    <maximum><real>3409</real></maximum>
  </quantitative>
</scale>
<thresholds>
  <threshold id="ind" name="indifference" mcdaConcept="performanceDiscriminationThreshold">
    <linear><slope><real>0.05</real></slope><intercept><real>0</real></intercept></linear>
  </threshold>
  <threshold id="pref" name="preference" mcdaConcept="performanceDiscriminationThreshold">
    <linear><slope><real>0.3</real></slope><intercept><real>0</real></intercept></linear>
  </threshold>
  <threshold id="veto" name="veto" mcdaConcept="performanceDiscriminationThreshold">
    <linear><slope><real>0.5</real></slope><intercept><real>0</real></intercept></linear>
  </threshold>
</thresholds>
</criterion>

<criterion id="g3" name="Part relative de NIMBY important ou total" mcdaConcept="criterion">
  <description>
    <comment>% (de valeurs 3 ou 6)</comment><version>performance</version>
  </description>
  <active>true</active>
  <criterionValue><value><real>21.6</real></value></criterionValue>
  <scale>
    <quantitative>
      <preferenceDirection>min</preferenceDirection>
      <minimum><real>37.84</real></minimum>
      <maximum><real>44.44</real></maximum>
    </quantitative>
  </scale>
  <thresholds>
    <threshold id="ind" name="indifference" mcdaConcept="performanceDiscriminationThreshold">
      <constant><integer>0</integer></constant>
    </threshold>
    <threshold id="pref" name="preference" mcdaConcept="performanceDiscriminationThreshold">
      <constant><integer>0</integer></constant>
    </threshold>
    <threshold id="veto" name="veto" mcdaConcept="performanceDiscriminationThreshold">
      <constant><real>6.6</real></constant>
    </threshold>
  </thresholds>
</criterion>

<criterion id="g4" name="Part relative de transparence forte ou totale" mcdaConcept="criterion">
  <description>
    <comment>% (de valeurs 3 ou 6)</comment><version>performance</version>
  </description>
  <active>true</active>
  <criterionValue><value><real>15</real></value></criterionValue>
  <scale>
    <quantitative>
      <preferenceDirection>max</preferenceDirection>

```

```

    <minimum><real>15.15</real></minimum>
    <maximum><real>29.73</real></maximum>
  </quantitative>
</scale>
<thresholds>
  <threshold id="ind" name="indifference" mcdaConcept="performanceDiscriminationThreshold">
    <constant><integer>0</integer></constant>
  </threshold>
  <threshold id="pref" name="preference" mcdaConcept="performanceDiscriminationThreshold">
    <constant><integer>0</integer></constant>
  </threshold>
  <threshold id="veto" name="veto" mcdaConcept="performanceDiscriminationThreshold">
    <constant><real>14.57</real></constant>
  </threshold>
</thresholds>
</criterion>
</criteria>

```

```

<performanceTable mcdaConcept="performanceTable" xmlns="">
  <description><subTitle>Tableau de performance</subTitle></description>

```

```

<alternativePerformances>
  <alternativeID>a1</alternativeID>
  <performance>
    <criterionID>g1</criterionID>
    <value><real>0.1657</real></value>
  </performance>
  <performance>
    <criterionID>g2</criterionID>
    <value><real>3397</real></value>
  </performance>
  <performance>
    <criterionID>g3</criterionID>
    <value><real>42.42</real></value>
  </performance>
  <performance>
    <criterionID>g4</criterionID>
    <value><real>15.15</real></value>
  </performance>
</alternativePerformances>

```

```

<alternativePerformances>
  <alternativeID>a2</alternativeID>
  <performance>
    <criterionID>g1</criterionID>
    <value><real>0.1576</real></value>
  </performance>
  <performance>
    <criterionID>g2</criterionID>
    <value><real>3409</real></value>
  </performance>
  <performance>
    <criterionID>g3</criterionID>
    <value><real>44.44</real></value>
  </performance>
  <performance>
    <criterionID>g4</criterionID>

```

```

<value><real>19.44</real></value>
</performance>
</alternativePerformances>

<alternativePerformances>
<alternativeID>a3</alternativeID>
<performance>
<criteriaID>g1</criteriaID>
<value><real>0.0758</real></value>
</performance>
<performance>
<criteriaID>g2</criteriaID>
<value><real>1622</real></value>
</performance>
<performance>
<criteriaID>g3</criteriaID>
<value><real>37.84</real></value>
</performance>
<performance>
<criteriaID>g4</criteriaID>
<value><real>29.73</real></value>
</performance>
</alternativePerformances>

</performanceTable></XMCDA>

```

Une fois ce fichier d'entrée validé par le serveur D3, ce dernier fournit une version en format HTML, livrée ci-après, dont la présentation tabulaire des informations facilite la lecture.

### Decision-Deck UMCDA-ML XMCDA 2.0 application

#### Choix d'un scénario d'avenir énergétique de la Corse

Author: Oberti P., Pagni O.

Version: 1.0

#### Method data

Version: 1.0

Parameter	Value	Comment
Variant	Rubis	
valuationType	standard	
significanceThreshold	0.6667	

**TABLEAU 16.2 PARAMETRES DE LA METHODE MULTICRITERE**

#### Scénarios d'avenir énergétique en Corse

#	Identifyer	Name	Comment
1	a1	Scénario A	l'avenir énergétique décidé
2	a2	Scénario B	l'hydro-électricité renforcée
3	a3	Scénario C	l'intégration renforcée des EnR

**TABLEAU 16.3 SCENARIOS D'AVENIR ENERGETIQUE EN CORSE**

## Famille de critères d'évaluation

#	Identifier	Name	Comment	Weight	Scale			Thresholds		
					Direction	min	Max	indifference	preference	veto
1	g1	Coût moyen de production	€/kWh	35	min	0.0758	0.1657	0 + 0.05x	0 + 0.1x	0 + 0.2x
2	g2	Emissions totales de CO <sub>2</sub>	g/kWh	28.4	min	1622	3409	0 + 0.05x	0 + 0.3x	0 + 0.5x
3	g3	Part relative de NIMBY important ou total	% (de valeurs 3 ou 6)	21.6	min	37.84	44.44	0	0	6.6
4	g4	Part relative de transparence forte ou totale	% (de valeurs 3 ou 6)	15	max	15.15	29.73	0	0	14.57

**TABLEAU 16.4 FAMILLE DE CRITERES D'EVALUATION DES SCENARIOS D'AVENIR**

## Tableau de performance

alternative	g1	g2	g3	g4
a1	0.17	3397	42.42	15.15
a2	0.16	3409	44.44	19.44
a3	0.08	1622	37.84	29.73

**TABLEAU 16.5 TABLEAU DE PERFORMANCE**

**Rubis XSLT to HTML stylesheet (R. Bisdorff):** \$Revision: 1.7 \$

UMCDA-ML [XMCDA 2.0 Schema](#)

Raymond Bisdorff (University of Luxembourg), Patrick Meyer (Telecom Bretagne) and Thomas Veneziano (University of Luxembourg) March 2009

Copyright © 2009 [DECISION DECK Consortium](#)

Reste à synthétiser l'ensemble de ces valeurs, en vue de sélectionner l'éventuel meilleur scénario d'avenir énergétique de la Corse.

### 3.6.2 Choix multicritère de scénarios et robustesse via la méthodologie RUBIS

Les principaux éléments du fichier de sortie du serveur D3 sont présentés ci-après, livrant les résultats de l'agrégation multicritère opérée par la méthode RUBIS avec analyse Condorcet de la robustesse du surclassement et des recommandations portant sur les choix de scénarios.

#### Decision-Deck UMCDA-ML-2.0 Application

#### Condorcet Robustness of a Rubis Best Choice Recommendation

#### Choix d'un scénario d'avenir énergétique de la Corse

Version: 1.0

Author: Oberti P., Pagni O.

### Method data

Comment: Results of Condorcet robustness analysis in XMCDA format.  
Version: 1.0

Parameter	Value	Comment
Variante	Rubis	
valuationType	standard	
vetoType	normal	

TABLEAU 16.6 PARAMETRES DE LA METHODE

### Robustly Concordant Outranking Graph

(**Black arrows** indicate outranking situations supported by a criteria coalition of positive significance, i.e. gathering more than 50% of the global criteria significance weights. **Empty arrow heads** indicate an indeterminate outranking situation.)

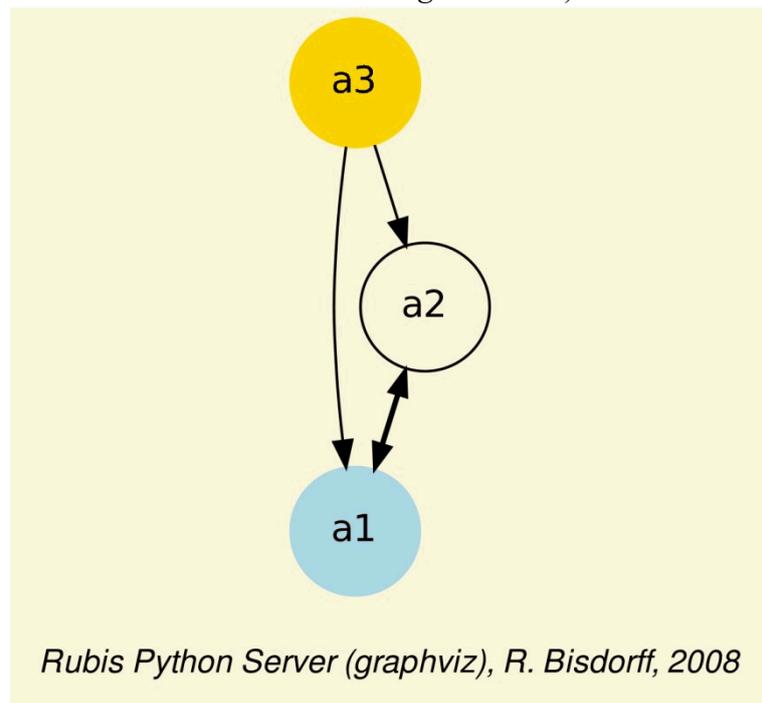


FIGURE 10.8 GRAPHE DE SURCLASSEMENT ROBUSTE

### Valued Outranking Relation

Comment: with Condorcet Robustness denotation

### Valuation Domain

Comment: Condorcet robustness degrees

Unanimously concordant	3
Ordinal majority concordant	2
Cardinal majority concordant	1
Balanced concordance and discordance, or weak veto	0
Simple majority discordant	-1
Ordinal majority discordant	-2
Unanimously discordant, or veto	-3

TABLEAU 16.7 ECHELLE DE LA ROBUSTESSE DE CONDORCET D'UN SURCLASSEMENT

### Valued Adjacency Table

Comment: Pairwise outranking significance degrees in the range: -100 to 100 with Condorcet robustness degrees shown in brackets.

	a1	a2	a3
a1	-	30 (1)	-100 (-3)
a2	43 (2)	-	-100 (-3)
a3	100 (3)	100 (3)	-

TABLEAU 16.8 DEGRES DE SURCLASSEMENT ET DE ROBUSTESSE ASSOCIEE

### Veto

#### Effective and potential veto situations

(The **concordance degree** of an outranking statement (an arc) results from the difference between the significance (the sum of weights) of the coalition of criteria in favour and the significance of the coalition of criteria in disfavour of this statement.)

1. Veto against **a1 outranks a3** ( concordance degree:-100.00)

critereon	performance difference	Status	Characteristic
g4	-14.58	potential veto	1.00
g2	-1775.00	potential veto	1.00
g1	-0.09	potential veto	1.00

TABLEAU 16.9 VETO DES CRITERES ENVERS LE SURCLASSEMENT DU SCENARIO C PAR LE SCENARIO A

2. Veto against **a2 outranks a3** ( concordance degree:-100.00)

critereon	performance difference	Status	Characteristic
g3	-6.60	potential veto	1.00
g2	-1787.00	potential veto	1.00
g1	-0.08	potential veto	1.00

TABLEAU 17 VETO DES CRITERES ENVERS LE SURCLASSEMENT DU SCENARIO C PAR LE SCENARIO B

### Rubis Choice Recommendation

Comment: In decreasing order of determinateness.

#	Choice set	Determinateness	Outrankingness	Outrankedness	Comment
1	{ a3, }	3.00	3	-3	Robust good choice

TABLEAU 17.1 CHOIX DU SCENARIO C « L'INTEGRATION RENFORCEE DES ENR »

### Potentially Bad Choices

#	Choice set	Determinateness	Outrankedness	Outrankingness	Comment
1	{ a1, }	2.00	2	-3	Robust bad choice
2	{ a2, }	2.00	2	-3	Robust bad choice

**TABLEAU 17.2 NON SELECTION DES SCENARIOS A ET B**

Ces deux derniers tableaux livrent des recommandations bien tranchées sur les scénarios d'avenir énergétique en Corse : seule l'intégration renforcée des énergies renouvelables (scénario C ou a<sub>3</sub>) constitue de façon robuste un bon choix, comparativement à l'avenir énergétique décidé (scénario A ou a<sub>1</sub>) et à l'hydro-électricité renforcée (scénario B ou a<sub>2</sub>) considérés de manière robuste comme de mauvais choix.

Ce résultat trouve sa source dans les oppositions au sein de la famille des critères à ce qu'un scénario surclasse C : 3 sur 4 d'entre eux opposent leurs vetos à ce que A ou B lui soit préféré ou indifférent (Tableaux 16.9 et 17). En effet, ceci est intelligible étant donné les écarts absolus de valeurs jugés significatifs, car atteignant au moins les valeurs des seuils de veto sur les critères discordants. Par rapport à C, le scénario A engendrerait les désavantages suivants : 14,58% de cas en moins associés à une transparence forte ou totale, 1775 g/kWh de supplément d'émissions totales de CO<sub>2</sub> et 0,09 €/kWh (valeur arrondie) de plus sur le coût moyen de production électrique. Les désavantages du scénario B par rapport à C seraient les suivants: 6,6% de cas supplémentaires de NIMBY important ou total, 1787 g/kWh de CO<sub>2</sub> émis en plus et 0,08 €/kWh (valeur arrondie) de surcoût pour produire l'électricité. De tels désavantages ne peuvent être compensés, c'est-à-dire rattrapés ou rachetés, au sein d'une approche multicritère du surclassement ; et cela quelles que soient les valeurs des poids des critères d'évaluation. Les situations de veto bloquent ainsi la compensation.

Notons aussi que les critères sont unanimement en faveur du scénario C noté a<sub>3</sub>, ce qui peut se lire directement dans le tableau 16.1 de performance. Ceci est retracé ensuite dans les calculs des degrés de surclassement (Tableau 16.8). Ils atteignent 100% pour les couples des scénarios (a<sub>3</sub>, a<sub>1</sub>) et (a<sub>3</sub>, a<sub>2</sub>), sans que cela soit réciproque, et avec une robustesse maximale de niveau 3 sur l'échelle de Condorcet, confirmant l'accord de la famille des critères à ce que C surclasse les autres.

En conséquence, l'intégration renforcée des énergies renouvelables est le scénario d'avenir recommandé par la méthode (RUBIS Choice Recommendation), et constituerait le bon paradigme énergétique pour la région insulaire Corse. Bien que satisfait de cette issue, rappelons que l'exercice évaluatif mené reste une simulation numérique essentiellement méthodologique, et que les valeurs collectées dans le tableau de performance restent perfectibles et ne sont pas à considérer comme les seules possibles.

# Conclusion générale

La rédaction du mémoire de thèse doctorale touche à sa fin, après quatre dernières années de spécialisation qui ont été riches d'enseignement. En effet, depuis les intentions d'origine jusqu'à la formulation complète des travaux, il est apparu une somme d'expériences significatives.

Le processus de spécialisation universitaire de thèse comprend des caractéristiques d'études qui n'apparaissent pas ou très peu dans les années précédentes de licence ou master.

L'un des aspects majeurs différenciant le doctorat est, à mon sens, l'« inversement » du processus universitaire classique : l'étudiant doctorant produit son propre chemin d'étude. Il n'existe plus de cadre d'instruction établi dans lequel nous retrouvons les cours correspondants aux formulations scientifiques retenues. Cette différence majeure permet donc à l'étudiant doctorant d'acquérir des compétences de recherche, de travail en autonomie et de synthèse.

Les compétences de recherche représentent une « plus-value » incommensurable car elles permettront à l'issue du doctorat, d'avoir la possibilité de s'appuyer sur les formulations scientifiques disponibles et ainsi bénéficier des expertises multiples existantes pour étayer les futures tâches au sein d'un nouvel environnement professionnel.

Le travail en autonomie permet d'acquérir une certaine confiance dans la réalisation des travaux. Cette capacité de mener à terme une expertise permet d'entrevoir des opportunités pour l'étudiant et d'accéder à des responsabilités pour la réalisation de projets.

La rédaction d'une thèse nécessite un effort de synthèse. L'adage populaire « une bonne thèse est une bonne synthèse, une excellente thèse est une excellente synthèse », prend effectivement du sens dans le passage en revue des bibliographies du sujet d'analyse. La richesse d'une thèse est souvent appréciée par le contenu bibliographique qu'elle comporte, qui correspond aux différents domaines de recherche retenus. Cela apparaît néanmoins restrictif de résumer une thèse aux synthèses qu'elle présente. Il y a, en plus des aspects pragmatiques de réalisation, l'introduction d'un certain « état d'esprit », propre à tout doctorant se retrouvant dans la réalisation d'une thèse. Il émerge progressivement du processus de recherche, en balisant l'ensemble des connaissances du sujet de thèse et en distinguant les différentes données des éléments scientifiques souvent contradictoires. En économie par exemple, il existe de nombreuses formulations qui se complètent, ou se contredisent plus ou moins, et dans le domaine de l'énergie il existe des études indiquant tout et son contraire. La recherche navigue dans ce flot d'informations, en invitant le doctorant à faire preuve de discernement et de recul sur le sujet d'analyse, afin de faire valoir l'état de l'art, tel qu'il est et non pas tel que certains voudraient le faire valoir. Thèse, antithèse et synthèse se complètent ainsi dans le mémoire.

Cependant dans le cadre de notre étude, le doctorant apporte tout de même « sa coloration », en exprimant par exemple certaines limites apparaissant dans les différents thèmes abordés, ou bien encore en introduisant des concepts venant compléter les différentes formulations scientifiques. Ces aspects d'étude placent aussi le doctorant dans une position d'observateur qui confère des aptitudes de neutralité, de pragmatisme, de discernement, de clairvoyance... faisant ainsi émerger cet « état d'esprit » dont la portée est au-delà du cadre universitaire et professionnel. Les multiples connaissances acquises au sein du doctorat dépassent largement le savoir issu de l'étude sur le sujet de recherche. Elles permettront de soutenir le docteur dans la suite de son parcours professionnel.

L'agencement de ce mémoire doctoral correspond assez strictement à la dénomination du titre de thèse « Économie du développement durable et politiques publiques d'énergies en Europe :

de l'étude des paradigmes à une évaluation multicritère appliquée aux scénarios d'avenir énergétique en Corse ».

Le premier chapitre, intitulé « Croissance économique, développement durable et analyse économique », a livré des repères historiques et théoriques autour des relations entre l'économie, l'environnement naturel et la société. Il synthétise essentiellement les contributions des sciences économiques à l'analyse environnementale et de la durabilité.

La nature réconciliatrice du concept de développement durable est appréhendée dans l'observation des points de vue à concilier qui encadrent les propriétés du terme. L'économie du développement durable est soutenue par des préceptes éthiques qui encadrent les formulations économiques dudit concept. Les principes éthiques prédominants sont introduits par une observation analogue des formulations scientifiques. La responsabilité des acteurs, la transparence de l'information, l'intégrité scientifique ou bien encore le principe de précaution y apparaissent de façon non exhaustive.

Le long terme entre dans les considérations par l'introduction de la durabilité. On y associe le terme ambigu de croissance durable, souvent évoqué dans les sphères politiques, dans sa dimension économique, dans sa dimension écologique et dans sa dimension sociale. Qu'elle soit économique par transmission équivalente des capacités productives d'une génération à une autre, ou écologique en préservant les ressources naturelles sans effet négatif de dégradation de la biosphère (pollution, désertification, disparition d'espèces, destruction,...), ou bien encore sociale par une transmission équivalente entre générations des droits et accès aux besoins fondamentaux (alimentation, logement, instruction,...) ; la croissance durable se présente comme un objectif sociétal ambitieux. Cette formulation se propose d'intégrer la complexité des multiples interactions inhérentes aux affaires humaines.

L'économie du développement durable intègre les interférences locales et globales, en introduisant les corrélations existantes entre les différentes échelles d'interactions. Cette intégration induit une prise de conscience dans la portée des actions et leurs différentes répercussions. Prenons l'exemple pratique de l'utilisation d'un ordinateur à l'université de Corse, directement connecté à une prise qui est soutenue par le réseau, lui-même alimenté par un mix énergétique. Le fonctionnement de ce dernier nécessite, entre autres, un apport de matière non présente ou non exploitée sur le territoire et une transformation en énergie calorifique. Le transport de cette matière, en l'occurrence le fioul, implique un déplacement d'un continent à un autre (probablement de l'Afrique à l'Europe). De l'extraction à la consommation, on observe des interférences multiples, soit issues directement du territoire, avec entre autres des émissions de polluants atmosphériques qui impacteront sur une échelle globale, soit locales avec des émissions impliquant des répercussions sanitaires... Cet exemple révèle que nos actions courantes sont intégrées dans des mécanismes d'interactions assez complexes, impliquant de nombreuses interférences.

L'économie du développement, et particulièrement l'économie écologique en son sein, souhaite appréhender cette complexité dans le but d'assimiler l'ensemble des activités économiques humaines et leurs conséquences. Elle propose de réconcilier les courants économiques en insistant sur leur complémentarité de façon à nous décomplexer de notre approche du développement.

Les courants économiques appréhendés furent :

- L'économie du marché efficient, qui considère que le progrès technique peut résoudre les problèmes environnementaux par la concurrence: c'est la régulation économique de l'environnement par le marché auquel il suffirait de faire confiance.

- L'économie de l'environnement, admet en revanche qu'il convient d'apporter des correctifs aux mécanismes du marché. Ce courant s'imprègne de l'économie du marché efficient tout en considérant le milieu naturel comme externe au fonctionnement des marchés. Il prône l'intervention étatique par incitation et soutient la promotion d'instruments conformes au marché, comme les taxes pour l'environnement et les droits de propriété sur la faune et la flore.
- Enfin l'économie écologique, élargit le champ d'analyse par l'étude de l'économie et la biosphère et de l'économie et ses aspects sociaux. Elle appréhende la multiplicité des interactions et permet de dépasser l'incomplétude de l'économie de marché et de l'environnement. Elle complète les carences observées dans les courants dominants, notamment inscrire l'évaluation des actions dans un contexte multicritère, tant monétaire que non monétaire.

Malgré les amalgames associés au courant, l'économie écologique s'introduit dans tous les territoires en recherche d'alternative et s'apparente à un courant dominant en devenir.

La conclusion du premier chapitre de thèse souligne, s'il n'en fallait, la pertinence d'une intégration des aspects environnementaux et sociaux dans les affaires économiques. Le concept de développement durable peut être rendu opérationnel, les formulations économiques et leurs étapes de modélisation soutiennent cette visée. Le rendre opératoire nécessite un changement, principalement sur notre approche du monde ou plutôt la perception que nous en avons. La terre, est un système biophysique unifié dont l'homme est partie intégrante, un maillon de la chaîne de vie terrestre. Cependant, majoritairement nos actions collectives humaines sont orientées dans une direction qui ne considère plus le système terre comme partie intégrante de nos vies, en s'efforçant de ne pas préserver les équilibres écosystémiques. Ce non-respect des principes élémentaires engendre des déséquilibres qui créent des dysfonctionnements se répercutant dans les affaires sociales et économiques de nos territoires.

En 1970, en ramenant les flux sur une année, l'humanité consommait déjà 100 % des ressources fournies par la biosphère. En 2013, l'humanité a consommé approximativement 150 % des ressources de la biosphère. Dans cette même logique instructive, si nous rapportons les flux sur une approche graduelle mensuelle, au mois de septembre 2013 nous aurions consommés les ressources en mesure d'être fournies par la biosphère sur une année (Global Footprint network, 2013). Le choix de vivre à crédit sur les capacités productives naturelles de la terre n'est pas encore pleinement conscientisé par nos contemporains, pourtant c'est le choix tacite collectivement adopté. On commence à peine à oser anticiper les conséquences de ce choix. L'heure est plutôt au déni dans l'appréciation des conséquences de cette orientation. L'anticipation des répercussions des déséquilibres éco systémiques laisse entrevoir des changements d'envergure sur notre planète. Ils seront ceux imposés par l'adaptation du système terre à défaut d'introduire des changements dans les affaires humaines.

Le changement interviendra, qu'il soit orchestré par le maillon humain de la chaîne de vie terrestre ou par le maillon environnement, car si la notion d'équilibre général de concurrence parfaite du modèle Walrasien, sur lequel repose l'économie de marché, peine à se justifier, celle de l'équilibre du système biophysique terre est incontournable.

L'économie du développement durable est donc un processus de changements par lesquels l'utilisation des ressources, l'orientation des investissements, les évolutions techniques et institutionnelles se trouvent en harmonie et renforcent le potentiel actuel et futur de satisfaction des besoins des hommes.

Le second chapitre du mémoire de thèse, intitulé « Politiques publiques d'énergies, programmations et équipements », a décrypté précisément les interventions et situations énergétiques sur des échelles continentale, nationale, territoriale et insulaire.

L'Europe est intégrée dans des mécanismes globaux, visant à mettre en œuvre la convention de Rio et le protocole de Kyoto. Les contraintes issues de ses engagements protocolaires sont adaptées en fonction des caractéristiques structurelles des états membres. La communauté européenne a choisi d'organiser la réalisation de ses engagements par le biais d'un marché de quotas d'émissions. L'instauration du système EU-ETS (European Union – Emission Trading Scheme) découle des objectifs de Kyoto et de la mise en commun des obligations de réduction d'émissions des Etats membres.

Nous avons présenté l'introduction progressive du marché dans la communauté européenne, les activités industrielles concernées, le principe de gestion, le fonctionnement du marché et son architecture. Une structure comparative du système global CO<sub>2</sub> est utilisée pour résumer l'ensemble des mécanismes en usage. Les contraintes environnementales sont déterminées afin de signifier une analyse critique du sujet d'étude. Enfin la trajectoire retenue et les évolutions anticipées sont décryptées, dans le but d'apporter des éléments de conclusion sur cette première échelle d'analyse.

Le développement du réseau et les évolutions du système électrique sont anticipés et localisés par l'intermédiaire des investissements réalisés et des grands projets en cours. La dynamique de développement des infrastructures de transport d'électricité est soutenue par l'intention de renforcer l'interconnexion des territoires européens et par l'intégration progressive d'innovation technologique. Les smart grids, technologies de l'information liées à l'intelligence d'usage, sont observés au sein des différents contextes existants du marché européen, puis dans une approche alternative d'autonomie symbiotique.

Dans un premier temps, il était nécessaire d'appréhender la dynamique globale dans laquelle s'inscrivent les politiques publiques d'énergies en France. Avec l'Europe, elles sont soumises à deux types de forces: celles du marché et celles qui relèvent d'une politique publique. Nous revenons sur l'émergence du modèle spécifique français, en considérant ses déterminants et le contexte associé. Les travaux d'analyse concernant l'échelle nationale sont étayés d'une multitude d'éléments de compréhension (Tableaux et figures). Ils permettent de faciliter l'effort de lecture et de soutenir notre analyse.

Le modèle énergétique français est strictement examiné par l'intermédiaire d'un bilan énergie. Il permet d'établir une synthèse complète en indiquant les étapes de composition du système énergétique, de la production des matières premières énergétiques jusqu'à la consommation des produits énergétiques par les secteurs d'activités finaux, en passant par la transformation (raffineries, centrales électriques) des produits énergétiques, de la forme primaire à la forme finale. Ce bilan est soutenu par deux tableaux de synthèse et d'une grille de lecture extraite de la source scientifique retenue pour l'étude.

Les échanges contractuels transfrontaliers et les échanges physiques sont explicités. Ils permettent, entre autres, de distinguer la France dans sa balance commerciale de ses voisins européens, par rapport au solde d'échanges contractuels d'électricité, en considérant les exportations et importations sur la dernière dizaine d'années. Ils permettent aussi de déterminer le rôle prépondérant tenu par la France au sein du marché européen.

Nous détaillons l'offre de production : parc thermique nucléaire, production thermique fossile centralisée, production thermique décentralisée, production hydro-électrique, production

éolienne, production photovoltaïque. Enfin nous apportons des éléments de conclusion, soutenus par les scénarios de référence du gestionnaire de réseau.

Cette revue complète du modèle énergétique français permet d'entrevoir qu'une évolution structurelle du parc de production est en cours. Bien qu'il soit l'objet de soubresaut, le cadre réglementaire évolue en ce sens, afin d'accompagner la transition énergétique vers une durabilité partielle. Le modèle de politique publique d'énergie français est en perpétuelle adaptation. Il s'est inscrit dans des cycles accompagnés par une prépondérance de tel ou tel type d'outils de production. Nous sommes en train d'amorcer un nouveau cycle, initié par l'introduction de solutions énergétiques « décarbonées ». Certains considèrent ces différentes évolutions comme peu significatives ou faiblement adaptées aux enjeux de notre ère, car elles n'intègrent pas les nouvelles connaissances scientifiques sur les répercussions multidimensionnelles des usages de l'énergie. Par ailleurs, les efforts de vulgarisation des pourvoyeurs de l'information sont encore trop marginaux pour entrevoir dans notre système démocratique, un élargissement des critères retenus dans les choix associés aux déterminants de l'énergie.

La Corse, territoire méditerranéen, possède des spécificités énergétiques en rapport avec l'insularité. L'Union Européenne développe un panel d'instruments visant à introduire des engagements de politique énergétique ambitieux au sein des territoires insulaires européens. La promotion et l'intégration des spécificités insulaires au sein de l'espace communautaire européen sont issues d'un processus d'échanges. La Corse est faiblement impliquée dans cette dynamique, qui vise à particulariser les caractéristiques insulaires européennes, dans le but de faire émerger des solutions durables pour l'ensemble des territoires insulaires.

Par l'intermédiaire de la Collectivité Territoriale de Corse, l'île possède des dispositions et rayons d'actions clairement définis. Ils ont permis d'établir des politiques publiques de planification d'énergies. Nous avons observé et analysé les différents documents de référence établis par les organes décisionnaires. Ils reflètent assez fidèlement les intentions politiques de l'île. Nous formulons des observations critiques sur les compétences intrinsèques et sur les différentes planifications établies.

La programmation pluriannuelle des investissements de production d'électricité est utilisée pour introduire les différents moyens de production de l'île, les interconnexions et les possibilités de raccordement envisagés.

Nous utilisons les données d'EDF pour décrypter le bilan énergétique de la Corse en observant la consommation, la production, les importations, l'équilibre journalier, l'hypothèse prévisionnelle de consommation, les données graphiques de synthèse, les projets pour répondre aux besoins et le développement du réseau électrique.

La Corse possède d'immenses gisements de ressources renouvelables à valoriser. Au regard des autres territoires insulaires européens, elle dispose de l'ensemble des possibilités existantes pour demeurer ambitieuse dans les volumes d'intégration d'énergies renouvelables. La dépendance aux ressources fossiles non présentes sur nos territoires, amplifie les déséquilibres sociaux, environnementaux et économiques. La hausse de ses coûts contribue directement à impacter le pouvoir d'achat et la consommation des insulaires. Cette hausse n'est pas prête de s'atténuer, car la pression sur les ressources et leur raréfaction nous invitent collectivement à revoir le modèle dont nous avons hérité.

L'île de Corse pourrait ou devrait être un véritable laboratoire d'expérimentation des solutions énergétiques durables, car elle concentre sur un petit territoire l'ensemble des problématiques existant dans la maîtrise de « l'électricité ».



Le troisième chapitre, intitulé « Evaluation multicritère de scénarios d'avenir énergétique pour la Corse », conclut nos travaux en livrant une simulation inédite, dont le caractère est essentiellement méthodologique. L'objectif principal était de répondre à cette question de

recherche: parmi les scénarios considérés, en existe-t-il un qui soit un bon compromis des dimensions économiques, écologiques, sociales et de gouvernances ? En d'autres termes, peut-on envisager un système énergétique durable pour l'île ?

Une étude préalable de la littérature scientifique a livré les approches de construction de scénarios, et plusieurs références en évaluation multicritère de ces derniers dans le domaine de l'énergie. Cette synthèse permet d'entrevoir l'intégration progressive des études multidimensionnelles.

Dans un tel contexte, s'est posée la détermination de la méthode multicritère d'évaluation, les conditionnalités présentées pouvant aider à cela. L'expérience du directeur de thèse a joué un rôle fondamental dans l'appréciation des possibilités existantes et l'utilisation d'une méthodologie adaptée. Tout d'abord la décision de s'inscrire dans l'approche du surclassement de synthèse a été motivée par la possibilité de limiter la compensation (le rattrapage, le rachat) de mauvaises performances comparatives d'un scénario sur un critère par une bonne performance comparative de ce même scénario sur au moins un autre critère. Cette limitation s'opère par l'attribution de pouvoirs de veto aux critères, impliquant l'évaluation de seuils de veto non nuls. Ce paramétrage est adéquat dans une optique de développement durable, où l'on recherche une éventuelle solution de bon compromis. Ceci nous a donc naturellement orienté vers la famille des méthodes multicritères ELECTRE (Roy, 1985) (Roy, Bouyssou, 1993), dont les deux procédures les plus abouties de sélection d'une solution sont celles de ELECTRE IS et de RUBIS (Bisdorff et al., 2008). Aussi avons-nous voulu innover en retenant la récente méthodologie RUBIS, couplant la méthode multicritère RUBIS, bâtie dans la tradition de la méthode ELECTRE IS, avec sa traduction informatique librement utilisable sur le serveur web D3 (Distributed Decision Deck).

Concernant l'application à la Corse, notre agencement des scénarios s'est appuyé sur les installations existantes, les filières exploitées et celles qui deviendraient exploitables à court ou moyen terme ; mais aussi sur les documents publics de planification d'objectifs et de programmation pluri-annuelle des investissements de production de l'électricité, la satisfaction de la demande énergétique future de l'île, les contraintes du système électrique insulaire. La méthodologie d'élaboration d'un scénario débute par une définition de la demande d'énergie. Nous avons retenu des hypothèses réalistes issues des données du gestionnaire, y avons ajouté les infrastructures existantes qui furent complétées par la planification des nouveaux besoins de production d'énergie. Les scénarios s'inscrivent dans une configuration du système énergétique assez contraignante. Les contraintes sont clairement formulées, elles encadrent l'ensemble des scénarios, en étant parfaitement compatibles avec les amplitudes saisonnières de demande d'énergie. Chaque scénario comprend des éléments de configuration et de fonctionnement. Nous avons dressé un tableau récapitulatif et le diagramme des répartitions de puissance. Ainsi, ont été distinguées les trois alternatives que sont « l'avenir énergétique décidé » (scénario A ou  $a_1$ ), « l'hydro-électricité renforcée » (scénario B ou  $a_2$ ) et « l'intégration renforcée des énergies renouvelables » (scénario C ou  $a_3$ ). A travers ce dernier nous avons souhaité formuler un avenir s'inscrivant davantage dans l'objectif du développement durable, en s'évertuant à mettre en avant les ressources renouvelables du territoire insulaire Corse.

Le scénario A correspond à la configuration du système énergétique actuel, en ayant pour objectif de satisfaire la demande. Il s'appuie sur les formulations des instances gouvernantes configurées dans la Programmation Pluriannuelle d'Investissement et le plan énergétique de l'île. Le scénario B correspond à une configuration plus hypothétique. Il repose sur une intention de valoriser les ressources locales de l'île, en renforçant significativement le rôle de l'hydraulique dans le mix. Il s'appuie sur les formulations du scénario A en insérant un barrage de retenue supplémentaire, les centrales micro- hydrauliques prévues dans le scénario A, ainsi que l'introduction des stations de transfert d'énergie par pompage (STEP).

Le scénario C peut être considéré comme une version plus ambitieuse du scénario B. Il est davantage hypothétique, car cette trajectoire ne respecte pas le cadre législatif actuel conçu pour ne pas dépasser la limite de 30 % d'énergies renouvelables aléatoires injectés sur le réseau électrique de l'île. Il s'efforce d'intégrer un maximum de solutions énergétiques durables en s'appuyant sur des technologies matures et pleinement applicables, ce qui confère un certain réalisme à une telle alternative.

Nous avons ensuite procédé à la construction des critères d'évaluation des scénarios, par synthèse des critères d'évaluation des installations qui composent lesdits scénarios. Ainsi, ces premiers sont les suivants : coût moyen de production de l'électricité, émissions totales de CO<sub>2</sub>, part relative de NIMBY important ou total et part relative de transparence forte ou totale. Nous avons livré les sources d'informations qui nous ont permis d'obtenir les critères, ainsi que la démarche en vue de leur construction. Recueillir les informations pour l'évaluation des scénarios fut probablement l'exercice le plus laborieux de la thèse, les données relatives au secteur de l'énergie sont considérées comme sensibles, peu accessibles ou non existantes. Bien que nos intentions initiales portaient sur davantage de critères, les asymétries informationnelles nous ont conduit au final à limiter la taille de la famille des critères d'évaluation des scénarios ; qui cependant revêt les quatre dimensions de l'objectif du développement durable. C'est donc tout de même dans cette optique que s'est réalisée la comparaison des scénarios sur ces critères communs et renseignés.

La méthodologie nous a conduit après vers l'étude des paramètres de critères, que sont les seuils et les poids. Les seuils sur les critères sont appréhendés comme l'expression de limites cognitives ou discriminantes (seuils d'indifférence et de préférence), mais aussi des limites compensatoires (seuils de veto). Un modèle reste une approximation plus ou moins fidèle d'une réalité nécessairement plus complexe. Les valeurs produites sont généralement entachées d'imprécisions, d'incertitudes et d'indéterminations qu'il convient de souligner et prendre en considération dans la démarche évaluative. Dès lors, face au caractère imparfait d'un critère, il est loisible de lui associer des seuils non nuls d'indifférence et de préférence. Aussi, dans une optique d'identifier éventuellement une ou plusieurs situations de bon compromis des critères et dimensions du développement durable, la modélisation de surclassement nous a offert la possibilité d'exprimer des seuils de veto pour borner la substituabilité des valeurs. Par ailleurs, afin d'illustrer comment fixer des priorités sur ces critères renseignés, un jeu de pondération a été obtenu avec une adaptation de la méthode des cartes révisée implémentée dans le logiciel SRF 2.2.

Toutes les valeurs produites sur les critères (évaluation des scénarios, seuils et poids) ont été collectées dans un tableau de performance, que nous avons traité par l'utilisation du serveur web D3 (Distributed Decision Deck) de calcul multicritère, couplant la méthode de surclassement RUBIS avec une analyse de la robustesse des résultats de type Condorcet. Au final, la méthodologie livre des résultats bien tranchés sur les scénarios d'avenir énergétique en Corse : seule l'intégration renforcée des énergies renouvelables (scénario C ou a<sub>3</sub>) constitue de façon robuste un bon choix, comparativement à l'avenir énergétique décidé (scénario A ou a<sub>1</sub>) et à l'hydro-électricité renforcée (scénario B ou a<sub>2</sub>) considérés de manière robuste comme de mauvais choix.

Ce résultat trouve sa source dans les oppositions au sein de la famille des critères à ce qu'un scénario surclasse C : 3 sur 4 d'entre eux opposent leurs vetos à ce que A ou B lui soit préféré ou indifférent. En effet, ceci est intelligible étant donné les écarts absolus de valeurs jugés significatifs, car atteignant au moins les valeurs des seuils de veto sur les critères discordants. Par rapport à C, le scénario A engendrerait les désavantages suivants : 14,58% de cas en moins associés à une transparence forte ou totale, 1775 g/kWh de supplément d'émissions totales de CO<sub>2</sub> et 0,09 €/kWh (valeur arrondie) de plus sur le coût moyen de production

électrique. Les désavantages du scénario B par rapport à C seraient les suivants: 6,6% de cas supplémentaires de NIMBY important ou total, 1787 g/kWh de CO<sub>2</sub> émis en plus et 0,08 €/kWh (valeur arrondie) de surcoût pour produire l'électricité. De tels désavantages ne peuvent être compensés, c'est-à-dire rattrapés ou rachetés, au sein d'une approche multicritère du surclassement ; et cela quelles que soient les valeurs des poids des critères d'évaluation. Les situations de veto bloquent ainsi la compensation.

Notons aussi que les critères sont unanimement en faveur du scénario C noté a<sub>3</sub>, ce qui peut se lire directement dans le tableau de performance. Ceci est retracé dans les calculs des degrés de surclassement, atteignant sans réciprocité 100% pour les couples des scénarios (a<sub>3</sub>, a<sub>1</sub>) et (a<sub>3</sub>, a<sub>2</sub>), avec une robustesse maximale de niveau 3 sur l'échelle de Condorcet, confirmant l'accord de la famille des critères à ce que C surclasse les autres. En conséquence, l'intégration renforcée des énergies renouvelables est le scénario d'avenir que nous recommandons via la méthode (RUBIS Choice Recommendation), et constituerait le bon paradigme énergétique pour la région insulaire Corse. Bien que satisfait de cette issue, rappelons que l'exercice évaluatif mené reste une simulation numérique essentiellement méthodologique, et que les valeurs collectées dans le tableau de performance restent perfectibles et ne sont pas à considérer comme les seules possibles.

A titre d'élargissement de ce mémoire, nous soulignons deux voies en vue de poursuivre nos recherches sur les scénarios d'avenir énergétique de la Corse : d'une part l'étude approfondie des schémas régionaux climat air énergie (SRCAE), créés dans le cadre du Grenelle de l'environnement qui sont apparus récemment ; d'autre part la réalisation d'un séminaire citoyen en fin d'année pour présenter plus largement notre étude mais surtout associer la société civile à celle-ci particulièrement à propos des priorités qu'elle accorde aux critères d'évaluations renseignés et analyser la robustesse des recommandations.

Notons d'ores et déjà que la SRCAE ambitionne pour le territoire insulaire Corse « *une transition énergétique..., devant aboutir à l'autonomie énergétique à l'horizon 2050* ». Le décret d'application de la loi Grenelle II indique que le SRCAE doit traiter du « *potentiel de développement de chaque filière d'énergie renouvelable terrestre et de récupération* ». Les énergies marines – hydroliennes en mer notamment et l'éolien off-shore sont donc exclus de son périmètre d'application ! Le schéma se présente comme une synthèse des études existantes, en abordant les potentiels des filières EnR de production électrique (hydro-électrique, solaire photovoltaïque, éolien terrestre, solaire thermique, bois, déchets). Il définit des hypothèses de puissances installées (MW) et de productibles associés (GWh) pour 2020, 2030 et 2050. Bien que les proportions évoquées par filière soient discutables, les données sont clairement quantifiées. Elles permettent d'avoir une certaine idée du potentiel de développement des énergies renouvelables en Corse. La partie prospectiviste du schéma présente trois hypothèses d'évolution (Grenelle 2020, Grenelle 2030, Rupture 2050). On observe une intention de vulgarisation des hypothèses abordées. L'étude présente une vue détaillée des différents scénarios par filière, en envisageant l'intégration de rupture technologique pour les scénarios les plus ambitieux. Des critiques peuvent être formulées à propos du SRCAE, notamment son incomplétude et l'absence d'informations fondamentales. Néanmoins il réunit des synthèses claires et lisibles des données associées aux grands enjeux de notre ère.

Finalement, la tenue d'un séminaire citoyen inscrirait nos travaux dans une évaluation multicritère participative des scénarios d'avenir énergétique en Corse. Un tel exercice évaluatif permettrait d'intégrer dans l'analyse tant la perception sociétale des scénarios que de compléter les calculs multicritères de surclassement en y insérant des jeux de valeurs propres aux acteurs socio-économiques y participant. Ceci nécessite une présentation claire au public des finalités de l'évaluation multicritère (choix du meilleur scénario et délibération), des

principaux éléments méthodologiques (construction des scénarios, de la famille des critères, du tableau de performance, synthèse multicritère et recommandations sur ces scénarios), du questionnaire en vue de pondérer les critères d'évaluation avec la société civile ; mais aussi une réactivité de l'analyste multicritère permettant de procéder en temps réel aux calculs (poids relatifs normés et procédure de sélection). De tels enjeux méthodologiques s'inscrivent dans une interface science-société à bâtir, nécessaire à l'étude rigoureuse et élargie des systèmes énergétiques durables, notamment en ce qui concerne l'île de Corse.

# Liste des figures

## Chapitre 1

**FIGURE 1.1 REPRESENTATIONS GRAPHIQUES DU DEVELOPPEMENT DURABLE**  
(Extrait de l'ouvrage « Economie du développement durable » de Beat Burgenmeier, 2005)

**FIGURE 1.2 PRINCIPALES INTERACTIONS DU DEVELOPPEMENT DURABLE**  
(Extrait de l'ouvrage « Economie du développement durable » de Beat Burgenmeier, 2005)

**FIGURE 1.3 INTERACTIONS DU DEVELOPPEMENT DURABLE**  
(Extrait de l'ouvrage « Economie du développement durable » de Beat Burgenmeier, 2005)

**FIGURE 2.1 INTENSITE CAPITALISTIQUE ET CROISSANCE ECONOMIQUE**  
(Extrait de l'ouvrage « Economie du développement durable » de Beat Burgenmeier, 2005)

**FIGURE 2.2 COURBE ENVIRONNEMENTALE DE KUZNETS**

**FIGURE 3.1 SYSTEME PYRAMIDAL SELON LES BESOINS PAR ABRAHAM MASLOW**

**FIGURE 3.2 CHANGEMENT DES PRIX RELATIFS ET SA CONTRIBUTION A LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT**  
(Extrait de l'ouvrage « Economie du développement durable » de Beat Burgenmeier, 2005)

**FIGURE 3.3 NIVEAU OPTIMAL DE POLLUTION DU POINT DE VUE ECONOMIQUE**

**FIGURE 3.4 DEUX CONCEPTIONS DE L'ENVIRONNEMENT**  
(Extrait de l'ouvrage « Economie du développement durable » de Beat Burgenmeier, 2005)

**FIGURE 4.1 UNE VISION DES SYSTEMES DE COMPTABILITE IMBRIQUEE EN ECONOMIE ECOLOGIQUE**  
(Extrait de « La démarche de l'économie écologique » de J. Gowdy et J. D. Erickson, 2009)

## Chapitre 2

**FIGURE 5.1 LE MECANISME D'ECHANGE DE QUOTAS D'EMISSION AUPRES D'AUTRES EXPLOITANTS**  
(Extrait de la mission climat de la caisse des dépôts et consignations)

**FIGURE 5.2 SCHEMA SIMPLIFIE DU FONCTIONNEMENT EN FRANCE DE POWERNEXT CARBON**  
(Extrait du site internet <http://www.pleinchamp.com/>)

**FIGURE 5.3 REPRESENTATION SIMPLIFIEE DES TROIS MECANISMES DE FLEXIBILITE DU PROTOCOLE DE KYOTO**  
(Extrait modifié du rapport « les marchés forestiers du carbone » Yves-Marie Gardette et Bruno Locatelli)

**FIGURE 5.3 BIS SCHEMA SIMPLIFIE PORTANT SUR LA NOTION DE PRIX DE L'ENERGIE ET SUR LES COUTS EXTERNES**

Extrait de Re-thinking 2050 de l'European Renewable Energy Council (EREC)

**FIGURE 6.1 REPARTITION FRANÇAISE DE LA PRODUCTION ET DE LA CONSOMMATION PAR REGION ADMINISTRATIVE EN 2010**

(Extrait du rapport R.T.E, Statistiques de l'énergie électrique en France en 2010)

**FIGURE 6.2 DECOMPOSITION SECTORIELLE DE LA CONSOMMATION**

(Extrait de Bilan Prévisionnel de l'équilibre offre-demande d'électricité en France, Edition 2011)

**FIGURE 6.3 BILAN ENERGETIQUE DE LA FRANCE EN 2009 (EN MTEP)**

Extrait du rapport Global Chance, L'analyse des données, Consommations d'énergie et bilans énergétiques en Allemagne et en France. (Réalisation : Atlas Conseil)

**FIGURE 6.4 EVOLUTION PLURIANNUELLE DE LA CONSOMMATION D'ENERGIE PRIMAIRE EN FRANCE (EXPRIMEE EN MTEP)**

Extrait modifié du rapport Global Chance, L'analyse des données, Consommations d'énergie et bilans énergétiques en Allemagne et en France.

**FIGURE 6.5 EVOLUTION PLURIANNUELLE DE LA CONSOMMATION D'ENERGIE PRIMAIRE EN FRANCE PAR HABITANT (EXPRIMEE EN TEP)**

Extrait modifié du rapport Global Chance, L'analyse des données, Consommations d'énergie et bilans énergétiques en Allemagne et en France

**FIGURE 6.6 ÉVOLUTION PLURIANNUELLE DE LA CONSOMMATION D'ENERGIE PRIMAIRE PAR SOURCE EN FRANCE (EXPRIMEE EN MTEP)**

(Extrait modifié du rapport Global Chance, L'analyse des données, Consommations d'énergie et bilans énergétiques en Allemagne et en France.)

**FIGURE 6.7 EVOLUTION PLURIANNUELLE DE L'INTENSITE ENERGETIQUE PRIMAIRE EN FRANCE**

Extrait modifié du rapport Global Chance, L'analyse des données, Consommations d'énergie et bilans énergétiques en Allemagne et en France.

**FIGURE 6.8 ECHANGES CONTRACTUELS TRANSFRONTALIERS EN 2011**

Extrait du rapport R.T.E, Bilan électrique 2011

**FIGURE 6.9 LES GRANDS PROJETS EN COURS EN 2011**

Extrait du rapport R.T.E, Bilan électrique 2011

**FIGURE 7 LOCALISATION DES PRINCIPAUX INVESTISSEMENTS DE DEVELOPPEMENT PREVUS PAR R.T.E DANS LES 10 ANS A VENIR**

Extrait du rapport R.T.E, Bilan électrique 2011

**FIGURE 7.1 SCHEMA D'INTERCONNEXION EUROPEEN ANTICIPEE EN VUE DE L'INTEGRATION D'ENR (EN MW)**

Extrait du rapport, Priority for 2020 and beyond, a blueprint for an integrated European Energy network

**FIGURE 7.2 CARTE DU PLAN D'INTERCONNEXION DE L'ENTSO-E**

Extrait du rapport « 10 year network development plan, 2010 Pilot project »

**FIGURE 7.3 CARTE SIMPLIFIEE DES 58 REACTEURS NUCLEAIRES FRANÇAIS REPARTIS SUR 19 CENTRALES**

Extrait de fiche pédagogique, le parc nucléaire français. ([connaissancedesenergies.org](http://connaissancedesenergies.org))

**FIGURE 7.4 SCHEMA SIMPLIFIE D'UN REACTEUR A EAU PRESSURISEE**

Extrait de la médiathèque du commissariat à l'énergie atomique. (<http://www.cea.fr>)

**FIGURE 7.5 REPARTITION PAR ZONE DES OPERATEURS PUBLICS DU RESEAU DE TRANSPORT DE GAZ**

Extrait du rapport, Etat des lieux de la production électrique thermique centralisée ; Evaluation de l'opportunité de l'implantation de *cycles combinés au gaz* dans le système énergétique français  
(Bureau Horizons, 2009)

**FIGURE 7.6 EVOLUTION DU PARC THERMIQUE CLASSIQUE CENTRALISE EN EXPLOITATION**

Extrait du rapport R.T.E, Bilan électrique 2011

**FIGURE 7.7 VUE AERIENNE D'UN SITE DE POMPAGE TURBINAGE A OKINAWA, JAPON**

Extrait du site internet Waste Energy.net

**FIGURE 7.8 PARC EOLIEN FRANÇAIS EN SERVICE (DEBUT 2011)**

Extrait du rapport R.T.E, Bilan électrique 2011

**FIGURE 7.9 CARTOGRAPHIE DU PLAN DE DEVELOPPEMENT DE L'EOLIEN OFFSHORE FRANÇAIS**

Extrait du rapport R.T.E, Bilan électrique 2011

**FIGURE 8 PARC PHOTOVOLTAÏQUE EN SERVICE DEBUT 2011**

Extrait du rapport R.T.E, Bilan électrique 2011

**FIGURE 8.1 SCHEMA D'INTEGRATION SIMPLIFIEE DE L'ISLE-PACT**

Extrait du site internet <http://www.islepact.eu>

**FIGURE 8.2 LES AGENCES DE L'ENERGIE SUR LE CONTINENT EUROPEEN**

Extrait du site internet <http://www.managenergy.net> de la Commission Européenne

**FIGURE 8.3 LES SIGNATAIRES DU PACTE DES MAIRES**

Extrait du site internet <http://www.managenergy.net> de la Commission Européenne.

**FIGURE 8.4 SCHEMA DE PRINCIPE DE LA TRANSITION ENERGETIQUE**

Extrait de [A contribution from the MIT-Portugal Program](#) Sustainable Energy Systems

**FIGURE 8.5 VUE D'ENSEMBLE D'UN HYPOTHETIQUE SYSTEME ENERGETIQUE DURABLE**

**FIGURE 8.6 ORGANISATION ET FLUX FINANCIERS DANS LES SYSTEMES ENERGETIQUES INSULAIRES**

Extrait du site internet de la Commission de régulation de l'énergie, ([www.cre.fr](http://www.cre.fr)).

**FIGURE 8.7 DESCRIPTION DE LA TECHNOLOGIE «WIND FLOAT»**

Extrait du site internet Enerzine.com

**FIGURE 8.8 DIFFERENTES TECHNOLOGIES D'IMPLANTATION D'EOLIENNES**

Extrait du site internet Enerzine.com

**FIGURE 8.9 SCHEMA REGIONAL EOLIEN DE LA CORSE**

Extrait du schéma éolien de la Corse

**FIGURE 9 CARTOGRAPHIE DES PROJETS PHOTOVOLTAÏQUES AYANT BENEFICIES D'UN AVIS FAVORABLE**

Extrait de la Charte de développement du photovoltaïque et de dispositif d'évaluation des projets

**FIGURE 9.1 SCHEMA DE FONCTIONNEMENT D'UNE CENTRALE SOLAIRE A MIROIRS CYLINDRO PARABOLIQUES (MCP)**

Extrait T.M. Pavlović et al. / *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16 (2012) 3891–3902

**FIGURE 9.2 SCHEMA DE FONCTIONNEMENT D'UNE CENTRALE SOLAIRE A TOUR**

Extrait T.M. Pavlović et al. / *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16 (2012) 3891–3902

**FIGURE 9.3 VUE AERIENNE D'UNE CENTRALE SOLAIRE A TOUR**

Extrait de la base de données de Google Image.

**FIGURE 9.4 SCHEMA DE FONCTIONNEMENT D'UNE UNITE DISH STIRLING PARABOLIQUES**

Extrait T.M. Pavlović et al. / *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16 (2012) 3891–3902

**FIGURE 9.5 SCHEMA DE FONCTIONNEMENT D'UNE CENTRALE SOLAIRE FRESNEL**

Extrait T.M. Pavlović et al. / *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16 (2012) 3891–3902

**FIGURE 9.6 SCHEMA DU SYSTEME ELECTRIQUE EN CORSE**

Extrait du Bilan prévisionnel de l'équilibre offre/demande d'électricité en Corse

**FIGURE 9.7 SEGMENTATION DES SOURCES DE PRODUCTION D'ENERGIE EN 2009**

Extrait du manuscrit de thèse de Cyril Voyant (Université de Corse ; UMR 6134(SPE))

### Chapitre 3

**FIGURE 9.8 EMLACEMENT DES SITES FIXES DE LA REGION D'AJACCIO AVEC LA ROSE DES VENTS DE METEO FRANCE 2007-2010**

Extrait du Bilan de surveillance du Vazzio de 2007 à 2011

**FIGURE 9.9 DIAGRAMME DES PUISSANCES DU SCENARIO A**

**FIGURE 10 DIAGRAMME DES PUISSANCES DU SCENARIO B**

**FIGURE 10.1 DIAGRAMME DES PUISSANCES DU SCENARIO C**

**FIGURE 10.2 ECHELLE COMMUNE DE DEFINITION D'ECART D'IMPORTANCE ENTRE DEUX CRITERES DE RANGS SUCCESSIFS.**

**FIGURE 10.3 POIDS NORMES DES CRITERES D'EVALUATION DES SCENARIOS**

**FIGURE 10.4 HISTOGRAMME DES POIDS RELATIFS NORMES PAR RANG**

**FIGURE 10.5 FENETRE D'ACCUEIL DU SERVEUR D3**

**FIGURE 10.6 ACCES AUX METHODES MULTICRITERES ET TRAVAUX PERSONNELS**

**FIGURE 10.7 EXTRAIT DES METHODES MULTICRITERES PRESENTES SUR LE SERVEUR**

**FIGURE 10.8 GRAPHE DE SURCLASSEMENT ROBUSTE**

# Liste des tableaux

## Chapitre 1

**TABLEAU 1.1 DE LA CROISSANCE ECONOMIQUE AU DEVELOPPEMENT DURABLE**  
(Extrait de l'ouvrage « Economie du développement durable » de Beat Burgenmeier, 2005)

**TABLEAU 2.1 STRATEGIES DE RECHERCHE FACE AUX PROBLEMES ENVIRONNEMENTAUX**  
(Extrait de l'ouvrage « Economie du développement durable » de Beat Burgenmeier, 2005)

**TABLEAU 2.2 PRINCIPAUX FACTEURS DE LA CROISSANCE ECONOMIQUE**  
(Extrait de l'ouvrage « Economie du développement durable » de Beat Burgenmeier, 2005)

**TABLEAU 2.3 CROISSANCE ECONOMIQUE ET POLLUTION : APPROCHES EMPIRIQUES**  
(Extrait de l'ouvrage « Economie du développement durable » de Beat Burgenmeier, 2005)

**TABLEAU 2.4 HISTORIQUE DES INSTITUTIONS INTERNATIONALES**  
(Extrait de l'ouvrage « Economie du développement durable » de Beat Burgenmeier, 2005)

**TABLEAU 2.5 THESE ET ANTITHESE SUR LA CROISSANCE ECONOMIQUE**  
(Extrait de l'ouvrage « Economie du développement durable » de Beat Burgenmeier, 2005)

**TABLEAU 3.1 LISTE NON EXHAUSTIVE DES ACTIONS PUBLIQUES FACE AUX ECHECS DE MARCHE**  
(Extrait de l'ouvrage « Economie du développement durable » de Beat Burgenmeier, 2005)

**TABLEAU 4.1 ENJEUX CONCEPTUELS MAJEURS**  
(Extrait de « La démarche de l'économie écologique » de J. Gowdy et J. D. Erickson, 2009)

## Chapitre 2

**TABLEAUX 5.1 OBLIGATION DE REDUCTION DE KYOTO SELON L'ANNEXE B DU PROTOCOLE DE KYOTO**  
(Extrait de l'ouvrage « Energie ; Economie et politiques » de Jean-Pierre Hansen et Jacques Percebois)

**TABLEAUX 5.2 REDISTRIBUTION DES OBJECTIFS DE KYOTO AU SEIN DES ETATS MEMBRES DE L'UNION EUROPEENNE**  
(Extrait de l'ouvrage « Energie ; Economie et politiques » de Jean-Pierre Hansen et Jacques Percebois)

**TABLEAU 5.3 ANNEXE I ET II DE LA DIRECTIVE PRESENTANT LES ACTIVITES ET LES GAZ POUR LESQUELS S'APPLIQUENT LA DIRECTIVE**  
(Extrait de la directive 2003/87/CE du Parlement et du conseil Européen d'Octobre 2003)

**TABLEAU 5.4 STRUCTURES COMPARATIVES DU SYSTEME GLOBAL CO<sup>2</sup>**

(Extrait de l'ouvrage « Energie ; Economie et politiques » de Jean-Pierre Hansen et Jacques Percebois)

**TABLEAU 5.5 PRODUCTION D'ELECTRICITE A PARTIR D'ENERGIES NATURELLES ET RENOUVELABLES EN 2006 (EN %)**

Extrait d'Eurostat, Energy, Transport and Environment Indicator, Eurostat PocketBook, 2008

**TABLEAU 6.1 EVOLUTION DE LA PRODUCTION NETTE D'ELECTRICITE EN FRANCE PAR FILIERE, DE 1970 A 2004 (EN TWH)**

(Extrait du rapport de l'Observatoire de l'énergie, électricité et politique énergétique)

**TABLEAU 6.2 EVOLUTION PLURIANNUELLE DE LA CONSOMMATION D'ELECTRICITE EN FRANCE (EXPRIMEE EN TWH)**

(Extrait du rapport R.T.E, Statistiques de l'énergie électrique en France)

**TABLEAU 6.3 EVOLUTION PLURIANNUELLE DE LA PRODUCTION D'ELECTRICITE EN FRANCE (EXPRIMEE EN TWH)**

Extrait du rapport R.T.E, Statistiques de l'énergie électrique en France

**TABLEAU 6.4 EVOLUTION DU PARC DE PRODUCTION EN 2010**

Extrait du rapport R.T.E, Statistiques de l'énergie électrique en France

**TABLEAU 6.5 BILAN ENERGETIQUE DE LA FRANCE EN 2009 (EXPRIME EN MTEP)**

**TABLEAU 6.6 BILAN ENERGETIQUE PAR HABITANT EN 2009 EN FRANCE POUR UNE POPULATION DE 62,44 MILLIONS D'HABITANTS (EXPRIME EN TEP)**

**TABLEAU 6.7 EVOLUTION PLURIANNUELLE DE LA CONSOMMATION D'ENERGIE PRIMAIRE EN FRANCE ET PAR HABITANT**

Extrait modifié du rapport Global Chance, L'analyse des données, Consommations d'énergie et bilans énergétiques en Allemagne et en France.

**TABLEAU 6.8 CONSOMMATION D'ENERGIE PRIMAIRE DANS LES PAYS DE L'U.E-27 EN 2007**

Extrait de Global Chance, Petit memento énergétique de l'Union Européenne, fiche n°10

**TABLEAU 7.1 EVOLUTION PLURIANNUELLE DE LA CONSOMMATION D'ENERGIE PRIMAIRE PAR SOURCE EN FRANCE (EXPRIMEE EN MTEP)**

Extrait modifié du rapport Global Chance, L'analyse des données, Consommations d'énergie et bilans énergétiques en Allemagne et en France.

**TABLEAU 7.2 STRUCTURE PAR SOURCE DE LA CONSOMMATION D'ENERGIE PRIMAIRE TOTALE**

Extrait modifié du rapport Global Chance, L'analyse des données, Consommations d'énergie et bilans énergétiques en Allemagne et en France.

**TABLEAU 7.3 RENDEMENT DE LA PRODUCTION BRUTE D'ELECTRICITE**

Extrait modifié du rapport Global Chance, L'analyse des données, Consommations d'énergie et bilans énergétiques en Allemagne et en France.

**TABLEAU 7.4 BILAN D'ELECTRIQUE ET PRODUCTION D'ELECTRICITE EN 2009**

Extrait du rapport Global Chance, L'analyse des données, Consommations d'énergie et bilans énergétiques en Allemagne et en France.

**TABLEAU 7.5 LE RENDEMENT DU SYSTEME ELECTRIQUE**

Extrait modifié du rapport Global Chance, L'analyse des données, Consommations d'énergie et bilans énergétiques en Allemagne et en France.

**TABLEAU 7.6 EVOLUTION PLURIANNUELLE DU SOLDE D'ECHANGES CONTRACTUELS D'ELECTRICITE**

Extrait du rapport R.T.E, Bilan électrique 2011

**TABLEAU 7.7 VOLUME D'ECHANGES CONTRACTUELS SUR LES LIGNES D'INTERCONNEXION EN FRANCE**

Extrait actualisé du rapport Global Chance, L'analyse des données, Consommations d'énergie et bilans énergétiques en Allemagne et en France.

**TABLEAU 7.8 EVOLUTION PLURIANNUELLE DU TEMPS DE COUPURE EQUIVALENT**

Extrait du rapport R.T.E, Bilan électrique 2011

**TABLEAU 7.9 EVOLUTION PLURIANNUELLE DES INVESTISSEMENTS DE R.T.E**

Extrait du rapport R.T.E, Bilan électrique 2011

**TABLEAU 8.1 ADAPTATION DU MIX ELECTRIQUE EN PROPORTION DE LA REDUCTION D'UNE TRANCHE DU PARC NUCLEAIRE ALLEMAND EN 2011 (EN TWH)**

Extrait du rapport de l'IDDRI L'impact de la décision post-Fukushima sur le tournant énergétique allemand

**TABLEAU 8.2 CLASSEMENT DE RADIONUCLEIDE PAR PERIODE**

Extrait du site internet de l'institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (<http://www.irsn.fr>)

**TABLEAU 8.3 SOLUTIONS DE GESTIONS DEVELOPPEES DANS LE CADRE DU PLAN NATIONAL DE GESTION DES MATIERES ET DES DECHETS RADIOACTIFS (PNGMDR) POUR LES DIFFERENTES CATEGORIES DE DECHETS**

Extrait du site internet de l'institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (<http://www.irsn.fr>)

**TABLEAU 8.4 DATES DE PREMIER COUPLAGE – GROUPES THERMIQUES CLASSIQUES EXPLOITES**

Extrait du rapport R.T.E, Bilan électrique 2011

**TABLEAU 8.5 EVOLUTION PLURIANNUELLE DE LA PUISSANCE EOLIENNE**

Extrait du rapport R.T.E, Bilan électrique 2011

**TABLEAU 8.6 EVOLUTION PLURIANNUELLE DE LA PUISSANCE INSTALLEE**

Extrait du rapport R.T.E, Bilan électrique 2011

**TABLEAU 8.7 SYNTHESE DE LA REDUCTION DES COUTS DU SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE C-SI**

Extrait du rapport, Mc Kinsey « Solar power's next shining »

**TABLEAU 8.8 PERSPECTIVES DE PUISSANCES INSTALLEES EN FRANCE SELON RTE**  
Extrait du rapport R.T.E, Bilan électrique 2011

**TABLEAU 8.9 PERSPECTIVES DE BILANS ENERGETIQUES EN FRANCE SELON RTE**  
Extrait du rapport R.T.E, Bilan électrique 2011

**TABLEAU 9 ESTIMATION PREVISIONNELLE DE L'ENERGIE LIVREE AU RESEAU (EN GWH) ET DE LA PUISSANCE MAXIMALE ATTEINTE (EN MW) SUR LA PERIODE 2004-2015**  
Extrait du rapport, Plan énergétique de la Corse de la Collectivité territoriale de Corse

**TABLEAU 9.1 EVOLUTION DES PUISSANCES PREVISIONNELLES ET DES PUISSANCES ATTEINTES SELON L'HYPOTHESE D'UNE CROISSANCE DE LA POINTE DE 3,2 % PAR AN**  
Extrait du rapport, Plan énergétique de la Corse de la Collectivité territoriale de Corse

**TABLEAU 9.2 ESTIMATION PREVISIONNELLE DE L'ENERGIE LIVREE AU RESEAU (EN GWH) ET DE LA PUISSANCE MAXIMALE ATTEINTE (EN MW) SUR LA PERIODE 2015-2025**  
Extrait du rapport, Plan énergétique de la Corse de la Collectivité territoriale de Corse

**TABLEAU 9.3 FEUILLE DE ROUTE DES BESOINS D'INVESTISSEMENTS SUR LA PERIODE 2005-2015 PREVU PAR LE DOCUMENT DE PLANIFICATION DE 2005**  
Extrait du rapport, Plan énergétique de la Corse de la Collectivité territoriale de Corse

**TABLEAU 9.4 SCHEMA DES CHARGES FINANCEES PAR LA CONTRIBUTION UNITAIRE CSPE**  
Extrait du site internet de la Commission de régulation de l'énergie, ([www.cre.fr](http://www.cre.fr)).

**TABLEAU 9.5 DECOMPOSITION DU MECANISME DE CONSTRUCTION ET DE FACTURATION DU TURPE SELON UN EXEMPLE DE FACTURE CLIENT « BLEU » 6 KVA**  
Extrait du site internet Energie/Environnement de Sia conseil, ([energie.sia-conseil.com](http://energie.sia-conseil.com))

**TABLEAU 9.6 PRIX EN € / MWH POUR UN CLIENT A 70 GWH TLU TYPE VERT HTA. PRIX DE MARCHÉ FIN 2011. HORS TVA (LES PROPORTIONS DE PRIX EN POURCENTAGE SONT ARRONDIES)**  
Extrait du site internet de l'Union Française de l'électricité. (Source des données : Eurostat) ([www.ufe-electricite.fr](http://www.ufe-electricite.fr))

**TABLEAU 9.7 OPERATIONS ET MONTANTS CORRESPONDANTS POUR LA PERIODE 2000-2006**  
Extrait du rapport, plan de développement des énergies renouvelables et de la maîtrise de l'énergie.

**TABLEAU 9.8 SUBVENTION MOBILISEE POUR LA PERIODE 2000-2006**  
Extrait du rapport, plan de développement des énergies renouvelables et de la maîtrise de l'énergie

**TABLEAU 9.9 VENTILATION PAR GRANDS THEMES**  
Extrait du rapport, plan de développement des énergies renouvelables et de la maîtrise de l'énergie.

**TABLEAU 10 SCENARIO 2006-2020, ENR-MDE AVEC CONTRIBUTION ELECTRIQUE**  
Extrait du rapport, plan de développement des énergies renouvelables et de la maîtrise de l'énergie

**TABLEAU 10.1 REPARTITION DES MOYENS FINANCIERS PREVUS EN MATIERE DE COMMUNICATION 3,74 M€ POUR LA PERIODE 2007 - 2013**

Extrait du rapport, plan de développement des énergies renouvelables et de la maîtrise de l'énergie.

**TABLEAU 10.2 EVALUATION FINANCIERE DU PLAN DE DEVELOPPEMENT DES ENERGIES RENOUVELABLES ET DE LA MAITRISE DE L'ENERGIE SUR LA PERIODE 2007 - 2013**

Extrait du rapport, plan de développement des énergies renouvelables et de la maîtrise de l'énergie

**TABLEAU 10.3 BILAN DES CONTRIBUTIONS ENVISAGEES AU REGARD DES INVESTISSEMENTS GENERES (501 M€ DE TRAVAUX INDUITS)**

Extrait du rapport, plan de développement des énergies renouvelables et de la maîtrise de l'énergie

**TABLEAU 10.4 PRESENTATION DES CRITERES OBLIGATOIRES DE LA GRILLE MULTICRITERE**

Extrait de la Charte de développement du photovoltaïque et de dispositif d'évaluation des projets

**TABLEAU 10.5 LES CRITERES RELATIFS AU PORTEUR DE PROJET ET AUX ASPECTS TECHNICO-ECONOMIQUES DU PROJET**

Extrait de la Charte de développement du photovoltaïque et de dispositif d'évaluation des projets

**TABLEAU 10.6 LES CRITERES RELATIFS AUX ASPECTS FONCIERS DU PROJET**

Extrait de la Charte de développement du photovoltaïque et de dispositif d'évaluation des projets

**TABLEAU 10.7 LES CRITERES RELATIFS AUX ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX DU PROJET**

Extrait de la Charte de développement du photovoltaïque et de dispositif d'évaluation des projets

**TABLEAU 10.8 LES CRITERES RELATIFS AUX ASPECTS D'ACCEPTATION DU PROJET**

Extrait de la Charte de développement du photovoltaïque et de dispositif d'évaluation des projets

**TABLEAU 10.9 CENTRALE THERMODYNAMIQUE DANS LE MONDE**

Extrait T.M. Pavlović et al. / *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16 (2012) 3891–3902

**TABLEAU 11 CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DE LA CENTRALE MARICOPA SOLAR**

Extrait T.M. Pavlović et al. / *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16 (2012) 3891–3902

**TABLEAU 11.1 CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DE LA CENTRALE PUERTO ERRADO**

Extrait T.M. Pavlović et al. / *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16 (2012) 3891–3902

**TABLEAU 11.2 COURBES DE CHARGE JOURNALIERE EN CORSE POUR L'ANNEE 2010**

Extrait du Bilan prévisionnel de l'équilibre offre/demande d'électricité en Corse

**TABLEAU 11.3 SYNTHESES DES MOYENS DE PRODUCTION**

Extrait du Bilan prévisionnel de l'équilibre offre/demande d'électricité en Corse

**TABLEAU 11.4 OUTILS DE PRODUCTION DE GRANDE HYDRAULIQUE EN CORSE**

Extrait du Bilan prévisionnel de l'équilibre offre/demande d'électricité en Corse

**TABLEAU 11.5 OUTILS DE PRODUCTION DE PETITE HYDRAULIQUE EN CORSE**

Extrait du Bilan prévisionnel de l'équilibre offre/demande d'électricité en Corse

**TABLEAU 11.6 PARC EOLIEN EN CORSE**

Extrait du Bilan prévisionnel de l'équilibre offre/demande d'électricité en Corse

**TABLEAU 11.7 RECAPITULATIF DE LA PUISSANCE TOTALE DISPONIBLE SUR LE RESEAU INSULAIRE**

Extrait du Bilan prévisionnel de l'équilibre offre/demande d'électricité en Corse

**TABLEAU 11.8 EMPILEMENT DES MOYENS DE PRODUCTION DANS UNE JOURNEE D'HIVER**

Extrait du Bilan prévisionnel de l'équilibre offre/demande d'électricité en Corse

**TABLEAU 11.9 EMPILEMENT DES MOYENS DE PRODUCTION DANS UNE JOURNEE D'ETE**

Extrait du Bilan prévisionnel de l'équilibre offre/demande d'électricité en Corse

**TABLEAU 12 EMPILEMENT DES MOYENS DE PRODUCTION DANS UNE JOURNEE DE L'INTERSAISON**

Extrait du Bilan prévisionnel de l'équilibre offre/demande d'électricité en Corse

**TABLEAU 12.1 EMPILEMENT DES MOYENS DE PRODUCTION LORS DE LA POINTE MAX DE 2010**

Extrait du Bilan prévisionnel de l'équilibre offre/demande d'électricité en Corse

**TABLEAU 12.2 EMPILEMENT DES MOYENS DE PRODUCTION LORS DE LA POINTE MIN DE 2011**

Extrait du Bilan prévisionnel de l'équilibre offre/demande d'électricité en Corse

**TABLEAU 12.3 TENDANCE PREVISIONNELLE DEMOGRAPHIQUE EN CORSE**

Extrait du Bilan prévisionnel de l'équilibre offre/demande d'électricité en Corse

**TABLEAU 12.4 TENDANCE PREVISIONNELLE DE DECOHABITATION EN CORSE**

Extrait du Bilan prévisionnel de l'équilibre offre/demande d'électricité en Corse

**TABLEAU 12.5 TENDANCE PREVISIONNELLE DE CROISSANCE ECONOMIQUE EN CORSE**

Extrait du Bilan prévisionnel de l'équilibre offre/demande d'électricité en Corse

**TABLEAU 12.6 TENDANCE PREVISIONNELLE D'EQUIPEMENT DES MENAGES EN CORSE**

Extrait du Bilan prévisionnel de l'équilibre offre/demande d'électricité en Corse

**TABLEAU 12.7 SCENARIO TENDANCIEL DE CONSOMMATION A COURT TERME**

Extrait du Bilan prévisionnel de l'équilibre offre/demande d'électricité en Corse

**TABLEAU 12.8 SCENARIOS TENDANCIELS DE CONSOMMATION A LONG TERME**

Extrait du Bilan prévisionnel de l'équilibre offre/demande d'électricité en Corse

**TABLEAU 12.9 SCENARIO MDE A LONG TERME**

Extrait du Bilan prévisionnel de l'équilibre offre/demande d'électricité en Corse

**TABLEAU 13 PRESENTATION DES SCENARIOS DE BESOIN EN ENERGIE D'EDF**

Extrait du Bilan prévisionnel de l'équilibre offre/demande d'électricité en Corse

**TABLEAU 13.1 PRESENTATION DES SCENARIOS DE BESOIN EN PUISSANCE D'EDF**

Extrait du Bilan prévisionnel de l'équilibre offre/demande d'électricité en Corse

**Chapitre 3**

**TABLEAU 14.1 RESUME DE LA LITTERATURE SCIENTIFIQUE APPLIQUEE AUX SCENARIOS ENERGETIQUES DANS LE CADRE D'UNE ANALYSE MULTICRITERE**

**TABLEAU 14.2 CRITERES ET INDICATEURS POTENTIELS D'EVALUATION**

**TABLEAU 14.3 SCENARIO REFERENCE RETENUE DE DEMANDE D'ENERGIE EN CORSE**

Extrait d'EDF SEI Bilan prévisionnel Corse 2012

**TABLEAU 14.4 RECAPITULATIF DES INSTALLATIONS DU SYSTEME ENERGETIQUE CORSE**

Extrait d'EDF SEI Bilan prévisionnel Corse 2012

**TABLEAU 14.5 PLANIFICATION DES NOUVEAUX BESOINS DE PRODUCTION EN CORSE**

Extrait d'EDF SEI Bilan prévisionnel Corse 2012

**TABLEAU 14.6 PUISSANCE NECESSAIRE AU FONCTIONNEMENT DU SYSTEME ENERGETIQUE CORSE**

Extrait du Bilan énergétique EDF SEI Corse 2011 et 2012

**TABLEAU 14.7 REPARTITION DES PUISSANCES POUR LE SCENARIO A**

**TABLEAU 14.8 DETERMINATION DU LA PUISSANCE MAX DU BARRAGE DE RETENU D'OLIVESE**

**TABLEAU 14.9 REPARTITION DES PUISSANCES POUR LE SCENARIO B**

**TABLEAU 15 REPARTITION DES PUISSANCES POUR LE SCENARIO C**

**TABLEAU 15.1 REPARTITION DES PUISSANCES POUR L'ENSEMBLE DES SCENARIOS**

**TABLEAU 15.2 EMISSIONS MOYENNES DE CO<sub>2</sub> DES DIFFERENTES FILIERES DE PRODUCTION D'ELECTRICITE PAR KWH**

**TABLEAU 15.3 ECHELLE D'EVALUATION DU CRITERE SOCIAL NIMBY**

**TABLEAU 15.4 PRESENTATION DES DIFFERENTES « ECHELLES » D'INTEGRATION DE LA NOTION DE TRANSPARENCE**

**TABLEAU 15.5 EVALUATION DU SCENARIO A SUR LES CRITERES DE SYNTHESE**

**TABLEAU 15.6 EVALUATION DU SCENARIO B SUR LES CRITERES DE SYNTHESE**

**TABLEAU 15.7 EVALUATION DU SCENARIO C SUR LES CRITERES DE SYNTHESE**

**TABLEAU 15.8 ELABORATION DES SEUILS DU CRITERE SOCIAL**

**TABLEAU 15.9 ELABORATION DES SEUILS DU CRITERE DE GOUVERNANCE**

**TABLEAU 16 RECAPITULATIF DES SEUILS SUR LES CRITERES**

**TABLEAU 16.1 TABLEAU DE PERFORMANCE OBTENU**

**TABLEAU 16.2 PARAMETRES DE LA METHODE MULTICRITERE**

**TABLEAU 16.3 SCENARIOS D'AVENIR ENERGETIQUE EN CORSE**

**TABLEAU 16.4 FAMILLE DE CRITERES D'EVALUATION DES SCENARIOS D'AVENIR**

**TABLEAU 16.5 TABLEAU DE PERFORMANCE**

**TABLEAU 16.6 PARAMETRES DE LA METHODE**

**TABLEAU 16.7 ECHELLE DE LA ROBUSTESSE DE CONDORCET D'UN SURCLASSEMENT**

**TABLEAU 16.8 DEGRES DE SURCLASSEMENT ET DE ROBUSTESSE ASSOCIEE**

**TABLEAU 16.9 VETO DES CRITERES ENVERS LE SURCLASSEMENT DU SCENARIO C PAR LE SCENARIO A**

**TABLEAU 17 VETO DES CRITERES ENVERS LE SURCLASSEMENT DU SCENARIO C PAR LE SCENARIO B**

**TABLEAU 17.1 CHOIX DU SCENARIO C « L'INTEGRATION RENFORCEE DES ENR »**

**TABLEAU 17.2 NON SELECTION DES SCENARIOS A ET B**

# Bibliographie

Aboumahboub, T., Schaber, K., Tzscheutschle, P. and Hamacher, T., 2010. [Optimal Configuration of a Renewable-based Electricity Supply Sector](#). Institute for Energy Economy and Application Technology, 2Research group for Energy and Systems Studies

Ab Kadir, M-Z-A., Rafeeu, Y. and Adam, N-M. 2010. Prospective scenarios for the full solar energy development in Malaysia. Renewable and Sustainable Energy Reviews

ADEME, 2012. [Site Officiel](#)

Adriaanse, A., Bringezu, S., Hammond, A, Moriguchi, Y., Rodenburg, E., Rogich, D. and Schutz, H. 1997. Resource Flows: the Material Basis of Industrial Economies, [WRI](#)

Afgan, N-H., Carvalho, M-G., 2002. Multi-criteria assessment of new and renewable energy power plants Energy, 27, pp. 739-755

AIDA, 2012. [Directive européenne 2001/80/CE sur les Grandes Installations de Combustion](#)

A.I.E, 2012. Agence International de l'énergie  
[Manuel de lecture sur les statistiques de l'énergie](#)

A.I.E, 2012. Agence International de l'énergie via le ministère de l'écologie, du développement durable, du transport et du logement.  
[Bilan énergétique de la France pour 2007](#)

Allègre, C. 2007. Ma vérité sur la planète, Pion, Fayard

Assemblée de Corse, 2011. C.T.C, Assemblée de Corse Motion N° 2011/E3/022, 3 ème session extraordinaire, 26-27 Mai.

Amara, R. 2010. Impact de l'anthropisation sur la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes marins. Exemple de la Manche-mer du nord.  
[Impact de l'anthropisation sur la biodiversité](#)

Ancel, F. 2009. Horizons Géopolitiques, Editions du Seuil, Paris.

ANDRA, 2009. Inventaire national des matières et déchets radioactifs

Andresen, G-B., Rasmussen, M-G., Heide, D. and Greiner, M., 2010. [Optimal Combination of Storage and Balancing in a 100% Renewable European Power System](#)

Antunes, P., Santos, R. and Videira, N., 2006. Participatory decision making for sustainable development – the use of mediated modeling techniques, Land Use Policy, pp. 44-52.

AREAM, 2012. Agência Regional da Energia e Ambiente da Região Autónoma da Madeira, Pacto das ilhas da União Europeia para a Energia Sustentável. [AREAM Homepage](#)

ARENA, 2012. Agência Regional da Energia e Ambiente da Região Autónoma dos Açores.  
[Fiche descriptive ECE-ARENA](#)

Arrêté du 15 décembre, 2009. Relatif à la programmation pluriannuelle des investissements de production d'électricité [Legifrance](#)

Arrêté du 23 avril, 2008. Relatif aux prescriptions techniques de conception et de fonctionnement pour le raccordement à un réseau public de distribution d'électricité en basse tension ou en moyenne tension d'une installation de production d'énergie électrique. [Legifrance](#)

Arrêté du 24 novembre, 2005. Fixant le pourcentage de prise en compte, dans les charges de service public de l'électricité, de la participation instituée en faveur des personnes en situation de précarité [Legifrance](#)

Ariès Paul., 2011. La simplicité volontaire contre le mythe de l'abondance, La découverte

Arrow, K., Bert, B., Costanza, R., Dasgupta, P., Folke, C., Holling, C-S. , Jansson, B-O., Levin, S., Maler, K-G., Perrings, C. and Pimentel, D., 1995. Economic Growth, Carrying Capacity and the Environment, Science, n°268, pp. 520-521

Article 48 de la loi n°2002-108 du 10 Février 2000, [Legifrance](#)

Article L. 121-13 du Code de l'énergie, [Legifrance](#)

Article L.121-7 du Code de l'énergie, [Legifrance](#)

Articles L.311-10, L.314-1 et L.121-27 du Code de l'énergie, [Legifrance](#)

Association Global Chance, 2012. L'analyse des données, Consommations d'énergie et bilans énergétiques en Allemagne et en France. [L'énergie en Allemagne et en France : une comparaison instructive](#)

Association Global Chance, 2012. Le rapport de la commission énergies 2050 : la pensée unique au secours du nucléaire. [GlobalChance](#)

Assemblée Nationale, 1998. [Rapport SUPERPHENIX](#)

Assemblée de Corse, 2007. Délibération n° 07/086 AC de l'assemblée de Corse, portant avis sur la création d'un parc éolien sur les communes de Meria et de Morsiglia. Séance du 14 Mai.

Assemblée de Corse, 2009. Délibération N° 09/116 AC de l'Assemblée de Corse approuvant le projet de Charte de développement du photovoltaïque et le dispositif d'évaluation des projets.

Assemblée de Corse, 2011. Répartition par territoire des projets de champs photovoltaïques ayant bénéficié d'un avis favorable de l'Assemblée de Corse 36 projets 100 MWc de puissance totale

Assemblée de Corse, 2012. Délibération N° 12/053 de l'Assemblée de Corse portant avis de l'Assemblée de Corse sur l'implantation de deux fermes solaires photovoltaïques sur les communes de Santa Lucia di Mercurio et d'Aleria

A.S.N, 2012. Avis n° 2012-AV-0139 du 3 janvier 2012 [Evaluations complémentaires de la sûreté des installations nucléaires](#)

Autres références scientifiques, 2012. [VSE-France, 100 % renouvelable](#)

Baden, J., 1997. L'économie politique du développement durable, I.C.R.E.I, Foundation for research on Economics and the Environment.

Barthélemy, P., 1995. L'hypothèse de Kuznets est-elle encore d'actualité ? Revue Région& Développement n°2, pp. 1-23.

Baranzini, R., Diemer, A., Mouchot, C., 2004. Etudes Walrassiennes, L'Harmattan, Paris.

Barillot B., 2005. Le complexe nucléaire. Des liens entre l'atome civil et l'atome militaire, Observatoire des armes nucléaires, Réseau sortir du nucléaire.

Baumol, W., Oates, W., 1988. The Theory of Environmental Policy, Cambridge University Press.

Beaumais O. et Chiroleu-Assouline, M., 2001. Economie de l'environnement, Editions Bréal.

Beltran, A., 1998. La politique énergétique de la France au XX<sup>e</sup> siècle : une construction historique. [Beltran 1998](#)

Beltran, A., 2009. Etat Et Énergie XIXe - XXe Siècle - Séminaire 2002 – 2006, La documentation Française.

Berkhout, F., Hertin, J., and Jordan, A., 2002. Socio-economic futures in climate change impact assessment: Using scenarios as 'learning machines. Global Environmental Change, 12 (2), pp. 83-95

Bernard, M., Cheynet, V. et Clémentin, B. (coord.), 2003. Objectif décroissance, Vers une société harmonieuse, Paris, Ed. Parangon.

Bertell, R., 1988. Sans danger immédiat ? L'avenir de l'humanité sur une planète radioactive, Éditions de la Pleine lune, Montréal.

Benayoun, R., De Montgolfier, J., Tergny, J. and Laritchev, O., 1971. [Linear programming with multiple objective functions: Step method \(stem\)](#), Mathematical Programming, Volume 1, Number 1, pp. 366-375

Benoit-Moreau, F., Parguel, B. et Larceneux, F., 2008. [Comment prévenir le greenwashing ?](#) L'influence des éléments d'exécution publicitaire, Centre de recherche DMSP, Université Paris Dauphine, Cahier n°379, Juin.

Bhattacharyya Subes C., 2012. Review of alternative methodologies for analyzing off-grid electricity supply, University of Dundee. [The Paper](#)

Beccali, M., Cellura, M. and Ardente, D., 1998. Decision making in energy planning: The ELECTRE multicriteria decision analysis approach compared to a fuzzy-sets methodology, Energy Conversion Management, 39 (16–18), pp. 1869-1881

Beccali, M, Cellura, M. and Mistretta, M., 2003. Decision-making in energy planning. Application of the Electre method at regional level for the diffusion of renewable energy technology. Renewable Energy, 28, pp. 2063-2087

- Bisdorff, R., 2008. The Rubis decision-deck software resources. Newsletter of the European working group multiple criteria decision aiding, 3(17), Spring
- Bisdorff, R, Meyer, P. and Roubens, M., 2008. Rubis: a bipolar-valued outranking method for the choice problem. *4OR—A Quarterly J Oper Res*, Springer-Verlag 6(2): pp. 143-165
- Biggi, M., 2000. La coopération interrégionale et les îles de la Méditerranée, revues-plurielles, *CONFLUENCES Méditerranée* - N° 36 HIVER 2000-2001 [Biggi-Coopération](#)
- Borghesi, S., 1999. The EKC: a Survey of Literature, European University Institute.
- Boulding, K., 1966. The economics of the coming spaceship Earth, in *Environmental Quality in a Growing Economy*, Baltimore, MD, Johns Hopkins Press.
- Boutaud, A., Brodhag, C. et Gondran, N., 2004. « Lorsque le développement perd le Nord ! Courbes de Kuznets Environnementales : l'apport des indicateurs alternatifs de type empreinte écologique dans la réflexion sur le développement durable » in OIF – Organisation Internationale de la Francophonie (Ed.), *Développement durable : leçons et perspectives. Actes du colloque scientifique de Ouagadougou préparatoire au 10ème Sommet de la francophonie*, Ed. OIF – AUF.
- Boutaud, A., 2009. L'empreinte écologique, Collection Repères, Editions La découverte, Paris
- Bowles, S., 1998. Endogenous preferences: the cultural consequences of markets and other economic institutions, *Journal of Economic Literature*, vol. 36, 75-111.
- Bowles, S., Gintis, H., 2002. Homo reciprocans, *Nature*, vol. 415, pp.125-127.
- Brans, J-P., 2001. Chapter 5, Promethee Methods, [Promethee.pdf](#)
- Brasseul, J., 2001. Histoire des faits économiques : De l'antiquité à la révolution industrielle, Armand Colin.
- Braun, F-G. , Hooper E., Wand R., Zloczysti, and Holding P., 2011. A candle to innovation in concentrating solar power technologies: a study drawing on patent data. *Energy Policy*; 39(5), pp. 2441–2456.
- Brundtland, G-H. (coord.), 1989. Commission mondiale sur l'environnement et le développement des Nations Unies, Notre avenir à tous, Editions du Fleuve.
- Burgenmeier, B., 2005. Economie du développement durable, De Boeck, Bruxelles.
- Burgenmeier, B., 2000. Principes écologiques et sociaux du marché, Editions Economica, Paris
- Bugarel, F., Lasne, E. et Tournaye, D., 2010. De nouvelles perspectives pour l'exploitation des ressources géothermales.

Bureau Horizons, 2009. Etat des lieux de la production électrique thermique centralisée ; Evaluation de l'opportunité de l'implantation de *cycles combinés au gaz* dans le système énergétique français. Bureau d'études et de conseil en écologie. Paris

[Etude Bureau Horizons 2009](#)

C40, 2012. C40 Cities Climate Leadership Group. <http://live.c40cities.org/>

Cabedoche, B., 2003. Ce nucléaire qu'on nous montre construit la socialité dans le débat sur les énergies. Editions L'Harmattan

Cavallaro, F., 2005. An integrated multi-criteria system to assess sustainable energy options: An application of the PROMETHEE method. Fondazione Eni Enrico Mattei, Nota di Lavarò, University of Molise, Campobasso.

Cavallaro, F. et Ciralo, L., 2005. A multicriteria approach to evaluate wind energy plants on an Italian island, Energy Policy, 33, pp. 235-244

Cavallaro, F., 2009. Multi-criteria decision aid to assess concentrated solar thermal technologies. Renewable Energy 2009

CEA, 2012. [The Cyprus Energy Agency, CEA homepage](#)

CEDD, 2010. Conseil économique pour le développement durable, Rapport d'activité, <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Rapports,13175.html>

Chevalier, J-M., 1982. Politique énergétique. Revue d'économie industrielle. Vol. 19. 1er trimestre. pp. 119-124. [Persee.fr](#)

Chevalier, J-M., 2010. Rapport du groupe de travail sur la volatilité des prix du pétrole, [Rapport sur la volatilité des prix du pétrole](#)

Clastres, C., 2011. Smart grids: Another step towards competition, energy security and climate change objectives, Energy Policy, [Volume 39, Issue 9](#), September, pp. 5399-5408.

Clément, F., Kaufmann L., 1996. Esquisse d'une ontologie des faits sociaux. La posologie proposée par John Searle. In: Réseaux, 1996, volume 14 n°79. pp.123-161. [Persee.fr](#)

Code général des collectivités territoriales, 2012. [Legifrance](#)

Coll-Mayor, D., Paget, M., and Lightner, E. 2007. Futur intelligent power grids: analysis of the vision in European Union and United States, Energy Policy, 35, pp. 2453–2465

Commission européenne, 2000. Livre Vert - Vers une stratégie européenne de sécurité d'approvisionnement énergétique COM/2000/0769 [Livre vert](#)

Commission Européenne, 2003. Directive 2003/87/C du parlement européen et du conseil du 13 octobre 2003 établissant un système d'échange de quotas d'émission de gaz à effet de serre dans la Communauté et modifiant la directive 96/61/CE du Conseil.

Commission Européenne, 2009. Directive 2009/29/CE du parlement européen et du conseil du 23 avril 2009 modifiant la directive 2003/87/CE afin d'améliorer et d'étendre le système communautaire d'échange de quotas d'émission de gaz à effet de serre

Concertation Cyrenée, 2012. Projet de raccordement de la Corse au gaz naturel à partir du GALSI. [www.grtgaz.com](http://www.grtgaz.com)

Conférence des régions périphériques maritimes d'Europe, 1997. [Stornoway CRPM 1997](#)

Conférence des régions périphériques maritimes d'Europe, 1994. [Corfou CRPM 1994](#)

Conférence des régions périphériques maritimes d'Europe, 1993. [Ile de Wight CRPM 1993](#)

Conférence des régions périphériques maritimes d'Europe, 1992. [La Gomera CRPM 1992](#)

Conférence des régions périphériques maritimes d'Europe, 1985. [Rhodes CRPM 1985](#)

Conseil économique et social, 1998. Séance du 8 Juillet 1998, Les enjeux de la décision publique et les fonctions de la prospectives; Nouveaux enjeux de la décision.

Conseil européen de Nice, 2000. Conclusions de la présidence, 7-10 décembre. [Nice 2000](#)

Convention des Maires, 2012. [Site officiel](#)

Cooper, M., 2009. The economics of nuclear reactors: Renaissance or Relapse? [CooperReportNuclearEconomics2009](#)

Cour des comptes, 2012. [Rapport thématique filière électronucléaire](#)

C.R.E, 2010. Commission de régulation de l'énergie, Smartgrids projects in Europe. <http://www.smartgrids-cre.fr>

C.R.E, 2012. Délibérations de la CRE du 28 octobre 2010 et du 24 mars 2011 <http://www.cre.fr/documents/deliberations>

Criqui, P. 2007. Croissance durable : Mythes et réalités. L.E.P.I, UMR 5252 CNRS – UPMF.

CPMR, 2011. 30th Annual Assembly of the CPMR Islands Commission. Opportunities in the fields of renewable energy: The outer Hebrides experience. 20-21 May, Hébrides. [Hébrides-2011](#)

CRPM, 2009. 29ème Commission des îles de la CRPM. Déclaration Finale et résolutions, Stornoway, Hebrides extérieures - 7 et 8 Mai. [Stornoway, 2009](#)

CRPM, 2008. 28ème Commission des îles de la CRPM. Déclaration Finale et résolutions. Îles Baléares (Mallorca) - 10 et 11 Avril. [Baléares 2008](#)

CRPM, 2007. Commission des îles de la CRPM, La stratégie de la CRPM en matière de développement durable. [D.D Stratégie](#)

CRPM, 2002. XXIIème Commission des îles. Déclaration Finale et résolutions, Kirkwall (Orkney) - 2 et 3 Mai 2002, [Orkney-2002](#)

CRPM, 2001. XXI Commission des îles, 7 et 8 Juin 2001, Porto-Vecchio. [CRPM-Corse](#)

- CRPM, 2000. XXème Commission des îles à Kos. Déclaration Finale et résolutions. Kos (Sud-Egée) - 11/12 Mai [Kos, 2000](#)
- CSPNB, 2008. La biodiversité à travers des exemples, les réseaux de la vie. MEEDDAT.
- C.T.C, 2011. Cadre de référence pour le développement de la technologie solaire dynamique en Corse. [Lien Document](#)
- C.T.C, 2011. Questions orales Session des 26 et 27 mai 2011, Questions orales ; Question orale de Michel Stefani : Objet : Péréquation et tarifs de l'énergie. [Lien Question](#)
- C.T.C, 2010. Rapport sur la gestion unifiée de la politique énergétique de la Collectivité Territoriale de Corse. Assemblée de Corse, 3eme session extraordinaire de 2010 du 24 et 25 Juin.
- C.T.C, 2007. Schéma éolien de la Corse de la Corse, rapport du président du conseil exécutif de Corse.
- C.T.C, 2007. Rapport sur le plan de développement des énergies renouvelables et de la maîtrise de l'énergie. 5ème session extraordinaire du 6 et 7 décembre 2007
- C.T.C, 2005. Plan énergétique de la Corse de la Collectivité territoriale de Corse, Annexe 5.
- C.T.C, 2005. Rapport du Plan énergétique de la Corse par la Collectivité territoriale de Corse.
- Czisch, G., 2004. Effects of large-scale distribution of wind energy in and around Europe, ISET, Risø National Laboratory, Universität-Gesamthochschule Kassel, Germany.  
[Large-scale distribution of wind energy](#)
- Czisch, G., 2005. Low Cost but Totally Renewable Electricity Supply for a Huge Supply Area, a European/Trans-European Example, IEE-RE, Universität Kassel, Germany  
[Totally Renewable Electricity Supply](#)
- Czisch, G., 2011. TomKat Center for Sustainable Energy, Grid Integration of Renewables Workshop, Huang Engineering Center, Stanford University  
[http://cyprusmedia.com/tomkat/GRID\\_2011\\_Integration.html](http://cyprusmedia.com/tomkat/GRID_2011_Integration.html)
- D4E, 2008. Analyse prospective de la gestion des déchets en France à l'horizon 2020. Collection « Études et synthèses »
- DAFNI, 2012. Networks for Aegean islands for Sustainability. Island communities of 30 insular municipalities and the Regions of the Aegean Sea. [DAFNI Homepage](#)
- Daly, H-E., 1996. Beyond Growth: The Economics of Sustainable Development, Beacon Press.
- Daly, H-E., 1977. Steady State Economics, San Francisco, CA, W. H. Freeman.
- Damian M., Graz, J-C., 2001, Commerce international et développement soutenable, Economica.

Davis, G-R., 1999. Foreseeing a refracted future. *Scenario & Strategy Planning*, 1 (1) (1999), pp. 13-15

DARE, 2012. Comhairle nan Eilean Siar, Renewable Energy, Developing Alternative and Renewable Energy (DARE) Fund. [Dare Homepage](#)

Deane, J-P., 2009. Techno-economic review of existing and new pumped hydro energy storage plant. Sustainable Energy Research Group, Department of Civil and Environmental Engineering, University College Cork, Cork, Ireland. [Deane, 2009](#)

Déclaration de Ténériffe, 1981. Conférence des régions périphériques maritimes d'Europe, Îles Canaries 7-10 avril. DÉCLARATION DE TÉNÉRIFFE adoptée à l'unanimité le 9 avril 1981 à Strasbourg. [Déclaration Ténériffe](#)

Descombes, V., 2000. Philosophie des représentations collectives. *Revue scientifique*, 13(1), pp. 37-49. <http://leuwen.perso.neuf.fr/DESC-representations-collectives.pdf>

Décret n° 2004-325 du 8 avril, 2004. [Legifrance](#)

Décret n°2008-1009 du 26 septembre, 2008. [Lien LégiFrance](#)

Derdevet, M., 2009. L'Europe en panne d'énergie, Pour une politique énergétique commune. Descartes & Cie

De Bruyn, S-M., Van den Bergh, J-C. and Opschoor, J-B., 1998. Economic Growth and Emissions: Reconsidering the Empirical Basis of Environmental Kuznets Curves, *Ecological Economics* n°25, pp.161-175

Diakoulaki, D., Zopounidis, C., Mavrotas, G., and Doumpos, M., 1999. The use of a preference disaggregation method in energy analysis and policy making *Energy – The International Journal*, 24 (1999), pp. 157-166

Direcció General d'Indústria i Energia, Balears, 2012. [Official homepage](#)

Directive 92/C 196/01, 1992. Journal officiel des Communautés européennes, [Directive 92/C 196/01, 1992](#)

Directive 2010/75/UE, 2010. Journal officiel de l'Union européenne, [DIRECTIVE 2010/75/UE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL](#)

Directive 2009/29/CE, 2009. Journal officiel de l'Union européenne, [DIRECTIVE 2009/29/CE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL](#)

Directive 2009/31/CE, 2009. Journal officiel de l'Union européenne, [DIRECTIVE 2009/31/CE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL](#)

DREAL, 2012. [Site Officiel](#)

Dubigeon, O., 2005. Mettre en pratique le développement durable : Quels processus pour l'entreprise responsable ?, Broché

Dubois, S., 2007. Les hydrocarbures dans le monde, état des lieux et perspectives, Editions Ellipses, Paris.

Duchin, F., 1998. Structural Economics, Washington, DC, Island Press

Duchin, F., 2003. Household Lifestyles: Ideas for a Research Program Department of Economics, Rensselaer Polytechnic Institute, New York.

Duque Alvaro Jaramillo, 2011. Optimal operation of a pumped-storage hydro plant that compensates the imbalances of a wind power producer. Electric Power Systems Research, Volume 81, Issue 9, September, pp. 1767-1777. [Science direct](#)

EDF, 2013. Le barrage du Rizzanese. [Lien d'information](#)

EDF, 2013. Qu'est-ce qu'une centrale à cycle combinée gaz ? [Lien d'information](#)

EDF Production Electrique Insulaire, SAS, 2010. [Dossier\\_presentation.pdf](#)

EDF SEI, 2012. Bilan prévisionnel Corse 2012. [EDF SEI-Bilan 2012](#)

EDF SEI, 2011. Bilan prévisionnel Corse 2011

EDF SEI, 2009. Seuil de 30 % d'insertion des EnR – calcul des heures de déconnexion, Direction SEI, CCP SEI 19 mai. [EDF SEI](#)

EEA, 2004. Cloudy Crystal Balls – An assessment of recent European and global scenario studies and models. Experts' corner report, Prospects and scenarios No. 4.

Eichengreen, B-J., 2008. Globalizing capital: a history of the international monetary system

EIDER WEB, 2012. [Base de données-ENERGIE.](#)

Elbeshbishy Elsayed, 2011. Enhancement of Bio hydrogen and Bio methane Production from Wastes Using Ultra sonication. Graduate Program in Engineering Science Department of Civil and Environmental Engineering. A [Thesis](#) submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy. School of Graduate and Postdoctoral Studies The University of Western Ontario. London, Ontario, Canada

ENERDATA, 2012. [Global Energy Statistical Yearbook 2011](#)

Energy Akademiet, 2012. [Energiakademiet website](#)

Energy policy, 2012 [Journal d'information scientifique sur l'énergie.](#)

ENTSO-E, 2012. [Entsoe-official website](#)

Enzensberger, N., Wietschel, M. and Rentz, O., 2002 Policy instruments fostering wind energy projects – A multi-perspective evaluation approach, *Energy Policy*, 30 , pp. 793-801

EPEX-SPOT, 2013. Marché boursier européen de l'électricité, [Official website](#)

Erickson, J-D., 1999. Ecological economics: an emerging alternative to environmental economics, in Chapman, D., *Environmental Economics: Theory, Application, and Policy*, New York, NY, Addison Wesley Longman HarperCollins.

European Commission, 2011. Directorate General for energy, Energy infrastructure, Priority for 2020 and beyond, a blueprint for an integrated European Energy network.

[http://ec.europa.eu/energy/publications/doc/2011\\_energy\\_infrastructure\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/energy/publications/doc/2011_energy_infrastructure_en.pdf)

European Environment Agency, 2008. No6, Energy and Environment report (EEA)

European Environment Agency Technical, 2011. Report No 15 Revealing the costs of air pollution from industrial facilities in Europe SN 1725-2237

<http://www.eea.europa.eu/publications/cost-of-air-pollution>

EUROSTAT, 2012. [Statistique Européenne de l'Énergie](#)

E.R.E.C, 2010. Re-Thinking 2050, a 100% Renewable energy vision for the European Union,

[http://www.erec.org/fileadmin/erec\\_docs/Documents/Publications/ReThinking2050\\_full%20version\\_final.pdf](http://www.erec.org/fileadmin/erec_docs/Documents/Publications/ReThinking2050_full%20version_final.pdf)

E.T.P, 2012. European Technology Platform for Electricity Networks of the Future.

<http://www.smartgrids.eu/>

Facts reports, 2012. Field Actions Science Reports, The journal of field action.

<http://factsreports.revues.org/>

Faruqui, A. Harris, D. and Hledik, R., 2010. Unlocking the €53 billion savings from smart meters in the EU: how increasing the adoption of dynamic tariffs could make or break the EU's smart grid investment, *Energy Policy*, 38, pp. 6222–6231

Faucheux, S., Joumni, H., 2005. *Economie et politique des changements climatiques*, Collection Repères, La Découverte, Paris.

Faucheux, S., Noël J.-F., 1995. *Economie des ressources naturelles et de l'environnement*, Armand COLIN, Collection U, Série Economie, Paris.

Faucheux, S., O'Connor, M., 2004. « Pour une comptabilité durable entre environnement et développement » in Domenach C. & Picouet M. (eds), *Environnement et populations : la durabilité en question*, l'Harmattan

Fauconnier, S., 2006. *Etude de 201 cas de cancers de la thyroïde en Corse entre 1985 et 2006* Thèse pour le doctorat en médecine, Faculté de Médecine René Descartes PARIS 5.

[Etude de 201 cas de cancers](#)

Fédération des Amis de la Terre France, 2012. Association de protection de l'Homme et de l'environnement. [Prix Pinocchio](#)

- Ferrão, P., 2010. "How can Islands seize new opportunities in the prospect of a sustainable development?" 30<sup>th</sup> CPMR Islands Commission General Assembly, Green energy for a Green archipelago: the Azores. [A contribution from the MIT-Portugal Program Sustainable Energy Systems](#)
- Fisette, D., 2003. Intentionnalité collective, rationalité et action. [Les limites de la rationalité. Tome 2](#), La Découverte.
- Figueira, J., Roy, B., 2002. Decision Aiding Determining the weights of criteria in the ELECTRE type methods with a revised Simos' procedure, European Journal of Operational Research 139, pp. 317-326
- Fitoussi, J-P., Éloi, L., 2008. La nouvelle écologie politique. Économie et développement humain, Seuil, Paris.
- Folke, C., 2005. Annual Review of Environment and Resources. Vol. 30: 441-473 (Volume publication date November 2005). First published online as a Review in Advance on July 25. [Paper Links](#)
- Foucaud, J-B., 2010. L'abondance frugale : pour une nouvelle solidarité, Odile Jacob, Paris.
- Fragnière, A., 2009. La compensation carbone : illusion ou solution ?, P.U.F
- France 3 Corse, 2013. « Coup d'arrêt au projet de centrale électrique à Bastelicaccia » [Lien site d'information](#)
- Galea, C., 2004. Teaching Business Sustainability: From theory to practice, Greenleaf Publishing
- Gamboa, G., Munda, G., 2007. The problem of windfarm location: A social multi-criteria evaluation framework, Energy Policy, 35, pp. 1564-1583
- Gendron, C., 2006. Le Développement durable comme compromis. La modernisation écologique de l'économie à l'ère de la mondialisation. Broché
- Global Energy Network Institute, 2013. GENI Linking Renewable Energy Resources Around the World . [Geni Website](#)
- Geoffrion, A-M., Dyer, J-S., and Feinberg, A., 1972. An interactive approach for multi-criterion optimization, with an application to the operation of an academic department. *MANAGEMENT SCIENCE*, 19(4-Part-1): pp. 357-368.
- Georgescu-Roegen, N., 1976. Energy and Economic Myths, Oxford, Pergamon Press.
- Georgescu-Roegen, N., 1979. La décroissance économique, 3e édition revue. Paris, Sang de la Terre et Ellébore, 2006.
- Georgopoulou, E., Lalas, D., and Papagiannakis, L., 1997. A Multicriteria Decision Aid approach for energy planning problems: The case of renewable energy option. European Journal of Operational Research, 103, pp. 38-54.

Georgopoulou, E., Sarafidis, Y. and Diakoulaki, D., 1998. Design and implementation of a group DSS for sustaining renewable energies exploitation, *European Journal of Operational Research*, 109 (1998), pp. 483-500

Global Footprint Network, 2012. Advancing the Science of sustainability  
[Earth Overshoot Day](#)

Godard, O., 2005. Evaluation approfondie du plan français d'affectation de quotas de CO<sup>2</sup> aux entreprises, Cahier n°2005-013, Ecole Polytechnique, Paris.

Godard, O., 2004. De la pluralité des ordres, les problèmes d'environnement et de développement durable à la lumière de la théorie de la justification. Laboratoire d'Econométrie, Ecole Polytechnique, C.N.R.S

Godard, O., 2004. Comment organiser un marché de quotas ? Une évaluation du plan national français d'affectation des quotas d'émission de CO<sub>2</sub>, Cahier n°2004-026, Ecole Polytechnique, Paris.

Godard, O., 1994. Le développement durable : paysage intellectuel, Natures-Sciences-Sociétés.

Gotland Municipality, 2012. Eco-Municipality of Gotland [Gotland Homepage](#)

Goumas, M-G., Lygerou, V-A. and Papayannakis, L-E., 1999. Computational methods for planning and evaluation geothermal energy projects, *Energy Policy*, 27, pp. 147-154

Gowdy, J., 1997. The value of biodiversity: Markets, society and ecosystems, *Land Economics*, vol. 73, pp. 25-41

Gowdy, J., Iorgulescu, R. and Onyeiwu, S., 2003. Fairness and retaliation in a rural Nigerian village, *Journal of Economic Behavior and Organization*, vol. 52, pp. 469-479.

Greco, S., Figueira, J., 2004. Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys (International Series in Operations Research & Management Science), Published by Springer.

Greenblatt, J-B., Succar, S., Denkenberger, D-C., Williams R-H and Solow, R-H., 2006. Baseload wind energy: modeling the competition between gas turbines and compressed air energy storage for supplemental generation. *Energy Policy* 35 (2007) pp. 1474-1492

Greening, L-A., Bernow, S., 2004. Design of coordinated energy environmental policies: use of multi-criteria decision-making. *Energy Policy*, 32, pp. 721-735

Greiner, M., 2010. A 100% Renewable Power System for Europe, Aarhus University  
[100% Renewable Power System](#)

GRT-Gaz, 2012. Site official <http://www.grtgaz.com/>

Grossman, G., Krueger, A., 1994. Economic Growth and the Environment, NBER, WP n°4634.

Guay, L., 2004. Les enjeux et les défis du développement durable : connaitre, décider, agir. Broché, Presses de l'université Laval.

- Guillot, P., 1995. La pensée économique et sociologique par les textes, [Lien Publications](#)
- Halèvy, M., 2010. Le principe de frugalité : Une autre croissance pour vivre autrement, Dangles.
- Hamaide, B., 2004. Économie, environnement et développement durable, Facultés Universitaires Saint-Louis, Bruxelles.
- Hamwey, R-M., 2006. Investing in Sustainable development. Cen2eco: Centre for Economic and Ecological Studies Geneva, Switzerland. [www.cen2eco.org](http://www.cen2eco.org)
- Hamwey, R-M., 2005. Environmental Goods: Where Do the Dynamic Trade Opportunities for Developing Countries Lie?. Cen2eco: Centre for Economic and Ecological Studies Geneva, Switzerland. [www.cen2eco.org](http://www.cen2eco.org)
- Hamwey, R-M., 2005. Energy Planning, Technologies and Sustainability. Cen2eco: Centre for Economic and Ecological Studies Geneva, Switzerland. [www.cen2eco.org](http://www.cen2eco.org)
- Hansen, J-P, Percebois, J., 2011. ENERGIE, Economie et Politiques, Ouvertures Economiques, De Boeck.
- Haralambopoulos, D-A., Polatidis, H., 2003. Renewable energy projects: structuring a multi-criteria group decision-making framework Renewable Energy, 28, pp. 961-973
- Harbaugh, W., Levinson, A. and Wilson, D., 2000, Reexamining the Empirical Evidence for an EKC, NBER, WP n°7711
- Heide, D., Bremen, L-V., Greiner, M., Hoffmann, C., Speckmann, M. and Bofinger, S., 2010. Seasonal Optimal mix of wind and solar power in a future, highly renewable Europe, Renewable Energy, [Volume 35, Issue 11](#), November, pp. 2483–2489.
- Heide, D., Bremen L-V , Greiner M. and Hoffmann C., 2011. Reduced storage and balancing needs in a fully renewable European power system with excess wind and solar power generation [Paper Link](#)
- Henderson, J-P., Eng, P., 1993. Anaerobic Digestion in Rural China. Published by City Farmer, Canada's Office of Urban Agriculture. [Bio-Gas China](#)
- Herrera, R., 2010. Dépenses publiques et croissance économique: Pour sortir de la science (-fiction) néo-classique, Editions L'Harmattan.
- Hino, T., Lejeune, A., 2012. Pumped Storage Hydropower Developments, Comprehensive Renewable Energy, Volume 6, pp. 405-434.
- Hobbs, B-F., Horn, G-T-F., 1997. Building public confidence in energy planning: a multi method MCDM approach to demand-side planning at BC gas. Department of Geography and Environmental Engineering, 313 Ames Hall, The Johns Hopkins University, Planit Management, Vancouver, BC, Canada V6K 1X4.
- Hobbs, B-F., Meier, P., 2000. Energy Decisions and the Environment, A Guide to the Use of Multicriteria Methods Kluwer Academic Publishers, Boston
- IDDR, 2012. Idées pour le débat / Working Papers N°05/2012. Institut du développement durable et des relations internationales.

## [PostFukushimaAllemagne](#)

I.E.J.E, 1975. Université des sciences sociales de Grenoble, Institut économique et juridique de l'énergie, Réflexions sur les choix énergétiques français: rapport préliminaire

IFOP, 2011. Les Français et la sortie du nucléaire, Résultats détaillés, Avril.

[Sondage IFOP Nucléaire](#)

IFRI, 2012. An Overview of Italy's Energy Mix, Gouvernance européenne et géopolitique de l'énergie.

I.N.S.E.E, 2012. L'institut national de la statistique et des études économiques,

[Production brute et consommation d'électricité en 2010](#)

INSULEUR, 2010. "PME insulaires et les énergies renouvelables: avantages et obstacles", Présentation Carine Piaguet, INSULEUR. [Power Point-Azores](#)

IPCC, 2004. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2004. In: Nakicenovic, N., Swart, R. (Eds.). Special Report on Emission Scenarios, funded by World Meteorological Organization (WMO) and the United Nations Environment Programme (UNEP).

IPCC, 2011. IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation. Prepared by Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press. [Rapport complet](#)

IRSN, 2011. La gestion des déchets radioactifs, [livret dechets radioactifs](#)

Doubrava, R., 2010. Islands Commission General Assembly, Covenant of Mayors New opportunities for Islands in the prospect of sustainable development. Pact of Islands, European Commission, 20/5, Azores. [Azores-Opportunity](#)

ISLE-PACT, 2012. Pact of Islands, Sustainable Energy Actions for Islands [ISLEPACTProject](#)

ISLENET, 2012. Network of European Island Authorities which promotes sustainable and efficient energy and environmental management

[Islenet homepage](#)

ITC, 2012. Instituto Tecnológico de Canarias, [ITC RD Energy homepage](#)

Ivanova Galina, V., 2008. Hydrogen production from biomaterials by the extreme thermophile *Caldicellulosiruptor saccharolyticus*. Ph.D. Thesis. [PhD thesis Galina Ivanova](#)

Jacobson, M-Z., Delucchi, M-A., 2011. Providing all global energy with wind, water, and solar power, Part I: Technologies, energy resources, quantities and areas of infrastructure, and materials, Energy policy

[Part 1](#)

Jacobson, M-Z., Delucchi, M-A., 2011. Providing all global energy with wind, water, and solar power, Part II: Reliability, system and transmission costs, and policies, Energy policy

[Part 2](#)

Jeanneney, J.-M., 1953. Forces et faiblesses de l'économie Française, Armand Colin, Paris

Jefferson, M., 1983. Economic uncertainty and business decision-making. J. Wiseman (Ed.), *Beyond Positive Economics?*, Macmillan Press, London, pp. 22-159

Jonas, H., 1990. *Le principe de responsabilité, une éthique pour la civilisation technologique*, Paris, Cerf.

Jones, C-O., 1979. American Politics and the Organization of Energy Decision Making, *Annual Review of Energy*, Vol. 4, pp. 99-119

<http://dx.doi.org/10.1146/annurev.eg.04.110179.000531>

JRC, 2012. Pumped-hydro energy storage: potential for transformation from single dams, The Joint Research Centre, Commission Européenne.

[Etude JRC PT potentiel](#)

Jurgensen, P., 2009. *L'économie verte : Comment sauver notre planète*, Edition Odile Jacob.

Kablan, M-M., 2004. Decision support for energy conservation promotion: An analytic hierarchy process approach, *Energy Policy*, 32, pp. 1151-1158

Kaldellis, J-K., 2002. Parametrical investigation of the wind-hydro electricity production solution for Aegean Archipelago. *Energy Conversion and Management*. Volume 43, Issue 16, November, pp. 2097-2113. [Science direct](#)

Kousnetzoff, N., 2003, *L'économie mondiale 2004*, CEPPI, Éditions La Découverte, collection Repères, Paris.

[Krishnamurti, J.](#), 1995. *Se libérer du connu*, Livre de poche

[Krishnamurti, J.](#), 1995. *La première et la dernière liberté*, Livre de poche

[Krishnamurti, J.](#), 2001. *De la connaissance de soi*, Broché

Krugman, P. par Coissard, S., 2003. *L'économie internationale selon Paul Krugman*, <http://www.abhatoo.net.ma/>

La Jaune et la Rouge, 2000. *Le réchauffement climatique*, Revue de l'Ecole Polytechnique. [Lien Revue](#)

Landrieu, G., 1994. Les impacts des énergies fossiles sur l'environnement [http://lpsc.in2p3.fr/gpr/Dautreppe/Landrieu/Landrieu\\_texte1.htm](http://lpsc.in2p3.fr/gpr/Dautreppe/Landrieu/Landrieu_texte1.htm)

Laplaige, P., Lemale, J. 2008. Techniques de l'ingénieur. Génie énergétique A., vol. BE3, n° BE8590v2, [BE8590v2.1-BE8590v2.24 [pp.27]] [bibl. : 1/4 p.] <http://www.refdoc.fr>

Latouche, S., 2003. « L'imposture du développement durable ou les habits neufs du développement », *Mondes en développement* 1/2003 (n° 121), pp. 23-30. [L'imposture du développement durable](#)

Latouche, S., 2001. *La nature, l'écologie et l'économie. Une approche anti-utilitariste*. Université de Paris Sud.

Lesourne, J. et Randet, D. (dir.), 2009. *La recherche et l'innovation en France*, Edition Odile Jacob.

Lichtman, R-J., 1983. Biogas Systems in India, series issued by VITA to document the activities of its worldwide Renewable Energy Program.

Loi « Bataille », 1991. Loi n° 91-1381 du 30 décembre 1991 relative aux recherches sur la gestion des déchets radioactifs. JO du 01-01-1992, [Loi "Bataille"](#)

Loi Grenelle I, 2009. Loi n° 2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement (1) [Loi Grenelle I](#)

Loi Grenelle II, 2010. Loi n° 2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement (1) [Loi Grenelle II](#)

Loi LAURE, 1996. Loi n° 96-1236 du 30 décembre 1996 sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie. [Legifrance](#)

Loi n° 91-428 - Article 77, 1991. [Chapitre VIII : De l'énergie. Legifrance](#)

Loi n° 2000-108, 2000. Loi relative à la modernisation et au développement du service public de l'électricité. [Legifrance](#)

Loi n° 2002-92- Article 29, 2002. Loi relative à la Corse. [Legifrance](#)

Loi n° 2003-8, 2003. Loi relative aux marchés du gaz et de l'électricité et au service public de l'énergie. [Legifrance](#)

Loi n° 2005-781, 2005. Programme fixant les orientations de la politique énergétique. [Legifrance](#)

Loi n° 2006-739, 2006. Programme relatif à la gestion durable des matières et déchets radioactifs. [Legifrance](#)

Lootsma, F-A., Boonekamp, P-G-M., Cooke, R-M., Van Oostvoorn, F., 1990. Choice of a long-term strategy for the national electricity supply via scenario analysis and multi-criteria analysis. *European Journal of Operational Research*, 48, pp. 189-203.

Madlener, R., Stagl, S., 2005. Sustainability-guided promotion of renewable electricity generation, *Ecological Economics*, 53, pp. 147-167

Malthus, T-R., 1798. *Principes d'économie politique*. <http://hussonet.free.fr/classiq.htm>

Man Company profile, 2012. [Official website](#)

Marechal, J-P., 1997. *Le rationnel et le raisonnable*, Presses universitaires de Rennes, Rennes.

Marrero, G-A., 2010. Electricity generation cost in isolated system: The complementarities of natural gas and renewables in the Canary Islands, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.

Mari, X., 2009. *Dépression écologique*, Editions Publibook.

- Marshall, A. par Sauvaire Bourdan F., 1906. Principes d'économie politique, Livre I, II, III [http://classiques.uqac.ca/classiques/marshall\\_alfred/principes\\_eco\\_pol\\_1/principes\\_eco\\_pol\\_1\\_1.pdf](http://classiques.uqac.ca/classiques/marshall_alfred/principes_eco_pol_1/principes_eco_pol_1_1.pdf) et livre IV.
- Martel, J-M., Roy B., 2002. Analyse de signifiante de diverses procédures d'agrégation Multicritère. Laboratoire d'Analyse et Modélisation de Systèmes pour l'Aide à la Décision, CNRS UMR 7024. Cahier du LAMSADE 199, Décembre.
- Martinez-Alier, J. Munda, G. and O'Neill, J., 1998. Weak comparability of values as a foundation for ecological economics, *Ecological Economics*, 26, pp. 277-286.
- Mayumi, K., 2001. *The Origins of Ecological Economics: The Bioeconomics of Georgescu-Roegen*. London, Routledge.
- Mc Kinsey Company, (Krister A., Heck S., and Pinner D.), 2012. Solar power's next shining. [Rapport Solar powers](#)
- MCDA'73, 2011. "Spatial approaches of the multicriteria evaluation", 73rd Meeting of the European Working Group "Multiple Criteria Decision Aiding", University of Corsica – UMR CNRS 6240 LISA, Corte, France, April 14-16. <http://mcda.univ-corse.fr/>
- M.D.D.T.L, 2012. Ministère du développement durable, des transports et du logement, Commissariat général au Développement durable, Service Observation et Statistiques. <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr>
- M.D.D.T.L, 2012. Ministère du développement durable, des transports et du logement, Commissariat général au Développement durable, prévention des risques [Installations classées](#)
- M.E.D.D.E, 2008. Synthèse publique de l'étude des coûts de référence de la production électrique. [Lien Synthèse](#)
- M.E.D.D.E, 2013. Le ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie, [Site Officiel](#)
- Médiateur national de l'énergie, 2012. [Site officiel](#)
- Meirer P., Mubayi V., 1983. Modeling energy-economic interactions in developing countries-a linear programming approach. *European Journal of Operations Research*, 13 (1983), pp. 41-59
- Menger, C. by Klein, P-G, 1976. *Principles of Economics*. <http://mises.org/books/mengerprinciples.pdf>
- Meslin, S., 2004. Concurrence et environnement, Fertilisation croisée et développement durable. <http://www.cees-europe.fr/fr/etudes/archives.php>
- Mestrum, F., 2002. Mondialisation et pauvreté, De l'utilité de la pauvreté dans le nouvel ordre mondial, L'Harmattan, Paris.
- Mestrum, F., 2003. « De l'utilité de la "lutte contre la pauvreté" pour le nouvel ordre mondial », in Gilbert Rist (dir.), *Les mots du pouvoir, Sens et non-sens de la rhétorique internationale*, PUF/Nouveaux cahiers de l'IUED, Paris, pp. 67-82.

- Mestrum, F., 2010. La pauvreté multidimensionnelle. La dynamique sémantique dans le discours de la Banque mondiale, ENS Editions.
- Meunié, A., 2004. Controverses autour de la courbe environnementale de Kuznets, IFReDE-GRES / CED – Université Montesquieu Bordeaux IV.
- Michel, Y. et C.R.I.I.R.A.D, 2002. Contaminations radioactives : atlas France et Europe, Paris.
- Mill, J-S., 1848 Principles of Economics, Livres I, II, III, IV et V.  
<http://hussonet.free.fr/classiq.htm>
- Mirasgedis, S., Diakoulaki, D., 1997. Multicriteria analysis vs. externalities assessment for the comparative evaluation of electricity generation systems. European Journal of Operational Research, 102, pp. 364-379. [Science Direct](#)
- Moessinger, P., 1996. Irrationalité individuelle et ordre social, Librairie Droz, Genève-Paris.
- Monod, T., Estibal, 1997. S. Terre et ciel, Actes Sud
- Munasinghe, M., 1995. Making economic growth more sustainable, *University of Colombo, Colombo, Sri Lanka*. Economics n°15 (Forum), pp.121-124.
- Munda, G., 2008. Social multi-criteria evaluation for a sustainable economy, Operation Research and Decision Theory Series, Springer, Heidelberg, New York.
- Munda, G., 2004. Social multi-criteria evaluation: methodological foundations and operational consequences. European Journal of Operational Research, 158 (3), pp. 662–677
- Munda, G., 1995. NAIADE Method: a short description, [NAIADE Method](#)
- Nabil, B., 2000. Méthodes de Classification Multicritère, Méthodologie et Applications à l'Aide au Diagnostic Médical. Université libre de Bruxelles, Institut de statistique et de recherche opérationnelle
- Nafi, A., Werey, C., 2010. Aide à la décision multicritère : introduction aux méthodes d'analyse multicritère de type ELECTRE. Unité Mixte de Recherche Cemagref-Engées en Gestion des Services Publics
- Negawatt, 2006. Scénario négaWatt 2006 pour un avenir énergétique sobre, efficace et renouvelable. [Avenir énergétique sobre, efficace](#)
- Nicholson, M., 1973. La révolution de l'environnement, guide à l'usage des nouveaux maîtres du monde. Editions Gallimard.
- Nigim, K., 2004. Pre-feasibility MCDM tools to aid communities in prioritizing local viable renewable energy sources, Renewable Energy, pp. 1775–1791
- Nijkamp, P., 1990. New directions in integrated energy planning, Energy Policy, 18 (8), pp. 764–773

Norgaard, R., 1989. The case for methodological pluralism, *Ecological Economics*, vol. 1, pp 37-58.

Norgaard, R., 1994. *Development Betrayed: The End of Progress and a Coevolutionary Revisioning of the Future*, London/New York, Routledge.

Noton G., Christofari C., 2005. ELECTRICITY STATUS AND RES DEVELOPMENT IN CORSICA ISLAND. in Marín C., Alves L. and Zervo A. Eds, *100% RES A challenge for Island Sustainable Development*, pp. 137-153. [Lien internet](#)

Notton, G., Christofari, C., Poggi P. et Oberti P., 2005. Contexte insulaire de la production d'énergie électrique. Corse, île des énergies renouvelables ?, *Revue de l'Energie*, Issue No564, pp. 78-91.

N'Guyen V-D., 1998. « Qu'est-ce que l'éthique de l'environnement », *Horizons philosophiques*, vol. 9, n° 1, pp. 87-107. <http://id.erudit.org/iderudit/801093ar>

NUTS, 2012. Europa, synthèse de la législation de l'U.E. [Site Officiel Europa](#)

Oberti P., 2004. « Décision publique et recherche procédurale : illustration d'une démarche multicritère à la localisation participative d'un parc éolien en région corse », in *Actes des journées de l'Association Française de Science Economique*, « Economie : aide à la décision publique », Université de Rennes 1- CREM, 18-19 mai. [Lien Papier](#)

Oberti, P., Froger, G., 2002. L'aide multicritère à la décision participative une démarche originale de gouvernance en matière de développement durable, *Eurocongrès «Développement local, développement régional, développement durable: quelles gouvernances ?»*, Toulouse. [Lien Papier](#)

Oberti, P., Haurant, P. and Muselli, M., 2011. Multicriteria selection aiding related to photovoltaic plants on farming fields on Corsica island: A real case study using the ELECTRE outranking framework. *Energy Policy*, Volume 39, Issue 2, February 2011, pp. 676–688 Special Section on Offshore wind power planning, economics and environment. [Science direct](#)

Oberti, P., Matteaccioli, P-F., 2008. Growth, energy technologies and evaluation context of scenarios: methodological considerations illustrated to the Corsican insular region, *Proceedings of International engineering management conference- IEE*, "Managing Engineering, Technology and Innovation for Growth", June 28-30, Estoril, Portugal, paper 104. [Lien Papier](#)

Oberti, P., Muselli, M. and Haurant P., 2013. Photovoltaic Plants Selection on an Insular Grid Using Multicriteria Outranking Tools: Application in Corsica Island (France). in Cavallaro Editor, *Assessment and Simulation Tools for Sustainable Energy Systems*, Springer-Verlag London 2013, Chapter 2, pp. 27-54, DOI: 10.1007/978-1-4471-5143-2\_2.

Oberti, P., Paoli, C. et Ferracci, M., 2006. Energies renouvelables, territoires d'accueil et participation : une expérimentation d'outils visant la médiation des préoccupations d'acteurs en région corse, *Actes de la conférence « Les outils pour décider ensemble : nouveaux territoires, nouveaux paradigmes »*, Université de Paris Dauphine, session 4, 2-3 novembre. [Lien papier](#)

Observatoire de l'énergie, 2006. Energie et matières premières, électricité et politique énergétique : spécificités française et enjeux dans le cadre européen.

<http://www.anales.org/ri/2006/aout/scherrer.pdf>

OCDE, 2008. Perspectives de l'environnement de l'OCDE à l'horizon 2030.

OCDE, 2008. Perspectives de l'énergie nucléaire 2008, Agence pour l'Energie Nucléaire.

OCDE, 2001. Pour une croissance écologiquement viable : l'expérience des pays de l'O.C.D.E

OCDE, 1999. L'économie mondiale de demain, Vers un essor durable.

ODARC, 2012. [Site Officiel](#)

OEHC, 2012. [Site officiel](#)

OEC, 2012. [Site officiel](#)

Pacte des Maires, 2008. Îles Baléares, [Lien Pacte des Maires](#)

PARAGON, 2012. [PARAGON ISLE-PACT Homepage](#)

Passet, R. 2010. Les grandes représentations du monde et de l'économie à travers l'histoire. De l'univers magique au tourbillon créateur..., Les liens qui libèrent, 948 p.

Passet, R. 1996. L'économique et le vivant, Economica

PEGASE, 2012. [PEGASE-ENERGIE](#)

Percebois J. et Mandil, C., 2012. Energie 2050, Rapport pour le Ministère de l'énergie, de l'industrie et de l'économie numérique, La Documentation française, Paris. 532 p.

[Rapport-energies.pdf](#)

Pérez-Arriaga, I-J., 2010. Regulatory Instruments for Deployment of Clean Energy Technologies. EUI RSCAS; 2010/25; Loyola de Palacio Programme on Energy Policy.

PGAF, 2010. Plan de gestion anguille de la France, Ministère du développement durable, des transports et du logement, Commissariat général au Développement durable.

[Panational.pdf](#)

Island Commission, 2009. Planning EnR, Territorial cohesion, nature conservation and spatial planning, the case of renewable energy. The Scottish Government. [Scotland-Plan EnR-Stornoway 2009](#)

PNGMDR, 2010. Synthèse du plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs 2010-2012. [Synthèse du Plan](#)

- Poli, A-M., 2009. « Gestion, gouvernance et évaluation au sein des aires marines protégées : application multicritère de surclassement à la Réserve Naturelle des Bouches de Bonifacio », Thèse de doctorat en Sciences Economiques, Université de Corse Pasquale Paoli
- Poggi P., Notton G., 2005. The electrical energy production in Corsica. Assessments and perspectives. Summer University of La Réunion island, 29 p.
- Pohekar S-D. Ramachandran, M., 2004, Application of multi-criteria decision making to sustainable energy planning - A review, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 8, Issue 4, August, pp. 365–381
- Poocharoen, O., 2012. Exploring the challenges of energy and resources network governance Vermont Law School, Institute for Energy & the Environment, PO Box 96, 164 Chelsea Street, South Royalton, VT 05068-0444, United States.
- Popper, K., 1981, Tolérance et responsabilité intellectuelle Conférence, Université de Tübingen. [Tolérance et responsabilité intellectuelle](#)
- Poullikkas, A., 2009. Economic analysis of power generation from parabolic trough solar thermal plants for the Mediterranean region – a case study for the island of Cyprus. Renewable and Sustainable Energy Reviews, [Volume 13, Issue 9](#), December, pp. 2474–2484.
- Poullikkas, A., Kourtis, G. and Hadjipaschalis, I., 2010. Parametric analysis for the installation of solar dish technologies in Mediterranean regions. Renewable and Sustainable Energy Reviews, [Volume 14, Issue 9](#), December, pp. 2772–2783
- P.P.I, 2009. Programmation pluriannuelle des investissements de production d'électricité Période 2009 – 2020. [Lien PPI-2009](#)
- P.P.I, 2009. Programmation pluriannuelle des investissements de production de chaleur. [Lien PPI Chaleur 2009](#)
- P.P.I, 2009. Plan Indicatif Pluriannuel des Investissements dans le secteur du gaz. [Lien PIP Gaz 2009](#)
- Préfecture de Corse du Sud, 2011. Arrêté n° 2011028-0004 du 28 Janvier 2011 [www.corse.pref.gouv.fr](http://www.corse.pref.gouv.fr)
- Préfecture de Corse du Sud, 2011. Dossier de présentation en vue de la qualification de projet d'intérêt général, Projet de construction d'un Site de Production d'Électricité de 120 MW fonctionnant au gaz naturel.
- Price, C., 1993. Time, Discounting and Value, Cambridge, MA, Basil Blackwell
- Prinet, E., 2004. Développer une économie écologique, association 4D.
- Pritchard, S., 2000. Japanese pumped storage embraces the ocean waves, Wilmington Business Publishing, Dartford, Royaume-Uni
- Projet Millener, 2013. Présentation du projet Millener. <http://sei.edf.com/actualites/le-projet-millener/pourquoi-millener-y-83904.html>
- Punto Energia, 2012. Punto Energia Provincia di Sassari, [PE Website](#)

PwC, 2011. Price Waterhouse Cooper, Low Carbon Economy Index, [PWC-Low Carbon](#)

PwC, 2011. Price Waterhouse Cooper, Facteur Carbone.  
[Facteur Carbone](#)

Qualitair, 2013. [Lien Qualitair Corse](#)

Qualitair, 2011. Rapport d'activité 2011 [Lien](#)

Qualitair, 2011. Bilan de la surveillance de la qualité de l'air à proximité de la centrale du Vazzio de 2007 à 2011. [Lien Bilan](#)

Qualitair, 2010. Rapport d'activité 2010 [Lien](#)

Qualitair, 2009. Rapport d'activité 2009 [Lien](#)

Quesnay, F., Théré, C. et Charles, L., 2005. Œuvres économiques complètes et autres textes, Flammarion, Paris.

REAC, 2012. Regional Energy Agency of Crete, [REAC Webpage](#)

Reeves, H., 2005. Mal de Terre, collection « Points Sciences », Édition de poche.

Renn, O., 2003. Social assessment of waste energy utilization scenarios, Energy – The International Journal, 28, pp. 1345-1357

Rennings, K., 1998. Towards a Theory and Policy of Eco-Innovation -Neoclassical and (Co-) Evolutionary Perspectives, Center for European Economic Research (ZEW), Research Area Environmental and Resource Economics, Environmental Management. Germany.

ReRisk Project, 2009. ESPON applied research project ReRisk 2013/1/5. [ReRisk-Stornoway 2009 EPSON-Official website-Subdivision ReRisk](#)

Ricardo, D. par Say, J-B., 1847. Des principes de l'économie politique et de l'impôt, Chapitre I à XVI et XVII à XXXII, traduit à partir de la 3ème Edition Anglaise de 1821.

Rivasi, M., Crié, H., 1998. Ce nucléaire qu'on nous cache, Editions Albin Michel

Rodrick, D., 1997. Sense and nonsense in the globalization debate, Magazine, Foreign Policy.

Røpke, I., 2005. Trends in the development of ecological economics from the late 1980s to the early 2000s, Ecological Economics, [Volume 55, Issue 2](#), 1 November, pp. 262–290.

Røpke, I. 2004. The early history of modern ecological economics, Ecological Economics, [Volume 50, Issues 3–4](#), 1 October, pp. 293–314.

Rosen, N., 2010. [Off the Grid: Inside the Movement for More Space, Less Government, and True Independence in Modern America](#), Edition Broché.

- Rosen, N., 2008. How to Live Off-grid, Edition Broché.
- Rotillon, G., 2010. Economie des ressources naturelles, deuxième Edition, La Découverte, Repères.
- Roy, B., 1985. Méthodologie Multicritère d'Aide à la Décision, Economica, Paris.
- Roy, B., 1980. L'aide à la décision, Critères multiples et optimisation pour choisir, trier, ranger. Laboratoire d'Analyse et Modélisation de Systèmes pour l'Aide à la Décision (Université de Paris-Dauphine) Equipe de Recherche Associée au C.N.R.S. N° E56  
[1ere partie Comment appréhender les possibles et en quels termes formuler un problème ?](#)
- Roy, B., Bouyssou, D., 1993. Aide Multicritère à la Décision : Méthodes et Cas, Economica.
- Roy, B., Paruccini, M. et Colorni, A., 2001. Multiple Criteria Decision Aiding, Joint Research Center. The European Commission.
- R.T.E, 2012. Bilan électrique 2011. Edition 2012
- R.T.E, 2011. Bilan Prévisionnel de l'équilibre offre-demande d'électricité en France, Edition 2011
- R.T.E, 2010. Rapport R.T.E, Statistiques de l'énergie électrique en France. Edition 2010
- Samouilidis, J. Mitropoulos, C., 1982. Energy economy models—a survey, European Journal of Operations Research, 25, pp. 200–215
- Sampson, G-P., Whalley, J., 2005. The WTO, trade and the environment, Edward Elgar Pub.
- Schopenhauer, A., 2004. Le monde comme volonté et comme représentation, Quadrige : grands textes, Edition PUF.
- Schweitzer, A., 1976. La civilisation et l'éthique, Éditions Alsatia.
- Schweitzer, A., 1962. Les grands penseurs de l'Inde, Payot, Paris.
- Brock, W. A and Taylor M. S., 2004. "Economic growth and the environment: A review of Theory and Empirics", NBER Working paper, n°10854
- Selden, T., Song, D., 1994, Environmental Quality and Development: is there an EKC for Air Pollution? Journal of Environmental Economics and Management Vol. 27 pp.147-162
- Sen, A., 2003. L'économie est une science morale, Édition, La découverte.
- SFEN, 2013. Société Française d'Énergie Nucléaire, Le contenu en CO<sub>2</sub> des différentes filières de production d'électricité : des questions et des réponses
- Shafik, N., Bandayopadhyay, S., 1992, Economic Development and Environmental Quality: Time Series and Cross-Country Evidence, Background Paper for the World Development Report 1992

- Sharma, A., 2011. A comprehensive study of solar power in India and World. Renewable and Sustainable Energy Reviews, [Volume 15, Issue 4](#), May, pp. 1767–1776
- Shi, T., 2003. Ecological economics as a policy science: rhetoric or commitment towards an improved decision-making process on sustainability, Policy and Economic Research Unit, Glen Osmond, Australia.
- Smith, A. par Blanqui, A., 1859. Recherche sur la nature et les causes de la richesse des nations, Volume II.
- Smouts, M-C., 2008. Le Développement durable : les termes du débat, Paris : Armand Colin, Collection compact civis.
- Solow, R-M., 1972. Théorie de la croissance économique, Éditions Armand Colin
- S.R.U, 2011. German advisory council, Special Report, Pathways towards a 100 % renewable electricity system.  
[Towards a 100 % renewable electricity system.](#)
- Stagl, S., 2007. Emerging methods for sustainability valuation and appraisal – SDRN rapid research and evidence review. Sustainable Development Research Network, London. Available from:
- Stagl, S., 2006. Multicriteria evaluation and public participation: The case of UK energy policy. Land Use Policy, 23 (1), pp. 53-62
- Stambouli, J., 2008. Quelle réponse à la crise, une économie écologique, supplément de la Lettre à l'écologie solidaire, n°7, Octobre.
- Stanley Jevons, W., 1878. L'économie politique  
[http://classiques.uqac.ca/classiques/jevons\\_w\\_stanley/economie\\_politique/jevons\\_economie\\_politique.pdf](http://classiques.uqac.ca/classiques/jevons_w_stanley/economie_politique/jevons_economie_politique.pdf)
- Stern, D-I., Common M-S., 2001. "[Is There an Environmental Kuznets Curve for Sulfur?](#) " [Journal of Environmental Economics and Management](#), Elsevier, vol. 41(2), pages 162-178, March.
- Stewart, W-R., Horowitz, E-R., 1991. Environmental factor weighting at the federal energy regulatory commission. Socio-Economic Planning Sciences, 25 (2) (1991), pp. 123-132
- Stiglitz, J., 2001. La Grande désillusion, Fayard, Paris
- Stiglitz, J., Sen, A., Fitoussi, J-P., 2009. Rapport de la Commission sur la mesure des performances économiques et du progrès social. [Rapport stiglitz-sen-fitoussi](#)
- Stirling, A., 2005. Opening up or closing down: analysis, participation and power in the social appraisal of technology, Japan Journal for Science Technology and Society, 14, pp. 63-83.
- Sulzer Company profile, 2012. [Official website](#)
- Sun. X., Huang, D., Wu, G., 2012. The current state of offshore wind energy technology development, Energy, [Volume 41, Issue 1](#), May 2012, pp. 298-312

Voyant, C., 2011. Thèse pour l'obtention du grade de Docteur en physique, Mention : Energétique, Prédiction de séries temporelles de rayonnement solaire global et de production d'énergie photovoltaïque à partir de réseaux de neurones artificiels, Université de Corse Ecole doctorale environnement et société UMR CNRS 6134 (SPE)

Tiana, V., 2013. "La Sardegna laboratorio di innovazione nel campo energetico e produttivo? Energia da fonti rinnovabili e Chimica verde "

Tranié, B., 1995. L'équation du développement local, Racine, Paris.

Traité d'Amsterdam, 2000. Journal officiel n° C 340 du 10 Novembre 1997. [Amsterdam](#)

TSN, Loi n° 2006-686 du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire. [Loi n° 2006-686 du 13 juin 2006](#)

TIGF, 2012. Site officiel <http://www.tigf.fr/>

Tugraz, 2010. Pump-Storage Hydro Power Plants in the European Electricity Market, Institute for Electricity Economics and Energy Innovations Graz University of Technology. [Tugraz, 2010](#)

Turpin, D., 1983. Le rôle de l'État dans l'élaboration des choix énergétiques et le rôle plus spécifique des différentes institutions publiques en France, Les Cahiers de droit, Volume 24, numéro 4, 1983, pp. 737-758 [Turpin, D. 1983.](#)

TYNDP, 2010. 10 year network development plan, 2010 Pilot project [2010 Pilot project](#)

TYNDP, 2012. ENTSO-E 10-year network development plan 2012 project for consultation [TYNDP report for consultation](#)

U.N.E.P, 2010. Les marchés du carbone forestier. [U.N.E.P, 2010](#)

Ummadisingu A., Soni M-S., 2011. Concentrating solar power – technology, potential and policy in India. Renewable and Sustainable Energy Reviews, [Volume 15, Issue 9](#), December, pp. 5169-5175

Vatn, A., Bromley, D., 1994. Choices, without prices, without apology, Journal of Environmental Economics and Management, [Volume 26, Issue 2](#), March, pp. 129-148

Vielle, M., Naudet, G. et Bertel, E., 2004. L'Économie de l'Énergie nucléaire, Broché.

Wackermann, G. (coord.), 2008. Le Développement durable, Paris : Editions Ellipses, coll. Carrefours, Les Dossiers

Walras, L., 1860. L'économie politique et la justice: examen critique et réfutation des doctrines économiques de P.J [Walras, L. 1860](#)

Walras, L., 1874. L'application des mathématiques à l'économie politique et sociale [Synthèse d'ouvrage](#)

Walras, L., 1875. L'état et les chemins de fer. [L'état et les chemins de fer.](#)

Wierzbicki, A-P., 1980. The use of reference objectives in multi-objective optimization, MCDM theory and Application, Proceedings, no. 177, notes in economics and mathematical systems, Springer Verlag, Hagen, pp. 468-486.

Wierzbicki, A-P., 1986. On the completeness and constructiveness of parametric characterizations to vector optimization problems, OR Spektrum, tm. 8, pp. 73-87.

Wiltshire, K., 2001. Scientifiques et décideurs : vers un nouveau partenariat, Revue internationale des sciences sociales. [Wiltshire, K. 2001](#)

Youtube, 2012. Le septième continent, extrait de l'émission d'Arte, Le dessous des cartes. [Le septième continent](#)

Zimmermann, H-J., 1978 Fuzzy programming and linear programming with several objective functions, [Fuzzy Sets and Systems, Volume 1, Issue 1](#), January, pp. 45-55 [Paper Links](#)

# Résumé

L'étude dévoile un caractère pluridisciplinaire portant dans un premier temps sur l'économie du développement durable, l'économie de l'environnement et l'économie écologique.

Dans un second temps, nous décryptons précisément, l'agencement en usage, des politiques publiques d'énergie sur une échelle continentale, nationale et territoriale d'analyse du sujet, en s'appuyant sur les données de politiques économiques de l'énergie pour l'Europe, la France et la région Corse ; les dispositions particulières liées à l'insularité étant appréhendées.

Une simulation d'évaluation multicritère de scénarios d'avenir énergétique pour la Corse conclue nos travaux académiques. L'objectif méthodologique est d'étudier des trajectoires pertinentes pour l'île.

Cela comprend la construction des scénarios, une présentation de la typologie de recherche d'une évaluation multicritère, incluant un résumé de la littérature scientifique appliquée aux scénarios énergétiques, une synthèse des problématiques, ainsi qu'un développement relatif au choix de la méthode d'agrégation fondée sur le surclassement.

Les résultats de l'évaluation indiquent une préférence forte pour le scénario du développement durable. Ils déterminent le meilleur compromis possible entre les différentes hypothèses de scénario selon les critères retenus. Le résultat obtenu indique que le développement durable offre des solutions aux problématiques locales.

Mots clés : développement durable, économie écologique, politiques publiques d'énergie, transition énergétique, insularité, Corse, évaluation multicritère, surclassement.

# Abstract

The study reveals a multidisciplinary character concerning, in the first time, the economy of the sustainable development, economy of the environment and ecological economy.

In the second time, we will study precisely, the way public policies on energy are carried out and regarded at, on a continental, national and territorial ladder, by leaning on the political data of the macroeconomics of energy politics for Europe, France and finally the Corsican region. The frame of the analysis was delimited by an applied formal perimeter, and inscribes itself in a continuum of integration of sustainable development as an aim. All the aspects of the particular situation of Corsica due to its insularity will be approached and studied

A multicriteria simulation and evaluation of different energy scenarios which will conclude our academic works. The objective here is to determine the best possible ways for Corsica to source its energy in the future.

This includes the construction of scenarios, a presentation of the research typology of a multicriteria evaluation, including a summary of the scientific literature applied to energy scenarios as part of the multicriteria evaluation, and a synthesis of multicriteria problematic, as well as a development concerning the choice of the applied method.

The results of our study point out a strong preference for the scenario of sustainable development. They determine the best possible compromise between the different hypothetical scenarios according to our chosen criteria. Our obtained result points out that sustainable development offers the best solutions to local given problems.

Key words: sustainable development, ecological economy, public energy policies, energy transition, insularity, Corsica, multicriteria evaluation, outranking.