



Le modèle de l'économie circulaire dans les systèmes socio-économiques de la filière-bois : le cas de l'oblast de Tomsk

Boris Kalioujny

► To cite this version:

Boris Kalioujny. Le modèle de l'économie circulaire dans les systèmes socio-économiques de la filière-bois : le cas de l'oblast de Tomsk. Economies et finances. Université Bourgogne Franche-Comté; Université polytechnique de Tomsk (Russie), 2021. Français. NNT : 2021UBFCG007 . tel-03681274

HAL Id: tel-03681274

<https://theses.hal.science/tel-03681274>

Submitted on 30 May 2022

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

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



THESE DE DOCTORAT DE L'ETABLISSEMENT UNIVERSITE BOURGOGNE FRANCHE-COMTE
PREPAREE A L'UNIVERSITE DE BOURGOGNE
LABORATOIRE D'ECONOMIE DE DIJON (EA 7467)

Ecole doctorale Droit, Gestion, Economie et Politique (ED 593)

Doctorat d'économie

Présenté par

Boris KALIOUJNY

LE MODELE DE L'ECONOMIE CIRCULAIRE DANS LES SYSTEMES SOCIO-ECONOMIQUES DE LA
FILIERE-BOIS : LE CAS DE L'OBLAST DE TOMSK

Thèse présentée et soutenue à Dijon, le 1 décembre 2021

Composition du Jury :

Catherine BAUMONT, Professeure, Université Bourgogne Franche-Comté, Directrice de thèse
Etienne FARVAQUE, Professeur, Université de Lille, Rapporteur
Frédéric LANTZ, Professeur, Institut Français du Pétrole, Rapporteur
Valérie MIGNON, Professeure, Université Paris Nanterre, Présidente
Evgueny MONASTYRNY, Professeur, Université Polytechnique de Tomsk (Fédération de Russie), Codirecteur de thèse

LE MODELE DE L'ECONOMIE CIRCULAIRE DANS LES SYSTEMES SOCIO-ECONOMIQUES DE LA FILIERE-BOIS : LE CAS DE L'OBLAST DE TOMSK

RESUME

L'utilisation du modèle de l'Economie Circulaire (EC) apparaît être aujourd'hui un moyen de plus en plus utilisé par les organisations et les politiques publiques afin de dépasser la problématique des déchets et la faire progresser à un nouveau stade de développement : celui de la durabilité. Si la question du diagnostic et de la nécessité d'une transition vers une EC n'est globalement plus discutée, celle de sa mise en œuvre l'est au contraire fortement, notamment en Russie. Selon le type de secteur économique et selon le territoire envisagé, une stratégie d'EC ne peut être perçue de la même manière. Que ce soient en termes de ressources naturelles, de travail ou de capital, différents facteurs économiques sont amenés à interférer dans la recherche de circularité et de durabilité. L'objectif de cette thèse est ainsi d'explorer la multidimensionnalité de l'EC à travers le cas la Filière-Bois (FB) russe et de l'Oblast de Tomsk afin d'étudier l'influence de ces différents facteurs économiques et de comprendre comment une stratégie d'EC peut s'établir au niveau d'une organisation et de son territoire. Cela suggère par ailleurs l'utilisation d'une méthode qui rende possible l'analyse des différents niveaux de généralisation du système économique.

La première contribution de la thèse est la création d'une approche globale par la Méthode des Système Souples (MSS) et son dispositif de Modélisation Intégrée (MI) comme procédure permettant (i) de structurer et d'observer l'ensemble des facteurs économiques participant à la valorisation d'une ressource, (ii) en termes de circularité et de durabilité, (iii) dans un secteur d'activité et sur un territoire donné. La seconde contribution de la thèse réside dans la constitution d'une méthode pour le choix des technologies circulaires. Celle-ci permet de mettre en lumière les différentes démarches pouvant amener une organisation à amorcer une transition vers un modèle d'EC, dont les contraintes et opportunités se trouvent à plusieurs niveaux de généralisation : micro, mais également méso et macro. Ces résultats de recherche doivent être reproduits à travers le cas d'autres secteurs économiques et territoires, ce qui permettra de faire progresser les recherches empiriques d'une part, et d'autre part de potentiellement amener à créer les premiers modèles d'évaluation intégrée en EC.

Mots clés : économie circulaire, développement durable, approche systémique, modélisation intégrée, filière-bois, Russie.

THE CIRCULAR ECONOMY MODEL IN THE SOCIO-ECONOMIC SYSTEMS OF THE WOOD INDUSTRY: THE CASE OF THE TOMSK OBLAST

ABSTRACT

Using the Circular Economy (CE) model appears to be today a means more and more employed by organizations and public policies to overcome the problem of waste and bring it to a new stage of progress: the one of sustainability. If the issue of diagnosis and the need for a transition to CE is generally no longer discussed, the question of its implementation is all the more so, especially in Russia. Depending on the type of economic sector and the territory considered, an CE strategy cannot be viewed in the same way. Whether in terms of natural resources, labour or capital, different economic factors are brought to interfere in the search for circularity and sustainability. The objective of this thesis is thus to explore the multidimensionality of CE through the case of the Russian timber industry and of the Tomsk Oblast in order to study the influence of these different economic factors and understand how a CE strategy can be established at the level of an organization and its territory. It also suggests the use of a method that makes it possible to analyze the different levels of generalization of the economic system.

The first contribution of the thesis is the creation of a global approach by the Soft System Method (SSM) and its Integrated Modeling (IM) device as a procedure allowing to (i) structure and observe all the economic factors participating in the valuation of a resource, (ii) in terms of circularity and sustainability, (iii) in a sector of activity and on a given territory. The second contribution of the thesis lies in the constitution of a method for the choice of circular technologies. This highlights the different approaches that can lead an organization to initiate a transition to a CE model, the constraints and opportunities of which are found at several levels of generalization: micro, but also meso and macro. These research results must be reproduced through the case of other economic sectors and territories, which will make it possible to advance empirical research on the one hand, and on the other hand potentially lead to the creation of first integrated evaluation models in the field of CE.

Key words: circular economy, sustainable development, systemic approach, integrated modelling, wood industry, Russia.

МОДЕЛЬ ЭКОНОМИКИ ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА В СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА НА ПРИМЕРЕ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

РЕЗЮМЕ

Использование модели экономики замкнутого цикла (ЭЗЦ) представляется средством, которое все больше применяется в организациях и в государственных политиках для преодоления проблемы отходов и выведения ее на новый этап прогресса: устойчивое развитие. Если вопрос о диагностике и о необходимости перехода к ЭЗЦ в общем уже не обсуждается, то вопрос о его реализации тем более актуальным, особенно в России. В зависимости от типа экономического сектора и территории стратегия ЭЗЦ не может рассматриваться одинаково. Будь то природные ресурсы, труд или капитал, различные экономические факторы вмешиваются в поиски замкнутости и устойчивости. Таким образом, цель данной диссертации состоит в исследовании многомерности ЭЗЦ на примере лесопромышленного комплекса России и Томской области, чтобы изучить влияние этих факторов и понять, как можно разработать стратегию ЭЗЦ на практике. Положение предполагает использовать метод, позволяющий анализировать различные уровни обобщения экономической системы.

Первым основным вкладом диссертации является создание глобального подхода с помощью метода мягких систем и его устройства комплексного моделирования как процедуру, позволяющую 1) структурировать и наблюдать все экономические факторы, участвующие в оценке ресурса, 2) с точки зрения замкнутости и устойчивости, 3) в сфере деятельности и на определенной территории. Второй вклад диссертации заключается в создании метода выбора технологий. Это позволяет выделить больше внимания на различные подходы, которые могут привести организацию перехода к ЭЗЦ, при котором ограничения и возможности обнаруживаются на нескольких уровнях обобщения: микро, а также мезо и макро. Результаты исследования должны быть воспроизведены на примере других секторов экономики и территорий, что, с одной стороны, позволит продвигать эмпирические исследования, а с другой стороны, потенциально привести к созданию первых интегрированных моделей оценки в сфере ЭЗЦ.

Ключевые слова: экономика замкнутого цикла, устойчивое развитие, системный подход, комплексное моделирование, лесопромышленный комплекс, Россия.

REMERCIEMENTS

Cette thèse constitue un projet de recherche qui aura duré en tout et pour tout près de quatre ans et demi, depuis le moment où ma décision a été prise de produire un travail ambitieux en termes d'économie circulaire en Russie et la première soutenance de ce travail.

A travers le processus de recherche d'informations, d'écriture et de structuration des résultats, mais aussi à travers la quête de partenaires et de financements, je peux dire aujourd'hui que je suis passé par beaucoup d'émotions et que sans aide, ce projet n'aurait jamais abouti.

Ainsi, je souhaiterais d'abord remercier l'Université Polytechnique de Tomsk, et notamment Denis V. Chaykovskiy et Roman V. Ostvald sans qui l'élaboration de la cotutelle avec l'Université Bourgogne Franche-Comté n'aurait pas pu avoir lieu, ce qui m'a permis d'aller au bout de ce projet de recherche. Je remercie par la même occasion l'Université Bourgogne Franche-Comté et le Laboratoire d'Economie de Dijon de m'avoir accueilli et de m'avoir apporté toute l'aide et l'expertise nécessaire pour accomplir mon travail. Je souhaiterais ici rendre également grâce à tous mes collègues avec qui j'ai travaillé ces dix dernières années. Je suis par ailleurs très reconnaissant à Janna A. Ermushko sans qui mes premiers travaux de recherche en 2013 n'auraient jamais démarré.

Je tiens à remercier mes deux directeurs de recherche, Catherine Baumont et Evgueny A. Monastyrnyy avec qui nous avons eu un véritable travail collectif et constructif. Nous avons réussi à architecturer un travail original sur un sujet original et à le structurer pour que celui-ci puisse prendre forme et être présenté comme il convient.

Enfin, je dédie ce travail à toute ma famille qui a toujours su m'écouter dans les périodes de doute et me soutenir tout au long de ces années.

Cette thèse a été réalisée dans le cadre d'une cotutelle internationale entre l'Université Bourgogne-Franche Comté (UBFC) d'une part et l'Ecole d'Ingénierie Entrepreneuriale de l'Université Polytechnique de Tomsk (Russie), d'autre part.

Au sein de l'UBFC, la thèse a été développée au sein du Laboratoire d'Economie de Dijon (LEDi, EA Université Bourgogne-Franche-Comté et Université de Bourgogne).

Cette thèse a bénéficié des supports financiers de l'Université Bourgogne Franche-Comté (bourse ISITE-BFC), de l'Université Polytechnique de Tomsk (bourse NOVA-TPU) et du Gouvernement de la Fédération de Russie (bourse académique).

La thèse fait l'objet d'une version en russe sous le titre : « Модель экономики замкнутого цикла в социально-экономических системах лесопромышленного комплекса на примере Томской области ».

« Le LEDi et l'Université Bourgogne Franche-Comté n'entendent donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans les thèses. Ces opinions doivent être considérées comme propres à leurs auteurs ».

RESUME DES PRODUCTIONS

Les développements présentés dans la thèse ont fait l'objet de différentes publications, notamment en Russie, à des degrés de réflexions ou de synthèses divers : il n'est donc pas aisé d'associer ces publications à telle ou telle partie de la thèse.

Par ailleurs, les recherches réalisées ont pu servir de support à d'autres publications, notamment dans le Journal of Economics and Social Sciences (Tomsk Polytechnic University) et du fait de mes activités au sein de réseaux professionnels (CCI France-Russie).

ARTICLES EN REVISION

1. Kalioujny B., Baumont C., Monastyrnyy E.A. Gestion durable de la filière-bois en Russie et économie circulaire : l'apport de la méthode des systèmes souples appliquée au cas de l'Oblast de Tomsk. Les Cahiers de géographie du Québec, 2021.
2. Kalioujny B. Traitements des déchets et économie circulaire : quels enjeux pour la Russie ? RUSSIE 2021 Regards de l'Observatoire franco-russe, 2021.

ARTICLES PUBLIES

3. Kalioujny B., Monastyrnyy E.A., Kudrin V.Y. *Vybor tekhnologiy realizatsii drevesnykh otkhodov pri formirovani i razviti ekonomiki zamknutogo tsikla v lesopromyshlennom klastere. Innovatsii*, n°5, 2020. P.41-52. (en russe).
4. B. Kalioujny, Monastyrnyy E.A. *Kompleksnoe modelirovanie lesopromyshlennykh kompleksov v paradigme ustojchivogo razvitiya i formirovaniya ekonomiki zamknutogo cikla. Innovacii*, n°3, 2020. P.85-94. (en russe).
5. Kalioujny B., Monastyrnyy E.A. *Analiz problem razvitiya lesopromyshlennogo kompleksa pri formirovani modeli ekonomiki zamknutogo cikla na primere Tomskoj oblasti. Innovacii*, n°3, 2019. P.86-93. (en russe).
6. Kalioujny B. *Ekonomika zamknutogo tsikla - novaya paradigma. Tverdyye bytovyye otkhody*, n°4 (142), 2018. P.8-9. (en russe).

AUTRES TRAVAUX PUBLIES (FICHE-ARTICLES, COMMUNICATIONS)

7. Kalioujny B. *Dinamika razvitiya zemel'nogo fonda vo Frantsii i v Rossii. Problemy geologii i osvoyeniya neдр : trudy XXIII Mezhdunarodnogo simpoziuma imeni akademika M. A. Usova studentov i molodykh uchenykh. TPU, T.1*, 2019. P.499-500. (en russe).

8. Kalioujny B. *Analiz problem razvitiya lesopromyshlennogo kompleksa pri formirovanii modeli ekonomiki zamknutogo tsikla. Sravnitel'nyy analiz na primere tomskoy oblasti i frantsii. Perspektivy razvitiya fundamental'nykh nauk: sbornik trudov konferentsii XVIII Mezhdunarodnoy konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh*, T.5, 2019. P.78-80. (en russe).
9. Kalioujny B. *Model' ekonomiki zamknutogo tsikla v lesopromyshlennom komplekse Rossii. Institutsional'nyy podkhod. Informatsionnyye tekhnologii v sotsial'noy sfere i meditsine : sbornik nauchnykh trudov VI konferentsii. Tomskiy politekhnicheskii universitet*, 2019. P.251–254. (en russe).
10. Kalioujny B. What is the role of energy in the circular economy (the case of wood industry in the Tomsk region)? *Journal of Economics and Social Sciences (Tomsk Polytechnic University)*, n°13, 2018. 4 p.
11. Kalioujny B. *Model' material'nykh i finansovykh potokov v lesopromyshlennom klastere Tomskoy oblasti. Informatsionnyye tekhnologii v nauke, sotsial'noy sfere i meditsine: sbornik nauchnykh trudov V mezhdunarodnykh nauchnykh konferentsiy. Tomskiy politekhnicheskii universitet, Tomskiy gosudarstvennyy pedagogicheskii universitet*, 2018. P.59-61. (en russe).
12. Kalioujny B. *Ekonomika zamknutogo tsikla v klassifikatsii problem razvitiya lesopromyshlennogo klastere Tomskoy oblasti. Energo-resursoeffektivnost' v ustoychivom razvitii: sbornik nauchnykh trudov mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii. Tomskiy politekhnicheskii universitet*, 2018. P.210-211. (en russe).
13. Kalioujny B. Formation of the regional forest cluster in the Tomsk region. *Journal of Economics and Social Sciences (Tomsk Polytechnic University)*, n°11, 2017. 4 p.

PARTICIPATIONS A DES CONGRES ET SEMINAIRES

1. XVI International Conference of Students and Young Scientists « Prospects of Fundamental Sciences Development ». Tomsk, Russie, 2019.
2. Séminaire « L'économie circulaire dans les systèmes socio-économiques du cluster bois : une approche territoriale » autour des résultats de recherche, avec Catherine Baumont et l'équipe du LEDi. Dijon, France, 2019.
3. I International Scientific Conference « Energy and resource efficiency for sustainable development ». Tomsk Polytechnic University. Russie, Tomsk, 2018.

4. V International Scientific Conference « Information technologies in science, management, social sphere and medicine ». Tomsk Polytechnic University. Tomsk, Russie, 2018.
5. Séminaire « L'économie circulaire dans le cluster bois de l'Oblast de Tomsk » autour des résultats de recherche, avec Sabrina Brulot et l'équipe du CREIDD (Centre de Recherches et d'Etudes Interdisciplinaires sur le Développement Durable de l'Université de Technologie de Troyes). Troyes, France, oct. 2018.
6. III International Scientific Conference "From waste management to resource recovery". Perm National Research Polytechnic University (PNRPU). Perm, Russia, 2017.

VULGARISATION SCIENTIFIQUE

1. Participation à la finale régionale du concours « Science Slam Tomsk 2019 » : « *Kto v les, kto po drova* »¹, sur les problèmes de l'utilisation rationnelle des ressources forestières dans la région de Tomsk. Tomsk, Russie, 2019.
2. Auteur de 4 vidéos de type « entretiens scientifiques » en russe sur les thèmes liés à la thèse. Vidéos retransmises sur la chaîne *Youtube* de l'Université Polytechnique de Tomsk (voir p.25). Tomsk, Russie, 2018-2020.

¹ <https://www.youtube.com/watch?v=HG9No4Y39go>

TABLE DES MATIERES

Résumé.....	2
Abstract.....	3
Резюме.....	4
Remerciements.....	5
Résumé des productions.....	7
Tables des figures.....	12
Liste des tableaux.....	15
Liste des abréviations.....	16
Introduction générale	17
Chapitre I. Développement durable et économie circulaire via la méthodologie des systèmes souples.....	23
Introduction du chapitre I.....	23
1.1. Le développement durable.....	26
1.1.1. Contexte et objectifs du développement durable.....	26
1.1.2. Le développement durable dans le secteur forestier.....	32
1.1.3. Le développement durable en Russie.....	39
1.2. L'économie circulaire.....	46
1.2.1. Contexte et fondements de l'économie circulaire.....	46
1.2.2. Moyens d'application de l'économie circulaire.....	48
1.2.3. Actualité et limites du concept d'économie circulaire.....	54
1.2.4. L'économie circulaire dans le secteur forestier.....	56
1.2.5. L'économie circulaire en Russie.....	61
1.3. La méthodologie des systèmes souples.....	70
1.3.1. L'approche systémique.....	71
1.3.2. Systèmes durs et systèmes souples.....	73
1.3.3. La modélisation intégrée.....	77
Conclusion du chapitre I.....	81
Bibliographie du chapitre I.....	83
Chapitre II. Terrain d'étude et premières étapes de la modélisation intégrée.....	90
Introduction du chapitre II.....	90
2.1. Présentation du terrain d'étude.....	92

TABLE DES MATIERES

2.1.1. La filière-bois en Fédération de Russie.....	92
2.1.2. La filière-bois de l'Oblast de Tomsk.....	102
2.1.3. Stratégie organisationnelle et développement de l'économie forestière dans l'Oblast de Tomsk.....	114
2.2. Modélisation intégrée du terrain d'étude.....	121
2.2.1. Conceptualisation et architecture des savoirs accumulés.....	121
2.2.2. Modèle conceptuel d'un système « filière-bois »	123
2.2.3. Classification des interactions dans un système « filière-bois »	127
2.2.4. Première application de l'économie circulaire à la filière-bois de l'Oblast de Tomsk.....	133
Conclusion du chapitre II.....	140
Bibliographie du chapitre II.....	141
Chapitre III. Modélisation intégrée partie II – La méthode du choix des technologies circulaires.....	144
Introduction du chapitre III.....	144
3.1. Typologie du choix des technologies circulaires.....	147
3.1.1. Construction d'un système circulaire dans la filière-bois.....	147
3.1.2. Classification des déchets-bois.....	151
3.1.3. Classification des technologies circulaires.....	159
3.2. Développement durable et technologies circulaires.....	172
3.2.1. Système circulaire et indicateurs.....	173
3.2.2. Première simulation d'une économie circulaire via le parc forestier Asinovsky.....	193
Conclusion du chapitre III.....	200
Bibliographie du chapitre III.....	202
Conclusion générale.....	206
Bibliographie générale.....	209
Bibliographie russe.....	209
Bibliographie non russe.....	221
Annexes.....	227

TABLE DES FIGURES

Fig.1.1. L'objet et le sujet de recherche dans les sciences russes.....	23
Fig.1.2. Les sphères écologique, sociale et économique comme éléments de base du DD.....	28
Fig.1.3. Coupe transversale d'un nuage de points acquis en zone forestière par technologie de télédétection aéroportée « Lidar ».....	37
Fig.1.4. Cartographie par technologie de télédétection aéroportée « Lidar » de la surface terrière sur le Parc naturel régional du Massif des Bauges.....	38
Fig.1.5. Les 4R : principe fondamental de l'EC.....	49
Fig.1.6. Piliers et domaines d'activité de l'EC.....	50
Fig.1.7. Des dalles de moquette, un bon exemple d'écoconception par l'entreprise Interface...51	
Fig.1.8. Exemple d'UC pour une poutre en bois massif.....	58
Fig.1.9. Schéma de l'EC.....	60
Fig.1.10. Conception de la « circularité » dans Bogatyr (1992)	66
Fig.1.11. Production de déchets industriels et de consommation en Russie, par type d'activité économique, en millions de tonnes.....	68
Fig.1.12. Systèmes « durs » et « souples », différentes perspectives.....	74
Fig.2.1. Vision globale de la MI lors des travaux de recherche.....	91
Fig.2.2. Les groupements forestiers en Russie.....	94
Fig.2.3. Dynamique du nombre de contrats et superficie des parcelles louées en Fédération de Russie sur la période 2010-2015.....	99
Fig.2.4. Carte des Districts fédéraux en Russie.....	102
Fig.2.5. L'Oblast de Tomsk, zones forestières et infrastructures.....	103
Fig.2.6. Parcelles forestières en exploitation et sans bail, Oblast de Tomsk.....	110
Fig.2.7. Transport et communication dans l'Oblast de Tomsk.....	111
Fig.2.8. Diagramme organisationnel et fonctionnel du cluster-bois de l'Oblast de Tomsk.....	116
Fig.2.9. Actifs des entreprises du cluster-bois de l'Oblast de Tomsk (2012-2016, RUB).....	118
Fig.2.10. Chiffre d'affaires (net) des entreprises du cluster-bois de l'Oblast de Tomsk (2012-2016, RUB).....	118
Fig.2.11. Modèle 1 : La Ch.App durable du bois en Russie via son processus de création de valeurs et de menaces émergentes.....	124
Fig.2.12. Le référentiel NZI, déclinaison de neutralité carbone pour une entreprise.....	126
Fig.2.13. Modèle 2 : Classification des problèmes de développement de la FB selon les valeurs créées et d'un point de vue de DD.....	128

TABLE DES FIGURES

Fig.2.14. Modèle 3 : Classification des problèmes de développement de la FB selon de facteurs de production et d'un point de vue d'EC.....	130
Fig.2.15. Nombre annuel moyen de salariés dédiés à l'activité économique « exploitation forestière » dans la région de Tomsk entre 2010 et 2015.....	131
Fig.2.16. Investissements étrangers dans l'industrie du bois de l'Oblast de Tomsk entre 2006 et 2013, en milliers de dollars.....	132
Fig.2.17. Modèle 4 : Création de produits et biens-bois dans la Ch.App de la FB de l'Oblast de Tomsk selon le point de vue de l'EC.....	134
Fig.2.18. Coût complet liés aux déchets.....	139
Fig.3.1. Vision globale de la MI lors des travaux de recherche.....	141
Fig.3.2. Modèle 5 : EC, formation et réalisation des déchets dans la Ch.App de la FB.....	148
Fig.3.3. Modèle 6 : EC et classification des déchets-bois selon les lieux d'origine, les filières de réalisation et les propriétés physico-mécaniques.....	152
Fig.3.4. « Le déroulage » (contre-plaqué).....	154
Fig.3.5. Différents types de débits de bois en Russie.....	154
Fig.3.6. Les produits-bois en fonction des débits et selon la classification russe.....	155
Fig.3.7. Les différentes parties du bois.....	155
Fig.3.8. Modèle 7 : EC et technologies circulaires.....	159
Fig.3.9. Les technologies utilisées par la méthode de débardage « en arbre entier ».....	160
Fig.3.10. Les technologies utilisées par la méthode de débardage « en grande longueur ».....	161
Fig.3.11. Comparaison des émissions de CO ₂ liées à la réalisation d'une poutre de caractéristiques équivalentes en aluminium, acier, béton armé et bois massif.....	167
Fig.3.12. Exemples d'effets de substitution pour 1 m ³ de bois utilisé.....	167
Fig.3.13. Modèle « Gaz-42 » équipé d'un gazogène.....	170
Fig.3.14. Récapitulatif des indicateurs d'EC dans De Pascale et al. (2021), à un niveau microéconomique, mésoéconomique et macroéconomique.....	175
Fig.3.15. Classification des indicateurs d'EC selon les principes de réduction-réutilisation-recyclage dans De Pascale et al. (2021).....	177
Fig.3.16. Classification des indicateurs d'EC selon les sphères du DD dans De Pascale et al. (2021).....	177
Fig.3.17. Modèle 8 : EC-DD, un ensemble d'indicateurs pour toute la FB	179
Fig.3.18. Exemple d'un ensemble d'indicateurs pour l'évaluation d'une stratégie de réalisation des déchets-bois selon le principe des 4R de l'EC.....	192
Fig.3.19. Modèle 9 : Le cas du parc forestier Asinovsky d'un point de vue d'EC.....	194

TABLE DES FIGURES

Fig.3.20. Les volumes de déchets de bois recyclés par type de technologies disponibles dans la région de Tomsk (établis par rapport au niveau de consommation de 2013).....	197
Fig.3.21. Les volumes de déchets de bois recyclés par type de technologies disponibles dans la région de Tomsk (scénario hypothétique, pour la période jusqu'en 2025).....	198

LISTE DES TABLEAUX

Tab.1.1. Les 17 Objectifs de Développement Durable.....	29
Tab.1.2. Comparaison des crises de 1998 et 2008 en Fédération de Russie.....	42
Tab.1.3. Tableau de bord des ODD de la Fédération de Russie en 2019.....	44
Tab.1.4. Recherche des mots-clés liés à l'EC dans les deux bases de données russes « <i>eLibrary</i> » et « <i>Digital Library : Dissertations</i> ».....	65
Tab.1.5. Composantes et scénarios de la méthode d'évaluation intégrée.....	80
Tab.2.1. Statistiques principales concernant les ressources en bois en Fédération de Russie en 2019.....	93
Tab.2.2. Répartition des stocks de carbone dans les forêts.....	94
Tab.2.3. Dynamique des volumes de production des principaux types de produits-bois en Fédération de Russie (1990-2016).....	96
Tab.2.4. Volumes des opérations de commerce extérieur et consommation des principaux types de produits-bois en Fédération de Russie (2016).....	98
Tab.2.5. Dynamique de production des principaux produits-bois dans le complexe forestier de l'Oblast de Tomsk (2010-2016).....	112
Tab.2.6. Investissements en capital fixe dans l'industrie du bois de la région de Tomsk pour les grandes et moyennes entreprises (millions de roubles).....	113
Tab.2.7. Taux de croissance des revenus et des actifs du cluster-bois de l'Oblast de Tomsk en comparaison avec l'industrie sylvicole régionale et celles des régions du Kraï de Krasnoïarsk et de l'Oblast d'Irkoutsk (2012-2016).....	117
Tab.2.8. Normes russes en termes de productions finales, de déchets-bois générés et de pertes selon le type de production.....	136
Tab.2.9. Volumes de production des principaux types de produits-bois en 2016 dans l'Oblast de Tomsk et part moyenne de déchets produits et de pertes induites.....	137
Tab.3.1. Rendement et caractéristiques des déchets-bois de sciage en fonction des différents débits du bois.....	158
Tab.3.2. Facteurs de pondérations pour une EC dans Pakhomova et al. (2017b).....	178
Tab.3.3. Les 20 objectifs de la Convention des Nations Unies sur la diversité biologique pour la période allant jusqu'en 2020.....	183
Tab.3.4. Volumes de bois recyclés dans l'Oblast de Tomsk à l'horizon 2025 par rapport à aux niveaux de consommation de 2013.....	198

LISTE DES ABREVIATIONS

ACV : Analyse de Cycle de Vie

ADEME : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (France)

AS : Approche Systémique

Ch.App : Chaîne d'Approvisionnement

Ch.Val : Chaîne de Valeurs

EC : Economie Circulaire

DD : Développement Durable

FAO : Food and Agriculture Organisation

FB : Filière-Bois

GES : Gaz à Effet de Serre

IDH : Indice de Développement Humain

INSEE : Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques

IIED : International Institute for Environment and Development

MEI : Modèles d'Evaluation Intégrée

MI : Modélisation Intégrée

MSS : Méthode des Systèmes Souples

ODD : Objectifs de Développement Durable

ONU : Organisation des Nations Unies

PIB : Produit Intérieur Brut

PRB : Produit Régional Brut

REP : Responsabilité Elargie des Producteurs

SF : Secteur Forestier

UC : Utilisation en Cascade

UE : Union Européenne

WCED : World Commission on Environment and Development

INTRODUCTION GENERALE

CONTEXTE DE RECHERCHE

Le travail de recherche présenté ici s'inscrit dans une réflexion qui a débuté en 2013, date à laquelle le concept de l'Economie Circulaire (EC) se voit devenir considéré comme stratégique en France avec notamment la création de l'Institut National de l'Economie Circulaire, et un peu plus tard avec l'adoption de la loi de transition énergétique pour la croissance verte du 17 août 2015 qui intègre le concept comme un élément indispensable d'une politique de Développement Durable (DD) (Aurez et Georgeault, 2016 ; Kalioujny, 2015, 2017). Cet engouement, en France mais aussi dans d'autres pays du monde, pour ce nouveau modèle économique basé sur la notion de déchets a ainsi suscité une réflexion scientifique dont l'objet principal était de comprendre comment un tel modèle pouvait être appliqué à un territoire comme celui de la Russie.

Cette réflexion s'inscrit dans un contexte temporel – celui de la transition économique et sociale de la Fédération de Russie – dont les caractéristiques sont toujours en cours de construction comme le sont celles de l'EC et du paradigme de DD. Par exemple, d'un point de vue comparatif par rapport à la France, si on s'intéresse à la seule question des déchets ménagers en Russie et plus précisément dans l'Oblast de Tomsk (Kalioujny, 2015), la Russie accuse un important retard par rapport à la France quant aux législations, aux technologies ou au processus de prise de conscience de la société. Sur la question des déchets industriels, *via* l'exemple de l'entreprise *Tomskneftehim*, située dans l'Oblast de Tomsk et productrice de polymères, on a pu mettre en évidence (Kalioujny, 2017) que si ce sujet était considéré au sein des entreprises, il se cantonnait majoritairement à une contrainte écologique, alors qu'il pourrait être également considéré comme une opportunité économique et même sociale.

Globalement, ces deux premières études ont, d'une part, m'ont permis de me forger une opinion sur l'EC, sur ses grands principes, les différents « cas d'école » existants, ses instruments de réalisation, ses différentes conceptions ou encore certaines de ses limites. D'autre part, les études ont permis de confirmer que le modèle de l'EC était bien propice à faire évoluer la problématique des déchets dans le pays et de soutenir la transition vers un DD. Le travail présenté ici a donc été engagé pour approfondir encore un peu plus la réflexion, **en incluant la question des déchets de manière multidimensionnelle**. C'est-à-dire en présentant le sujet des déchets à travers différents niveaux d'analyse et à travers différents points de vue.

Cette posture a révélé en autres **la nécessité de trouver une méthode adaptée** et d'articuler les recherches autour d'un nouveau terrain d'étude approprié.

Les analyses effectuées pour ce travail constituent par ailleurs **un premier « cas d'école » sur la question de l'EC en Russie, en y incluant les aspects spécifiques du pays, notamment en termes géographique et historique**. En effet, la Russie occupe la plus grande surface au monde (17,13 millions km², 11,5% de la surface terrestre totale) et, dans un contexte où la chute de l'URSS a fait transiter le pays d'une économie planifiée à une économie de marché, elle a engagé depuis une vingtaine d'années un colossal chantier de modernisation de son économie,

Les recherches présentées dans la thèse débutent en 2017, en parallèle avec le lancement officiel du cluster-bois de l'Oblast de Tomsk par le Ministère de l'industrie et du commerce de la Fédération de Russie. Il s'agit d'un nouveau type d'organisation industrielle géographique dont l'objectif est d'accéder à un nouveau stade de développement socio-économique dans la Filière-Bois (FB). Dans l'Oblast de Tomsk, le secteur industriel joue un rôle clé et le sujet des déchets est identifié comme stratégique (Département des forêts de l'Oblast de Tomsk, 2017). C'est ainsi que **le sujet de l'EC appliqué à la question des déchets-bois dans l'Oblast de Tomsk a été jugé comme très favorable et très actuel pour l'engagement d'un processus de recherche**. Un partenariat a été scellé avec le directeur du cluster-bois en tant qu'expert-consultant principal afin d'orienter certains aspects « pratiques », au sens du vécu et du terrain, des recherches effectuées.

Enfin, la thèse ayant été réalisée en cotutelle internationale entre l'Université Polytechnique de Tomsk et l'Université Bourgogne Franche-Comté, cela a permis de continuer à nourrir la réflexion théorique et pratique sur l'implantation d'un modèle d'EC sur un territoire.

Ainsi, des comparaisons avec le développement de la filière bois en France ont pu être entreprises. Ces comparaisons, qui ont donné lieu à deux publications de type « communication »² (Kalioujny, 2019a, 2019b), permettent d'élargir les points de vue retenus dans ce travail. Dans des contextes très différents, les comparaisons des deux systèmes montrent

² Le terme « communication scientifique » est compris comme un travail dont l'objet est de diffuser les problématiques et les résultats issus de la recherche scientifique fondamentale ou appliquée, ou issus du développement industriel, soit en direction des pairs, soit vers un large public (vulgarisation scientifique). En Russie, ce type de travaux est très largement utilisé au sein des universités et autres instituts de recherches afin de stimuler la recherche académique, notamment auprès des étudiants.

des différences mais aussi quelques traits communs. Par exemple, en termes de maturité, la FB française connaît un développement socio-économique plus avancé, que ce soit :

- sur la question du développement socio-économique global, par exemple par rapport aux résultats économiques, au nombre d'emplois, technologies et infrastructures disponibles etc. (cf. partie 2.1.1, p.96 – ADEME et FCBA, 2015 ; PNFB, 2016) ;
- ou sur la question de la formation d'une EC et d'un DD, d'un point de vue global au niveau national, mais aussi au niveau régional et de la FB elle-même (cf. parties 1.2., p.46 – ADEME, 2020 ; Aurez et Georgeault, 2016, Geldron, 2014 ; Martel et al., 2015).

Il a pu être également relevé des points communs. Les deux pays connaissent par exemple la problématique du vieillissement des forêts, ce qui a un impact important sur la qualité du bois exploité, sur la propagation des incendies et des attaques parasites ou encore sur la capacité des écosystèmes à capter et stocker le carbone (Martel et al., 2015 ; Valade et al., 2018). Les deux FB font également face à une concurrence économique internationale très rude, qui constitue un frein important pour leur développement (Kondratyuk et al. 2013 ; PNFB, 2016). Tous ces éléments de comparaisons pertinents ont ainsi pu être intégrés tout au long de la Modélisation Intégrée (MI) afin de structurer la compréhension de l'objet et du sujet de recherche (voir introduction chap. I), et aussi afin d'enrichir tous les modèles construits pour comprendre ce que représente un système circulaire « abouti ».

STRUCTURE DE LA THESE

Que ce soit en Fédération de Russie ou tout autre endroit sur Terre, la question de la gestion rationnelle de l'environnement dans une perspective d'un développement socio-économique de l'Homme et de l'amélioration de sa qualité de vie est cruciale (Meadows and al., 2012 ; WCED, 1987). En effet, l'Homme puise depuis toujours des ressources dans son environnement afin de les transformer par son travail et son capital et ainsi combler ses différents besoins et se développer. Néanmoins, il apparaît depuis peu – à l'échelle de l'Histoire – que l'environnement ne représente pas seulement un réservoir de ressources à transformer mais également la base régulatrice du développement humain et de son bien-être, où tous les éléments écologiques ont une fonction spécifique qui affecte d'une manière directe ou indirecte l'Homme. C'est dans ce cadre que le concept de **Développement Durable (DD)** est introduit en 1987 en mettant en avant la nécessité de considérer simultanément trois sphères – environnementale, sociale et économique – nécessaires au développement humain actuel et futur (Mebratu, 1998). C'est ainsi également que l'on voit apparaître de nouveaux modèles

économiques comme celui de **l'Economie Circulaire (EC)**, qui met au centre de la réflexion économique la question des **déchets** sous ses deux aspects : d'une part, la question des pollutions engendrées et de leurs effets néfastes pour l'Homme et son environnement, et, d'une autre part, la perte importante de ressources potentielles à transformer. Aujourd'hui largement considérée au sein de nombreux gouvernements et organisations, l'EC nécessite cependant d'être mieux caractérisée et mieux définie car il n'apparaît pas encore de manière très claire quelles sont les fonctions et les finalités du modèle (Ghisellini et al. 2016, Kirchherr et al., 2017).

Les concepts de DD et de l'EC forment donc **la base théorique** de ce travail de recherche. Nous nous concentrons plus précisément sur l'EC et sur ses interactions avec le DD afin d'en apprendre plus sur les fonctions et les finalités du modèle, et sur ce que celui-ci représente pour le développement de la Russie. Pour cela, notamment en matière de DD, il est souvent convenu en économie d'utiliser une approche empirique ou des Modèles d'Evaluation Intégrée (MEI). L'approche empirique s'appuie sur l'expérimentation et l'observation dont les résultats sont soumis à une évaluation par les pairs, ce qui rend possible le tri dans les connaissances scientifiques produites. La MEI permet de tester différents scénarios à partir de variables (mathématiques) issues d'un système, des données disponibles qui le composent et des théories utilisées pour l'expérience (Caurla et al., 2021). Dans cette dernière approche, comme l'expliquent les auteurs, le but n'est pas de prédire mais bien d'envisager les changements qui pourraient impacter le système. Les auteurs expliquent que « ces exercices nécessitent un type de chercheurs particuliers et relativement rare, mêlant compétences disciplinaires et pluridisciplinaires, autour de profils de type ingénieur » (Caurla et al., 2021, p.4).

La revue de la littérature a montré qu'en matière de DD et d'EC il existe d'ores et déjà un grand nombre d'études empiriques (Aurez et Georgeault, 2016 ; Erkman, 2004 ; Mebratu, 1998 ; Nash et al., 2020) et de MEI (Caurla et Delacote, 2013 ; Grushevenko et al., 2021 ; Meadows et al., 2012 ; Makarov et al., 2017 ; Rougieux, 2017). Les études empiriques sont associées à des systèmes spécifiques et les MEI ne peuvent prendre en compte qu'un nombre limité de variables. De plus, il n'existe aujourd'hui aucun MEI en matière d'EC.

En cherchant à explorer les possibilités d'établir un système d'EC, pour une filière donnée (la Filière-Bois, FB) et un territoire donné (l'Oblast de Tomsk, Russie), ce présent travail a alors poursuivi un objectif plus large : s'inscrire dans **une approche globale qui**

pouvait permettre de mettre en lumière la multidimensionnalité du sujet (DD et EC) et qui pouvait permettre de considérer le système à l'étude et ses données (quantitatives et qualitatives). Nous avons utilisé les approches empiriques et les MEI car la structuration de notre approche globale s'est effectuée grâce à la Méthodologie des Système Souples (MSS) et à la Modélisation Intégrée (MI) qui s'inspirent et reposent sur la création de modèles. Qu'ils soient conceptuels, structurels-fonctionnels, physiques, mathématiques etc. (Bakhvalov, 1997 ; Scholes, 2018), ceux-ci intègrent toujours des données empiriques et sont toujours utilisés pour la conception des MEI **afin d'en apprendre le plus possible sur les questions de recherche posées** (Caurila et al., 2021).

Il faut souligner **que notre travail n'a pas permis d'aller jusqu'à la conception d'un MEI mais que les résultats obtenus forment l'étape préalable obligatoire à sa conception** grâce au fait que le maximum de variables concernant la conception d'un modèle d'EC a pu être exploré. La recherche a également permis de faire ressortir **les marges d'amélioration liées à la nécessité d'enrichir la connaissance sur le sujet étudié : l'accès à l'information sans doute mais aussi la création de celle-ci via des dispositifs d'observation, pour questionner et réfléchir sur le développement de la FB russe et de l'Oblast de Tomsk, et de leurs rôles respectifs dans l'économie nationale.**

Tous les éléments liés aux théories et à notre méthode ont été structurés dans **le premier chapitre** où nous intégrons d'abord une analyse approfondie des concepts de DD (partie 1.1) et d'EC (partie 1.2) au travers de leur développement chronologique et de leurs modalités d'application liés à la Russie et au secteur forestier. Cela permet de comprendre pourquoi le DD est devenu un enjeu majeur pour l'avancement des sociétés et des économies contemporaines, notamment en Russie où le concept commence à être pris de plus en plus au sérieux et intégré comme un moyen de transiter vers une économie de l'innovation. Cela permet également de comprendre pourquoi le choix du modèle d'EC est pertinent afin d'analyser les causes et les nouvelles opportunités par rapport à la problématique des déchets en termes de durabilité et d'identifier la place de la Russie dans ce large contexte. **Notons ici que le gouvernement de la Russie a déclaré en août 2021 son intention de développer son tout premier projet de loi sur l'EC.** Enfin, la MSS et la MI (partie 1.3) sont également décrites au travers de leur développement chronologique et de leurs modalités d'application.

Dans ce contexte et pour répondre aux objectifs technico-économiques de la recherche, **les chapitres II et III** sont consacrés à **l'étude du lien EC-DD via la MSS et la MI qui sont**

appliquées au cas de la Filière-Bois (FB) de l'Oblast de Tomsk. Ces deux chapitres reposent sur la publication de trois articles-clés qui ont permis de structurer la MI (Kalioujny et Monastyrnyy, 2019, 2020 ; Kalioujny et al., 2020). Les méthodologies et les propositions détaillées dans les deux chapitres forment un tout et sont déclinées en plusieurs modèles à différents niveaux d'analyses (macro, meso et micro).

Dans le **chapitre II**, la première partie est dédiée au **terrain d'étude** représenté par la FB de l'Oblast de Tomsk. L'analyse du terrain d'étude a en effet révélé que celui-ci représente assez bien la situation au niveau national. En ce sens, la création d'un système circulaire dans la région pourrait amener à des possibilités d'extension sur d'autres territoires russes. Cependant un grand nombre de spécificités régionale liées aux systèmes organisationnels (cluster, technologies disponibles etc.) ou aux ressources exploitées (types de forêts) par exemple doivent être intégrées en amont. Les informations recueillies sont donc d'abord analysées (partie 2.1) et ensuite structurées à travers 4 modèles qui permettent de « sceller » la première partie de la MI (partie 2.2). Il s'agit de décrire notamment comment le DD et l'EC peuvent s'intégrer dans la FB, le long de la chaîne d'approvisionnement, en faisant ressortir la prise en compte **des déchets**.

Cette première partie étant structurée, elle permet de transiter vers une seconde partie (**chapitre III**) qui pose la question de la (bonne) sélection des technologies et des approches pour atteindre les objectifs indissociables de circularité et de durabilité. En effet dans Kalioujny et al. (2020), les auteurs font référence à **une méthode du choix des technologies circulaires selon le type et la nature des déchets**. L'utilisation de la MSS appliquée à la FB a montré que les enjeux en termes d'EC résidaient surtout dans le choix de différentes technologies, potentiellement exploitables à différents endroits de la chaîne d'approvisionnement. **La méthode présentée ici d'abord étape par étape les paramètres principaux à prendre en compte pour concevoir toutes les approches et technologies disponibles (partie 3.1) afin de mettre en place un projet de transition (partie 3.2).** L'application est menée à travers le cas de la FB de l'Oblast de Tomsk en prenant appui sur son cluster-bois.

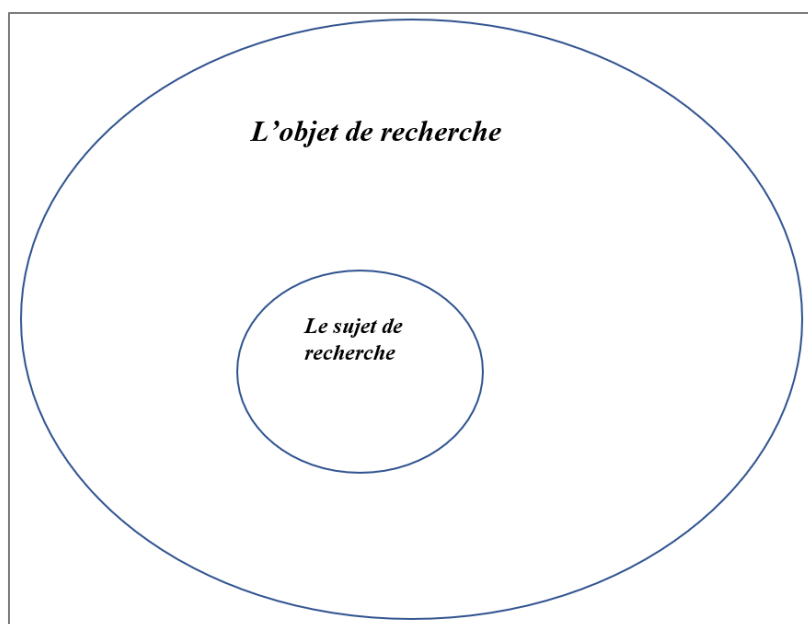
En effet, comme il est montré dans le chapitre I, l'approche holistique (durable) que représente l'EC permet d'envisager un très grand nombre de stratégies possibles. Notamment au travers de son principe des 4R (Réduire-Réutiliser-Réhabiliter-Recycler) et de ses moyens d'applications (éco-conception, symbioses industrielles, économie de la fonctionnalité etc.). La méthodologie adoptée pour ce travail peut donc se résumer comme **l'élaboration d'outils d'analyse permettant de classer un grand nombre de données** et pouvant être utilisés de différentes manières selon les objectifs fixés.

CHAPITRE I. DEVELOPPEMENT DURABLE ET ECONOMIE CIRCULAIRE VIA LA METHODOLOGIE DES SYSTEMES SOUPLES

INTRODUCTION DU CHAPITRE I

Dans les sciences russes, il est d'usage dans un travail de recherche de présenter et décrire l'« objet » (« *ob"yekt* ») et le « sujet » (« *predmet* ») de recherche. L'objet de recherche fait référence au processus ou phénomène qui génère une situation problématique et qui est étudié par le ou les chercheur(s). Le sujet est ce qui se trouve à l'intérieur, dans les limites de l'objet (fig1.1).

Fig.1.1. L'objet et le sujet de recherche dans les sciences russes



Source : composé par l'auteur

Dans la version russe de la thèse, l'objet de recherche est présenté comme le processus complexe et contradictoire de la formation d'un modèle d'Economie Circulaire (EC) utilisé comme base pour la mise en œuvre d'une stratégie de Développement Durable (DD). Le sujet

de recherche y est présenté comme l'analyse de la Filière-Bois (FB) de l'Oblast de Tomsk en tant que système socio-économique et environnemental, en tenant compte :

- des méthodes théoriques d'analyse de la mise en œuvre effective d'une stratégie d'EC au niveau d'une entreprise tout en assurant le DD du secteur dans son ensemble ;
- des étapes et critères clés pour la production des produit et biens-bois et pour **la résolution du problème des déchets à travers un choix construit et argumenté des technologies circulaires qui pourront être mobilisées.**

En ce sens, le chapitre I de la thèse poursuit deux objectifs. Il s'agit dans un premier temps d'introduire l'objet de recherche, en rappelant d'abord les fondamentaux du DD et de l'EC puis, dans un deuxième temps, de présenter la méthode de recherche retenue. En effet, il est apparu pendant le travail de recherche que ces deux grands concepts intègrent des vues multidimensionnelles en fonction des sujets abordés, c'est à dire qu'ils nécessitent de devoir mettre en lumière plusieurs niveaux d'analyse et plusieurs dimensions de l'expérience et du savoir. De plus, en y intégrant un territoire, la Russie, et un secteur d'activité, le Secteur Forestier (SF), il peut devenir presque impossible de trouver un compromis sur un équilibre « durable et circulaire » pour toutes les parties prenantes concernées. Le chapitre I montre à ce sujet que les questions de DD et d'EC englobent *de facto* des parties-prenantes aux intérêts, visions, perceptions, histoires, ressentis ou croyances, qui ne sont pas les mêmes et évoluent en fonction d'échéances de court, moyen et long termes.

Dans ce but, les deux premières parties (1.1 et 1.2) du chapitre I sont consacrées à la présentation des concepts de DD et d'EC dans un contexte lié à un territoire et à un secteur d'activité. Le concept de DD sera présenté ainsi *via* une analyse chronologique et globale : le contexte dans lequel celui-ci est apparu, ses objectifs et ses différentes caractéristiques, notamment dans le SF et en Fédération de Russie. Ensuite le concept d'EC sera présenté également *via* le contexte dans lequel il est apparu, puis *via* ses moyens d'application (outils) et son actualité et ses limites ; ceci afin d'ensuite exposer les caractéristiques de son application au SF et à la Russie.

Enfin, la troisième partie du chapitre (1.3) exposera les méthodologies d'analyses employée dans la recherche : l'analyse de la « Méthode des Systèmes Souples » (MSS) et l'Approche Systémique (AS) dont les caractéristiques et particularités sont adaptées aux questions multidimensionnelles du DD et de l'EC. La MSS sera ainsi exposée *via* le concept de

systèmes « durs » et « souples », puis à travers son principal instrument de mise en application, à savoir « la modélisation intégrée » (MI).

En termes d'analyses et d'informations, ce chapitre repose sur une étude empirique de la littérature liée au travail de recherche et qui regroupe un très large éventail de bases de données théoriques russes et non russes. Cette étude s'est efforcée également d'y inclure des sources variées : articles scientifiques, travaux de type « communication scientifiques »³, thèses, rapports, documents analytiques et réglementaires mondiaux et fédéraux.

On pourra également noter qu'un projet de vulgarisation scientifique a été mené sous la forme d'entretiens oraux en russe, filmés et retransmis sur la chaîne *Youtube*⁴ de l'Université Polytechnique de Tomsk. Ce projet fait référence aussi aux entretiens semi-directifs organisés pour la modélisation intégrée (chap. II, p.90), et contient 3 entretiens sur les thèmes suivants :

- la dynamique des systèmes à travers les concepts de « durabilité » et de « noocratie »⁵, avec Alexandr Vasilyevich Pozdnyakov – Professeur à la Faculté de géologie et de géographie de l'Université d'État de Tomsk et Chercheur en chef à l'Institut de Surveillance des Systèmes Climatiques et Ecologiques (Division Sibérienne de l'Académie des Sciences de Russie) ;
- l'énergie, son rôle et ses fonctions dans le développement des sociétés en tant que concept physique (« *energia* ») et secteur économique fondamental (« *energetika* »), avec Vasily Yakovlevich Ushakov – Professeur au Centre régional éducatif, scientifique et technologique pour l'économie des ressources de l'Université Polytechnique de Tomsk ;
- le concept de développement durable et des fonctions écologiques dans la vie humaine, avec Alexandr Martynovich Adam – Professeur et Directeur du département d'écologie, de gestion de la nature et de génie de l'environnement à l'Institut de biologie de l'Université d'Etat de Tomsk, et ancien Directeur du département des ressources naturelles et de l'environnement de l'administration de l'Oblast de Tomsk (2003-2014).

Pour les bases de données russes, les deux principales bases de données utilisées ont été « *eLibrary* » et « *Digital Library : Dissertations* » qui regroupent une très grande majorité des

³ Voir définition p.18.

⁴ <https://www.youtube.com/channel/UCiBQPMgTctPZK4xIQ5jbXSQ>

⁵ La noocratie, soit littéralement « le pouvoir de la raison », représente le pouvoir des personnes, qui déterminent la politique et les fonctions de l'État sur la base d'une analyse scientifique des situations socio-économiques et écologiques dans leur pays et dans le monde, et qui prévoient la politique de développement de l'État en tant que partie inséparable d'un seul système social, écologique et économique mondial (d'après Pozdnyakov, 2012, traduit par l'auteur).

travaux publiés en Russie⁶. Pour les bases de données non-russes, plusieurs bases ont été utilisées comme « CAIRN », « SpringerLINK », « OpenEdition » ou encore « Science Direct ». On pourra noter que ces dernières bases de données ont permis d'avoir accès à un plus grand nombre d'informations et à des visions plus larges sur les objets de recherche traités, notamment en termes d'EC, les bases russes permettant parallèlement de recouper beaucoup d'informations sur les aspects historiques et géographiques de la Russie, en termes de DD ou en termes de déchets par exemple.

1.1. LE DEVELOPPEMENT DURABLE

Les objectifs de cette partie sont de présenter le concept de Développement Durable (DD), d'abord ses principales caractéristiques via les grandes étapes de son développement jusqu'à aujourd'hui (1.1.1) et ensuite via ses aspects particuliers liés à un secteur d'activité ou un territoire, ici le Secteur Forestier (SF) et la Fédération de Russie (1.1.2).

1.1.1. CONTEXTE ET OBJECTIFS DU DEVELOPPEMENT DURABLE

La première définition du DD remonterait à 1987 avec le rapport de la Commission mondiale pour l'environnement et le développement (WCED : *World Commission on Environment and Development*) (Mebratu, 1998). En effet c'est à cette date qu'est rendu un rapport appelé « *Notre avenir à tous* » mettant en évidence la nécessité d'adopter une approche de DD (World Commission on Environment and Development, 1987). C'est-à-dire, le besoin de trouver un nouveau modèle d'organisation de la société prenant en compte un nouvel ensemble de contraintes, découlant des orientations prises par les différents Etats du monde et qui amèneraient à plus d'inégalités sociales entre les humains et à une destruction toujours plus grande de l'environnement.

Déjà dans les années 1960-1970, de nombreux discours, études ou organisations démontraient que la recherche d'une croissance économique toujours plus forte pourrait amener à de grandes catastrophes socio-économiques et environnementales. On peut citer entre autres le célèbre rapport « *Limits to growth* » destiné au Club de Rome en 1972, qui grâce à des simulations informatiques sur l'évolution de la population humaine en fonction de l'exploitation des ressources naturelles confirmait le risque d'une mortalité élevée des populations due aux

⁶ Voir p.64-65

diverses pollutions, à l'appauvrissement des sols cultivables et à la raréfaction des énergies fossiles. De plus, en 2004, les auteurs reprenaient et enrichissaient leurs recherches avec des données accumulées pendant près de 30 ans pour conclure que les résultats obtenus corroboraient bien les hypothèses, formulées lors du premier rapport, selon lesquelles les Etats du monde suivaient une trajectoire non durable et extrêmement risquée (Meadows and al., 2012).

La définition donnée par la commission du DD (WCED, 1987) est « *un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs* ». C'est en 1992, lors du troisième Sommet de la Terre à Rio de Janeiro, qu'une étape importante est franchie pour activer une transition vers un DD.

Ainsi, 27 grands principes (voir annexe 1.1) et un calendrier « l'Agenda 21 » sont adoptés :

- les premiers afin de guider les Etats vers « *un partenariat mondial sur une base nouvelle et équitable en créant des niveaux de coopération nouveaux entre les États, les secteurs-clés de la société et les peuples* » (United Nations, 1992a) ;
- le second afin de décrire les secteurs où le DD doit s'appliquer dans le cadre des collectivités territoriales en y formulant des recommandations (United Nations, 1992b).

Par exemple, les principes n°8 et n°16 permettent de soulever les questions quant aux objectifs de qualité de vie pour les peuples (plutôt que de prospérité économique) en développant des modèles de production et de consommation plus viables, ou les questions quant aux responsabilités des acteurs économiques avec l'introduction du principe de « pollueur-payeur ». Parallèlement, l'Agenda 21 via le chapitre 4 « Modification des modes de consommation » permet par exemple de mettre en lumière :

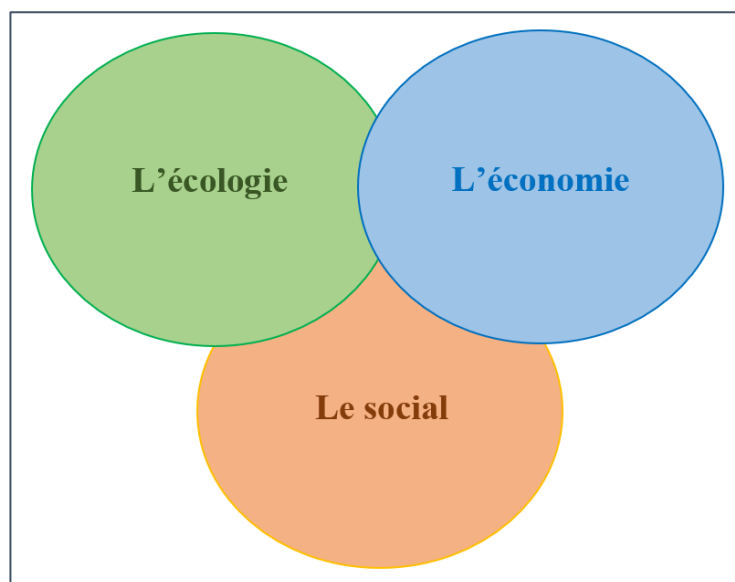
- les principes d'action, par ex. mieux examiner le rôle de la consommation par rapport à la croissance économique et à la dynamique de la population ;
- les objectifs, par ex. promouvoir des schémas de consommation et de production afin de réduire l'empreinte écologique environnementale et de répondre aux besoins essentiels ;
- les activités, par ex. adopter une approche internationale en vue d'établir des modes de consommation durables ;
- la réalisation d'études, par ex. pour l'étude des pistes de développements des économies nationales afin de prospérer tout en réduisant la consommation d'énergie et de matériaux et la production de matières nocives ;

- la création de nouveaux concepts de croissance économique et de prospérité durables, par ex. *via* l'examen du rôle et de l'impact de schémas de production et de consommation et des modes de vie insoutenables à terme et de leurs rapports avec un DD ;
- ou le financement et l'évaluation des coûts, par ex. *via* l'élaboration de politiques et stratégies nationales propres à encourager la modification des modes de production et de consommation non durables.

Conjointement une autre définition du DD est élaborée par l'Institut International pour l'Environnement et le Développement (IIED : *International Institute for Environment and Development*) (Mebratu, 1998). Cette définition est fondée sur l'identification de trois sphères ou piliers comme éléments de base de tout processus de développement (fig.1.2) :

- la sphère écologique ;
- la sphère sociale ;
- et la sphère économique.

Fig.1.2. Les sphères écologique, sociale et économique comme éléments de base du DD



Source : d'après Mebratu, 1998, p. 513

L'objectif mis en avant par cette définition est de montrer que chaque sphère, pouvant être également considérée comme sous-système, possède ses propres caractéristiques et limites. Les résultats d'une politique de DD découlent donc d'un processus d'adaptation et de compromis entre ces trois sphères.

Aujourd'hui, il est admis que le DD et ses principes sont largement repris par les acteurs économiques dans une majorité des pays du monde. D'après le rapport « Synthèse des rapports nationaux pour rio +20 » du Département des affaires économiques et sociales des Nations Unies et du Programme des Nations Unies pour le développement (2012, p.7) « *ce que l'Agenda 21 a laissé inachevé réside principalement (mais pas entièrement) dans le domaine de la mise en œuvre* ». Le rapport indique ainsi que des succès et des échecs sont effectivement présents et que cela a permis entre autres de former « *une base factuelle sans cesse grandissante* ».

Tab.1.1. Les 17 Objectifs de Développement Durable

Objectif 1	Éradication de la pauvreté
Objectif 2	Lutte contre la faim
Objectif 3	Bonne santé et bien-être
Objectif 4	Accès à une éducation de qualité
Objectif 5	Égalité entre les sexes
Objectif 6	Accès à l'eau salubre et à l'assainissement
Objectif 7	Énergies fiables, durables et modernes, à un coût abordable
Objectif 8	Accès à des emplois décents
Objectif 9	Bâtir une infrastructure résiliente, promouvoir une industrialisation durable qui profite à tous et encourager l'innovation
Objectif 10	Réduction des inégalités
Objectif 11	Villes et communautés durables
Objectif 12	Consommation et production responsables
Objectif 13	Lutte contre les changements climatiques
Objectif 14	Conserver et exploiter de manière durable les océans et les mers aux fins du développement durable
Objectif 15	Vie terrestre
Objectif 16	Justice et paix
Objectif 17	Partenariats pour la réalisation des objectifs

Source : United Nations (2015)

En 2015, afin de continuer à faire face aux défis du DD, les Etats membres des Nations Unies décident à travers le « Programme de développement durable à l'horizon 2030 » (ou « Agenda 2030 ») de construire 17 Objectifs de Développement Durable (ODD, tab.1.1).

Fusionné à l'Agenda 21, le programme vise à atteindre collectivement un nouveau niveau de développement pour les populations, pour la planète, pour la prospérité, pour la paix et par les partenariats. L'idée principale est de mettre en place un dispositif de suivi et de bilan, universel et transparent, et basé sur un système statistique solide afin d'évaluer les progressions réalisées et le chemin restant à parcourir (United Nations, 2015).

Concernant l'EC, celle-ci fait référence directement à l'objectif n°12 « Consommation et production responsables ». Concernant le SF, celui-ci fait directement référence aux objectifs n°13 « Lutte contre les changements climatiques » et n°15 « Vie terrestre ». Leurs caractéristiques sont détaillées dans les parties ci-dessous : « 1.1.2. Le développement durable dans le secteur forestier » et « 1.2. L'économie circulaire ». L'exemple de la Russie en matière d'ODD est également inclus dans la partie « 1.1.3. Le développement durable en Russie ».

Il y a donc 17 ODD répartis en 169 sous-objectifs (voir annexe 1.2, p.232) afin de répondre aux défis généraux suivants : éradiquer la pauvreté sous toutes ses formes et dans tous les pays, protéger la planète et garantir la prospérité pour tous. Afin de suivre la progression de ces objectifs et cibles, 232 indicateurs distincts classés en trois catégories ont été créés :

- 1) le premier tiers est adossé à des méthodologies précises et des données accessibles ;
 - 2) le second tiers s'appuie sur des méthodologies précises mais sur des données partielles ou qui ne sont pas immédiatement accessibles ;
 - 3) le troisième tiers comprend des indicateurs sans méthodologie stable ni données disponibles.
- Il s'agit souvent d'indicateurs qualitatifs non statistiques, correspondants le plus souvent à des politiques publiques.

Néanmoins, il est nécessaire de préciser que tous les indicateurs définis par l'ONU ne peuvent paraître à certains égards pas toujours pertinents si l'on prend en compte séparément chaque contexte national. En effet, les caractéristiques d'un pays lui étant propres, celui-ci est souvent obligé de définir son propre ensemble d'indicateurs. Ainsi, concernant l'ODD n°12 « consommation et production responsables », on peut remarquer que la France inclut concrètement le nombre d'emplois associés à l'EC et le nombre de projets nationaux en termes d'écologie industrielle et territoriale, alors que la Russie ne fait qu'intégrer pour l'instant la nécessité de créer un futur système moderne de gestion des déchets basé sur le principe « Réduire, Réutiliser, Recycler » (Fédération de Russie, 2020 ; INSEE, 2019).

De plus, d'après Nash et al. (2020) les indicateurs pris séparément ne permettent ni de comprendre si les ODD sont en bonne voie d'être atteints ou non, ni de comprendre quels sont les facteurs influençant les changements de dynamique et l'interdépendance des trois piliers de la durabilité. A travers le rôle que joue le milieu marin dans le développement socio-économique de certains pays, les auteurs démontrent que les interdépendances, les risques et les opportunités liés aux ODD ne sont pas encore pris en compte. Alors que l'ODD n°14 « Conserver et exploiter de manière durable les océans et les mers aux fins du développement durable » est une condition préalable à l'accomplissement des ODD n°1, 2 et 5 (« Éradication de la pauvreté », « Lutte contre la faim », « Égalité entre les sexes »), seuls 2% des pays sont susceptibles d'atteindre l'ODD n°14 d'ici 2030.

Nash et al. (2020) démontrent également qu'un certain nombre de pays insulaires sont en bonne voie d'atteindre l'ODD n°1 ou l'ont déjà atteint, ce qui pourrait être trompeur à long terme étant donné l'état élevé de dégradation des écosystèmes marins dont ces pays sont fort dépendants économiquement. C'est le cas par exemple du Japon, où le poisson représente 39% des protéines animales consommées. Ainsi, bien que l'évaluation des indicateurs de l'ODD n°2 ait été atteinte, le mauvais état des progrès vers l'ODD n°14 remet en question la capacité du pays à maintenir l'ODD n°2 comme atteint. *A contrario*, certains pays comme les États fédérés de Micronésie s'éloignent de la réalisation de l'ODD n°1, mais sont en bonne voie d'atteindre l'ODD n°14, ce qui suggère le potentiel de tirer parti de leur gestion environnementale, en termes de tourisme par exemple.

Les interdépendances entre les océans et le bien-être humain étant donc sous-estimés, les auteurs recommandent l'utilisation de « chaînes de résultats » (« *result chains* »), c'est-à-dire l'utilisation de modèles logiques qui permettent de déterminer les interactions entre les intrants, les activités, les extrants et les résultats d'une politique, d'un programme ou d'une initiative donnés. Le(s) changement(s) descriptible(s) ou mesurable(s) entraîné(s) par une relation de cause à effet, à l'échelle nationale ou infranationale, doivent ainsi permettre de mieux visualiser et comprendre les relations entre la biosphère, la société et l'économie et donc de faire évoluer l'évaluation des ODD.

Cette vision globale est ainsi adoptée et reprise dans notre recherche pour l'étude de la question de la gestion des déchets-bois dans la filière-bois de l'Oblast de Tomsk et se concrétisera par la mise en œuvre d'une modélisation intégrée que nous développons dans les chapitres II et III.

A travers l'exemple de Nash et al. (2020), il est également nécessaire de rattacher la notion de DD à un objet d'analyse concret afin de révéler les conflits d'intérêts. Il s'agit d'une part des conflits d'intérêts entre les trois sphères du DD et, d'autre part, les conflits d'intérêts entre les différents acteurs de la société, qu'ils soient des pays, des entreprises, des associations, etc. Ces éléments peuvent faire référence par exemple aux problèmes de bureaucratie, de manque de participation de la société ou de l'insuffisance d'informations sur les progrès effectués qui freinent la transition vers un DD (Hák et al., 2018) ; ou encore à la complexité et l'imprécision du concept, ce qui est lié à la nature intersubjective et interculturelle de cette notion nécessitant une réflexion et une explication des différentes visions du monde, notamment en termes de développement et de qualité de vie (Hedlund-de Witt, 2014).

La partie 1.1.2. s'efforce ainsi de définir le secteur forestier en termes de DD, où par exemple il est possible de comprendre que la plupart des fonctions économiques et écologiques dépendent de législations nationales, alors même que les répercussions, positives et négatives, de ces politiques se font au niveau mondial.

1.1.2. LE DEVELOPPEMENT DURABLE DANS LE SECTEUR FORESTIER

LE SECTEUR FORESTIER ET LES 3 PILIERS DU DEVELOPPEMENT DURABLE

Le Sommet de Rio en 1992 fût également l'occasion de lancer de vastes programmes de lutte pour la conservation de la biodiversité (Convention sur la diversité biologique), de lutte contre le changement climatique (Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques) et de lutte contre la désertification (Convention des Nations unies sur la lutte contre la désertification) ce qui fait directement allusion à la nécessité de mieux considérer les fonctions de la biosphère, notamment celles des forêts.

En effet, en raison de leurs propriétés mécaniques, physiques ou chimiques, l'Homme utilise depuis des milliers d'années les ressources forestières, principalement pour se nourrir et se chauffer mais aussi pour construire des habitations et des outils. Aujourd'hui, plus de 30 % de la surface de la Terre est recouverte par des forêts et l'on estime que près de 25% de la population mondiale en dépendent directement pour satisfaire ses besoins primaires, que sont le logement, le travail ou la nourriture (United Nations, 2019).

Le Secteur Forestier (SF) peut englober l'ensemble de ces activités et ressources. Pour autant, il n'est pas aisé de définir ce qu'est le SF, car il n'existe pas de définition universelle (Lenglet et Caurla, 2020). En général dans le SF, sont incluses *de facto* toutes les activités de

production, de récolte, de transformation et de distribution liées aux produits-bois. En France, dans les années 1970 apparaît la notion de « Filière-Bois » (FB) ou « filière forêt-bois », qui permet d'aborder le SF d'une manière beaucoup plus large en y rajoutant, premièrement, toutes les activités complémentaires qui contribuent, d'amont en aval, à la réalisation d'un produit fini comme les travaux d'assainissement ou de lutte contre les incendies et, deuxièmement, les relations techniques, économiques et sociales.

Cette approche peut ainsi permettre de travailler dans une logique de « chaîne de résultats » et d'apporter d'avantage d'informations sur l'interdépendances des trois sphères du DD au sein du système forestier ainsi que sur les fonctions des différents acteurs de la filière. Aussi, dans la suite de ce travail la notion de FB sera utilisée dans cette optique, c'est-à-dire en tant que domaine où s'applique plus largement à la question du DD.

Du point de vue de la sphère écologique, la forêt rend tout d'abord possible l'utilisation de ressources renouvelables. Elle permet également un habitat essentiel à la biodiversité et régule la production d'oxygène et l'absorption du dioxyde de carbone grâce à sa fonction de « puits de carbone ».

Du point de vue de la sphère économique, les forêts ont longtemps été regardées comme une possibilité de faire progresser l'activité économique (Lenglet et Caurila, 2020). En effet, la forêt permet de développer une industrie du bois grâce à laquelle on peut transformer la ressource naturelle et obtenir divers produits de consommation comme :

- le bois d'œuvre pour les secteurs de la construction et du bâtiment ;
- le bois-énergie comme combustible primaire ou sous-produit combustible pour l'approvisionnement des réseaux de chaleur ou d'électricité ;
- le bois d'industrie, inapte au sciage, déroulage ou tranchage et principalement destiné à des emplois industriels comme la production de panneaux ou de pâte à papier par exemple.

Enfin, du point de vue de la sphère sociale, l'exploitation des ressources forestières rend possible une création d'emplois stables et de produits à forte valeur ajoutée permettant une augmentation du niveau de vie global. La forêt est également un lieu de loisirs, de détente et de tourisme bénéfiques à l'Homme, notamment à travers des activités de randonnée, de chasse ou de pêche. A travers le cas des forêts françaises (Martel et al., 2015), il est montré qu'*in fine* les services dits « de régulation » comme le captage et l'accumulation des gaz atmosphériques, la fourniture et la régulation des débits d'eau, le stockage et la protection de la biodiversité, etc.

apporteraient en moyenne 5 fois plus d'avantages économiques que les services dits « de collecte », que sont l'exploitation forestière et la transformation des produits forestiers.

LA DURABILITE DES SERVICES RENDUS PAR LA RESSOURCE FORESTIERE

Si une évaluation globale de ces différentes valeurs reste difficile à réaliser, on peut en apprécier les avantages ce qui permet de favoriser le maintien d'une « valeur DD » dans le développement et la gestion de la ressource forestière.

Par exemple, à travers le cas des forêts françaises (Martel et al., 2015), il est montré que les services dits « de régulation » comme le captage et l'accumulation des gaz atmosphériques, la fourniture et la régulation des débits d'eau, le stockage et la protection de la biodiversité, etc. apporteraient en moyenne cinq fois plus d'avantages économiques que les services dits « de collecte », que sont l'exploitation forestière et la transformation des produits forestiers.

Ces analyses amènent les experts forestiers à revoir la valeur des services écosystémiques face à la pression croissante sur la biosphère et face à la pression d'une urbanisation grandissante. D'après les Nations Unies (2018), plus de la moitié de la population humaine vit dans des villes et l'on prévoit qu'à l'horizon 2050 jusqu'à 80 % de la population mondiale pourraient se trouver en zone urbaine. Le grand problème lié à l'urbanisation n'est pas tant la taille des villes, qui représentent en apparence une utilisation efficace de la surface terrestre avec 50% de la population mondiale entassée sur 2% de la surface terrestre ; mais la consommation en ressources que celles-ci représentent et les externalités négatives qui lui sont liées. Les villes seraient ainsi responsables d'environ 67 % de la consommation énergétique totale et de 70 % des émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) à la suite de besoins colossaux en termes d'eau potable, de bois et autres matières premières.

En ce qui concerne la déforestation, il est estimé qu'entre 2001 et 2015 en moyenne 50 000 km² de forêts ont été perdus chaque année dans le monde. Dans leur étude Curtis and al. (2018) démontrent que 53% de cette déforestation est due aux activités agricoles, minières et sylvicoles (pâte à papier, bois de chauffage, construction). Parallèlement 24% étaient dus à l'agriculture itinérante, 23% aux feux de forêt et moins de 0,6% à l'urbanisation. La déforestation compte pour environ 12% des émissions mondiales et que les dommages liés au changement climatique en 2010 avaient déjà été estimés à plus de 3,7 trillions de dollars en valeur actuelle nette (Sukhdev et al., 2010). En termes de bénéfices, la réduction de moitié du taux de déforestation d'ici 2030 réduirait le total des émissions de GES de 1,5 à 2,7 GT CO₂

par an. Sans compter tous les autres bénéfices écologiques et socio-économiques qui en découlent.

Il est également admis que les forêts contribuent activement à la subsistance des foyers ruraux pauvres. Dans le « PIB des pauvres » (PIB effectif ou total des moyens de subsistance des ménages pauvres vivant en zones rurales et dans les forêts), les services écosystémiques et les autres biens non commercialisés compteraient pour une part située entre 47% et 89%, contre 6%-17% pour l'agriculture, l'exploitation des forêts et la pêche dans le PIB national (Sukhdev et al., 2010). A cela, on peut encore ajouter que les mécanismes économiques d'incitation à éviter la déforestation et la dégradation des forêts permettront d'accompagner encore plus loin le processus de DD des forêts. C'est le cas par exemple du mécanisme élaboré dans le cadre de du « REDD » (Réduction des Émissions dues à la Déforestation et à la Dégradation forestière) initiative internationale et transnationale qui est coordonnée par l'ONU depuis 2008⁷. L'initiative repose sur le constat que lorsqu'une forêt est abîmée ou détruite, le CO₂ capté et stocké par celles-ci est relâché dans l'atmosphère ce qui aggrave le processus de son réchauffement. Le mécanisme permet d'établir une valeur financière au carbone stocké dans les forêts, ce qui offre une incitation économique pour les pays en développement afin qu'ils diminuent la déforestation et investissent dans des alternatives plus sobres en carbone.

Frewer (2021) explique par ailleurs au travers de l'exemple de la province d'Oddar Meanchey au Cambodge, que l'organisation d'un projet REDD+ revient surtout à mettre en place un système de gestion mêlant des documents pour la comptabilité et la vérification du carbone capté et séquestré, des émissions de GES évitées ou encore des impacts sociaux positifs du projet. L'auteur ajoute par ailleurs que les projets REDD+ ne proposent pas des paiements directs aux participants pour la conservation de leurs forêts. Les crédits carbone créés peuvent être utilisés par les acteurs locaux afin de développer des économies durables (agroforesterie, infrastructures, micro-crédits etc.). En ce sens, l'auteur pointe le problème du coût de manœuvre nécessaire à la création d'un tel système de gestion car les projets REDD et REDD+ nécessitent la participation de nombreux experts, locaux et non-locaux. Dans le cas du Cambodge, c'est bien parce que les coûts de manœuvre sont restés très bas que le projet a pu finalement être réalisé.

⁷ En anglais « *Reducing emissions from deforestation and forest degradation* »). L'initiative inclut également la nécessité de consensus, c'est-à-dire la nécessité de ne pas prendre en compte seulement les pays ayant un haut taux de déforestation ce qui inciterait donc à déplacer les activités génératrices de déforestation (agriculture à grande échelle, exploitations minières par ex.) vers des pays ayant un faible taux de déforestation. C'est pourquoi dès 2011, le programme renommé « REDD+ » comprend également les mesures de conservation des stocks forestiers existants.

LA GESTION DURABLE DES FORETS

D'un point de vue chronologique, l'idée d'une « gestion durable des forêts » est un sujet abordé depuis longtemps. Il a été élaboré dès le début du 18^e siècle par Hans Carl von Carlowitz dans *Sylvicultura oeconomica* (Lindner et al., 2010). Plus tard, notamment grâce au rapport Brundtland de 1987, le DD est inscrit dans un contexte plus large et est donc appliqué à la foresterie (WCED, 1987). En 1993, lors de la Conférence ministérielle sur la protection des forêts en Europe, une définition de la gestion durable des forêts est proposée, et qui a depuis été reprise par l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO, *Food and Agriculture Organisation*). La FAO définit « la gestion durable des forêts » (« *Sustainable Forest Management* ») comme un « *concept dynamique et évolutif, qui vise à maintenir et à améliorer les valeurs économiques, sociales et environnementales de tous les types de forêts, au profit des générations présentes et futures* » (United Nations, 2018).

Dès lors, dans les années 1990 commencent à être élaborés les premiers critères et indicateurs sur la quantité et la qualité des services écosystémiques forestiers, particulièrement sur les phénomènes liés à la déforestation et à la dégradation des forêts. Ces opérations sont rendues possibles et renforcées notamment grâce à l'apparition et la démocratisation des certifications forestières qui permettent de constituer des sources d'informations indispensables pour suivre les progrès effectués (Rametsteiner et Simula, 2003). Par suite de changements notables dans la gestion des forêts, notamment en Europe, dans les années 2000, les Nations Unies, via des évaluations des ressources forestières mondiales (FRA – *Global Forest Resources Assessment*), reconnaissent que le champ d'application des principes du DD doit être élargi afin de répondre aux demandes d'informations des Conventions du Sommet de Rio et de l'Agenda 21.

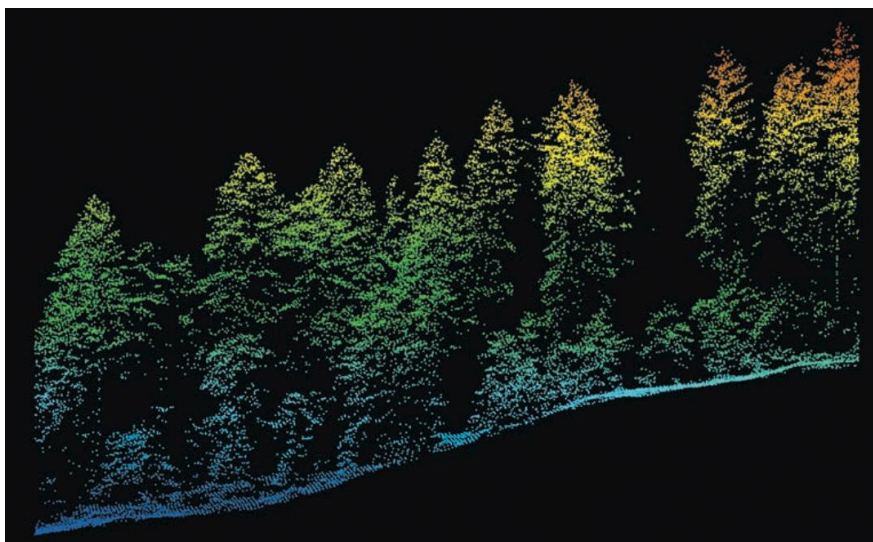
Ainsi, les recherches mettent l'accent sur la nécessité d'améliorer et d'augmenter le nombre d'indicateurs forestiers en termes de DD, ce qui devient notamment possible avec l'utilisation de données de télédétection. En effet, ces techniques d'acquisition à distance d'informations depuis des aéronefs ou des satellites permettent d'étayer les estimations disponibles sur la surface terrestre (Garzuglia, 2018). Ces informations sont complétées par des indicateurs concernant par exemple :

- la biomasse, à savoir l'ensemble des matières organiques, d'origine végétale ou animale ;
- la disponibilité des ressources à des fins industrielles ;
- des aspects qualitatifs des forêts telle que la diversité biologique ;
- ou des paramètres de gestion tels que les états de la planification forestière et des aires protégées.

Lors de la mise en œuvre du plan mondial d'évaluation des ressources forestières en 2010 (FRA), en plus des statistiques nationales, la FAO a utilisé pour la première fois dans sa pratique des données mondiales de télédétection provenant de satellites pour obtenir des informations indépendantes et géographiquement homogènes du couvert forestier (Bartalev et al., 2011). De plus, dans le cadre du développement des mécanismes économiques d'incitation à éviter la déforestation et la dégradation des forêts, ces moyens apparaissent être les plus efficaces à court terme afin d'avoir des données les plus proches de la réalité.

Cela est notamment vrai dans les grands pays forestiers (Russie, Brésil, Canada, USA) dont de larges territoires se trouvent être très peu accessibles. En Russie par exemple, alors que de larges territoires sont vulnérables à des événements imprévisibles comme les incendies de forêt et que les données d'inventaire détaillées n'ont pas été mises à jour depuis 25 ans, le pays entame la construction de son premier marché carbone (Gordienko, 2020). Les moyens de télédétection sont utilisés pour obtenir des données précises sur la séquestration du carbone dans les forêts.

Fig.1.3. Coupe transversale d'un nuage de points acquis en zone forestière par technologie de télédétection aéroportée « Lidar »⁸.



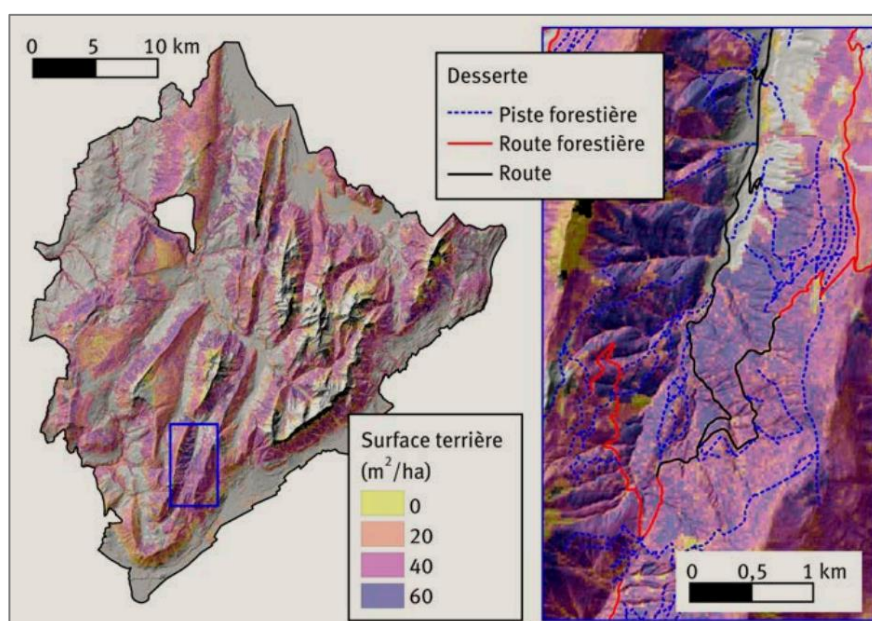
Source : Monnet et al. (2020), p.66

C'est également vrai dans de plus petits territoires, comme en France où plusieurs techniques de télédétection sont employées afin de réactualiser et approfondir des cartographies de certaines régions, forestière incluses. C'est par exemple le cas des régions forestières

⁸ « Avec une acquisition à haute densité, on distingue les branches des arbres dominants, les arbres de sous-étage ainsi que le sol » (Monnet et al., 2020, p.66).

montagneuses qui concentrent près du quart des ressources en bois et où l'accès est encore faible voire impossible. Monnet et al. (2020) montrent que l'utilisation de télédétection aéroportée permet d'avoir de nouvelles informations en haute résolution sur les plantations (types, maturité, densité, fig.1.3) mais aussi sur leur disponibilité (routes, pistes etc., fig.1.4). Ce dernier élément est d'autant plus important car il permet de planifier en amont les moyens en logistique et transport à employer (tracteurs, câbles etc.).

Fig.1.4. Cartographie par technologie de télédétection aéroportée « Lidar » de la surface terrière sur le Parc naturel régional du Massif des Bauges⁹



Source : Monnet et al. (2020), p.67

L'approche de gestion durable des forêts nécessite donc une évaluation continue et permanente des états et tendances des dimensions économiques, écologiques et socioculturelles des forêts. Ces nouvelles contraintes montrent de plus en plus l'importance pour les secteurs privé, public et civil de travailler en partenariat, tant aux niveaux des prises de décision qu'au niveau de réalisation des politiques (Angelstama et al., 2019). Cette question de gestion commune des ressources soulève une nouvelle fois le besoin de trouver des consensus sur les options possibles en faisant appel à l'application d'approches qui incluent tous les aspects multidimensionnels du DD.

⁹ « L'information est exhaustive sur le territoire avec une résolution de 25 m, ce qui permet d'identifier précisément les zones avec un fort capital sur pied et leur proximité à la desserte » (Monnet et al., 2020, p.67).

1.1.3. LE DEVELOPPEMENT DURABLE EN RUSSIE

Dans cette partie une analyse du concept de DD en Fédération de Russie est proposée. Cette analyse, à la fois chronologique et globale, permet de mieux comprendre les grandes étapes de la construction du modèle de DD sur ce territoire. Cette approche permet également de rendre compte d'un contexte institutionnel particulier puisque l'installation croissante du DD au niveau mondial « accompagne » en Russie l'évolution du nouvel Etat qu'est la Fédération de Russie et les grands défis auquel il fait face depuis la chute de l'URSS en 1994.

DU SOMMET DE RIO AU POSITIONNEMENT DE LA RUSSIE SUR LE DEVELOPPEMENT DURABLE

Le concept de DD est apparu après le Sommet de Rio de 1992 et, peu après la chute de l'URSS, en 1994, le gouvernement russe publie le décret du Président de la Fédération de Russie « sur la stratégie de l'État de la Fédération de Russie pour la protection de l'environnement et le développement durable » daté du 04.02.1994. Ce décret concerne la stratégie de l'État pour la protection de l'environnement et la définition d'une transition vers le DD. Il inclut un certain nombre de priorités ou de principes, par exemple :

- l'assurance d'une sécurité environnementale dans le développement de l'industrie ;
- une gestion durable des ressources naturelles ;
- une amélioration de la gestion des déchets ;
- un environnement sain pour les populations en zones urbaines et rurales grâce à une meilleure qualité de la nutrition, de l'air et de l'eau et à la protection de la couche d'ozone ;
- une éducation environnementale, etc.

Cependant, ce décret n'explicite ni leurs modes d'applications ni ne propose de programmes ou de calendrier quant à leur réalisation.

Deux ans plus tard, en 1996, afin d'amorcer l'entrée du concept de DD dans l'économie russe, le décret du Président de la Fédération de Russie « sur le concept de transition vers le développement durable » du 01.04.1996 est publié pour la création d'une base juridique, l'amélioration des législations en vigueur, l'élaboration de mécanismes économiques de régulation, de gestion et de protection de la sphère écologique, l'évaluation des capacités économiques des collectivités locales et régionales, la formation d'un système efficace de promotion des concepts liés au DD etc.

Au cours de cette période de vastes réformes économiques que connaît la Russie dans les années 1990, et par suite de la libéralisation des marchés, les décrets de 1994 et 1996 s'avèrent finalement être déformés et inefficaces.

De fait, le concept de DD est plus utilisé comme une opportunité d'exploiter de nouveaux vastes territoires et d'augmenter la part des profits. D'ailleurs, le décret de 1996 stipule que le concept de DD sera modifié et affiné au cours d'un long processus de transition (Andreassen, 2016). Cette période qui correspond à la privatisation des grandes entreprises publiques, l'enrichissement du secteur privé et la faillite d'un grand nombre d'entreprises engendre une criminalisation de l'économie, une spéculation sur le marché des capitaux, la réduction des salaires et l'augmentation du taux de pauvreté de la population ; débouchant finalement sur la grande crise financière et économique de 1998 (Crétiéneau, 2007 ; Sapir, 2001).

LE DEVELOPPEMENT DURABLE ASSOCIE A L'ECONOMIE POST-SOVIETIQUE

Ensuite, au cours de la période 1999–2008, grâce à une stabilité politique plus forte et à une croissance économique rapide, le niveau de développement augmente dans le pays. Grâce à une augmentation significative des pensions de retraite réelles, une stratégie étatique basée sur de nouvelles sources de revenus liées à l'activité des entreprises et au droit de propriété, le pays parvient à créer une classe moyenne et à hausser significativement son niveau de développement, ce qui lui permet entre autres d'accéder en 2006 au groupe des pays à Indice de Développement Humain élevé (IDH¹⁰ supérieur à 0,800) (Bobylev et Zakharov, 2011 ; PNUD, 2011).

Cependant, ce développement ne permet pas de résoudre les problèmes structurels institutionnels créés par la chute de l'URSS. Toujours basée sur l'exportation des minéraux, et des hydrocarbures, l'économie russe ne connaît pas de progrès réels concernant par exemple la protection des droits de propriété et de la propriété intellectuelle, l'indépendance du pouvoir judiciaire ou le niveau de corruption. Beaucoup d'acteurs de la société expliquent par ailleurs que c'est la corruption en premier lieu qui est au centre des problèmes et qui ralentit largement les transformations des institutions. Par exemple, Fedotov (2019) explique que la corruption a explosé dans le pays depuis la chute de l'URSS. L'indice de perception de la corruption¹¹ du

¹⁰ L'indice de développement humain ou IDH est un indice statistique composite pour évaluer le taux de développement humain des pays du monde. Jusqu'en 2010, l'IDH se fondait alors sur trois critères : le PIB par habitant, l'espérance de vie à la naissance et le niveau d'éducation des enfants de 17 ans et plus.

¹¹ L'indice de perception de la corruption est proposé par l'organisation « *Transparency International* », qui classe les pays en fonction du degré de corruption perçue dans les administrations publiques et dans la classe politique.

pays étant passé de 26 en 1996 (positionnant le pays à la 47^{ème} place) à 20 en 2008 (147^{ème} place). En outre, aujourd'hui la Russie se classe 11^{ème} sur les 15 pays que constituaient l'ex-URSS, 27^{ème} sur 31 pour les pays ayant une économie en transition (juste devant le Tadjikistan, le Turkménistan, le Cambodge et l'Ouzbékistan) et enfin au dernier rang des pays du G-20. Cette très mauvaise tendance a pour conséquence en particulier d'augmenter le problème de stratification¹² de la société en termes de revenus et d'économie souterraine, cette dernière constituant aujourd'hui 40,6% du PIB (Fedotov, 2019).

De plus, si le développement général que connaît la Russie sur la période se fait largement ressentir dans les grandes villes, celui-ci se fait beaucoup plus discret dans les régions. D'après Achermann (2015) cette économie de « rente » met le doigt sur la nécessité pour l'Etat russe de diversifier son économie afin de rééquilibrer les systèmes productifs, apporter un nouveau degré de performance et permettre une adaptation plus rapide aux crises systémiques. Pour y répondre, le gouvernement initie une politique de l'innovation par un décret présidentiel du 30 mars 2002 « sur les priorités de développement de la science, de la technologie et de la technique de la Fédération de Russie » ; et dont l'un des objectifs majeurs est de renouveler et élargir un capital-savoir dans lequel les organisations sont amenés à puiser pour évoluer.

On peut également noter que certains aspects du DD se dessinent conjointement et sont très singuliers à la Russie. Cela est dû au fait que la crise des années 1990 a laissé place à une auto-organisation comme élément essentiel de résilience et d'adaptation. D'après Crétiéneau (2007), le fait de devoir « compter sur soi-même » permet à la société russe de finalement s'approprier l'initiative privée et d'acquérir une dimension politique avec des contre-pouvoirs *via* par exemple des associations ou l'utilisation de monnaies privées, comme le troc. Cet aspect permet entre autres la démocratisation de l'accès aux sols en Russie, ce qui rend possible à une très large partie des familles russes de s'engager dans les pratiques d'agriculture urbaine.

Boukharaeva et Marloie (2010, 2011) montrent que le recours aux jardins collectifs, toujours utilisés aujourd'hui, concernait 65 % des familles à Moscou et 80% des familles en Sibérie dans les années 1990. Aujourd'hui, sur les vingt à vingt-cinq millions de parcelles,

Elle présente chaque année un indice composite (« un sondage de sondages ») faisant appel à des données sur la corruption tirées de sondages d'experts réalisés par divers organismes indépendants. L'indice reflète en premier lieu la corruption dans le secteur public et inclut les abus de pouvoirs ou encore la question des politiques menées afin de lutter contre la corruption administrative et politique. Plus l'indice est bas, plus le taux de corruption est considéré comme élevé (pour plus d'informations, voir <https://transparency-france.org/>).

¹² Processus positionnant les individus d'une société de façon hiérarchique, en strates au sein d'une organisation donnée, ce qui engendre des inégalités, notamment en termes d'accès et de répartition des ressources.

environ 85% sont localisées dans des collectifs de potagers, de jardins, de datchas (sorte de résidence secondaire à la campagne) et de constructions d'habitations individuelles. Dans la décennie 1990 les terrains cultivés permettaient de fournir près de 30 % de la valeur de la production alimentaire, et 80% pour les légumes. Cet aspect si singulier à la Russie est aujourd'hui étudié afin de répondre aux enjeux économiques, sociaux et écologiques urbains comme c'est le cas dans l'étude des Greniers d'Abondance (2020), qui s'intéresse aux opportunités offertes par l'agriculture urbaine dans la fortification des liens sociaux, la création de lieux de loisirs, la régulation du climat, l'amélioration de l'espérance de vie et la favorisation de l'éducation des enfants.

LE DEVELOPPEMENT DURABLE FACE AUX VULNERABILITES D'UNE ECONOMIE BASEE SUR LES RESSOURCES NATURELLES

En 2008, la crise financière et économique mondiale met une nouvelle fois en évidence la vulnérabilité de la Russie liée au fait que l'extraction, le traitement et l'exploitation des ressources minérales brutes sont toujours le facteur économique et politique le plus important. A cette époque il est évalué par le Ministère du développement économique qu'une variation du prix du baril de pétrole de 10 dollars entraîne une variation de la croissance du PIB russe d'environ 0,4 à 0,5% d'un point de pourcentage (PNUD, 2011). On peut néanmoins noter un point positif, c'est qu'à la différence de la crise de 1998, peu d'effets sont engendrés sur les revenus de la population, si l'on compare les données pour le pays dans son ensemble (tab.1.2). Ceci est notamment dû à la politique du gouvernement, qui pendant les années de croissance a décidé de former le fonds de stabilisation afin de gérer les excédents budgétaires commerciaux liés aux exportations de ressources naturelles et pallier les incertitudes économiques.

Tab.1.2. Comparaison des crises de 1998 et 2008 en Fédération de Russie

	Crise de 1998			Crise de 2008		
	1997	1998	1999	2008	2009	2010
Croissance du PIB	1,4%	-5,3%	6,4%	5,2%	-7,8%	4,0%
Croissance des salaires réels	4,7%	-13,3%	-22,0%	11,5%	-3,5%	5,2%
Niveau de chômage	11,8%	13,2%	13,0%	6,3%	8,4%	7,5%
Part des salaires dans le PIB	51,4%	48,0%	40,1%	47,4%	52,8%	50,4%
Solde budgétaire élargi (% du PIB)	-8,0%	-5,4%	-1,0%	4,9%	-6,3%	-3,5%

Source : D'après PNUD (2011), traduit par l'auteur

Suite à la crise de 2008, le besoin d'aller encore plus loin dans une politique de l'innovation est admis. Grâce au Décret présidentiel n°899 du 7 juillet (2011) « sur l'approbation des domaines prioritaires pour le développement de la science, de la technologie et de la technologie dans la Fédération de Russie et la liste des technologies critiques de la Fédération de Russie », on assiste à des mesures encourageantes en termes de DD. L'écologie, l'exploitation rationnelle des ressources naturelles et l'efficacité énergétique sont placés comme des secteurs clés pour la stimulation de la politique d'innovation nationale.

Parallèlement, et notamment grâce à un renforcement de la coopération et des partenariats internationaux et à l'amélioration de la législation nationale, les programmes de Responsabilité Sociétale des Entreprises (RSE) apparaissent et sont censés désigner la prise en compte par les entreprises des enjeux environnementaux, sociaux, économiques et éthiques dans leurs activités. En effet, dans leur étude, Kuznetsov et al. (2009) démontraient par exemple que parmi les dirigeants de nombreuses entreprises russes, près de 70% considéraient que la RSE était utilisée comme un slogan plutôt qu'une réelle stratégie de développement. De plus, les auteurs montraient que ces mêmes dirigeants ne voyaient pas la performance RSE comme un facteur influençant positivement l'image publique de l'entreprise.

Le contexte de crise post-soviétique ayant laissé un niveau de confiance très bas dans toutes les sphères d'activité de la société russe, cela amène les auteurs à dire que dans le contexte russe, il en résulte que les objectifs les plus importants restent la productivité des entreprises et leur habilité à fournir de vrais emplois stables et à créer de la richesse économique. La RSE serait donc à cette époque surtout utilisée par les grands groupes proches des organisations étatiques afin d'attirer des ressources financières des marchés étrangers et internationaux.

25 ANS APRES LE SOMMET DE RIO, PREMIER BILAN EN RUSSIE

Aujourd'hui, si l'on se réfère aux 17 ODD, le rapport de Sachs et al. (2019) présente un classement des pays en fonction de leurs progrès réalisés. La Russie s'y classe seulement 55^e sur les 162 pays que compte le classement avec un indice ODD global de 70,9/100. Cet indice¹³, qui pondère de manière égale les 17 ODD, 0 étant le pire résultat et 100 le meilleur, est complété

¹³ L'indice peut être interprété comme un pourcentage de réalisation dont le même panier d'indicateurs est utilisé pour tous les pays pour générer des scores et des classements comparables. Ainsi, les différences de deux ou trois places entre les pays ne peuvent pas être considérées comme « significatives », alors que des différences de dix places peuvent montrer une différence significative (Sachs et al., 2019).

par différents tableaux de bord exposant les forces et faiblesses des pays. Ainsi, il est montré par exemple que seul l'ODD n°1 est considéré comme complètement atteint en Fédération de Russie (tab.1.3).

Tab.1.3. Tableau de bord des ODD de la Fédération de Russie en 2019¹⁴

Statuts	ODD
« Objectifs atteints »	ODD n°1 : « Eradication de la pauvreté »
« Objectifs non atteints »	ODD n°4 : « Accès à une éducation de qualité »
	ODD n°6 : « Accès à l'eau salubre et à l'assainissement »
	ODD n°7 : « Energies fiables, durables et modernes, à un coût abordable »
	ODD n°11 : « Villes et communautés durables »
	ODD n°17 : « Partenariats pour la réalisation des objectifs »
« Objectifs importants à atteindre »	ODD n°2 : « Accès à la santé »
	ODD n°5 : « Egalité entre les sexes »
	ODD n°8 : « Accès à des emplois décents »
	ODD n°9 : « Bâtir une infrastructure résiliente, promouvoir une industrialisation durable qui profite à tous et encourager l'innovation »
	ODD n°12 : « Consommation et production responsables »
	ODD n°14 : « Vie aquatique »
	ODD n°15 : « Vie terrestre »
« Objectifs majeurs non atteints »	ODD n°3 : « Lutte contre la faim »
	ODD n°10 : « Réduction des inégalités »
	ODD n°13 : « Lutte contre les changements climatiques »
	ODD n°16 : « Justice et paix »

Source : Composé par l'auteur d'après Sachs et al. (2019)

Si l'on se concentre maintenant par exemple sur l'ODD n°13 « Lutte contre les changements climatiques », celui-ci est désigné comme étant un objectif majeur non atteint. Le pays est aujourd'hui le quatrième plus gros émetteur de GES après la Chine, les Etats-Unis et l'UE. Le secteur pétrolier compte encore pour 36% des recettes du budget fédéral russe et 58% des exportations russes, sans compter le fait que les autres grandes exportations du pays comme

¹⁴ Les tableaux de bord publiés dans Sachs et al. (2019) se concentrent sur les deux pires indicateurs de chaque ODD.

les métaux, les produits chimiques ou les engrais sont des industries à forte intensité énergétique carbonée. Or, les stades de développement des stratégies de décarbonisation varient considérablement, et certains de ces secteurs d'activité en sont encore qu'à leurs premiers stades de structuration des objectifs et méthodes (Makarov et Sakolova, 2017 ; Grushevenko et al., 2021).

Makarov et al. (2017) projettent ainsi via « le modèle de projection économique et d'analyse des politiques » (*Economic Projection and Policy Analysis* - EPPA¹⁵) du MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) une évaluation des répercussions économiques que pourraient procurer l'accord de Paris sur la Russie. Ils constatent ainsi que les actions liées au climat en dehors de la Russie réduisent le taux de croissance du PIB russe d'environ un demi-point de pourcentage. A cela s'ajoute que la Russie est confrontée aux risques d'obstacles sur les marchés de ses exportations de biens à forte intensité énergétique comme pour les secteurs de métallurgie ou de la pétrochimie. La Russie est également confrontée à des risques de retard dans le développement de nouvelles technologies énergétiques qui deviennent la norme dans la plupart des pays développés. Le secteur des énergies renouvelables en Russie en est un bon exemple, celles-ci ne représentant qu'environ 1% de l'énergie finale consommée.

Enfin, il est montré dans cette étude que la politique qui vise à réduire de 80% les émissions de GES dans l'Union Européenne (UE) peut conduire à une réduction de près de 75% des exportations de gaz naturel de la Russie vers l'Europe d'ici 2050 par rapport à un scénario sans politique climatique. L'UE constituant près de 40% des exportations nationales, différentes estimations montrent que le mécanisme d'ajustement carbone aux frontières de l'UE¹⁶, prévu d'être mis en activité en 2022-2023 afin de lutter plus efficacement contre l'importation des émissions de GES, pourrait causer à la Russie jusqu'à 50 milliards d'euros de pertes jusqu'en 2030 (Makarov et al., 2017 ; Meshkov, 2020).

En résumé, la nécessité de transiter vers un modèle de DD est toujours considérée comme non acquise et urgente. Le modèle russe repose toujours sur une large exportation des hydrocarbures, il continue d'épuiser le capital naturel, d'augmenter les pollutions de l'environnement, de détériorer la santé humaine, de ralentir les changements structurels nécessaires dans les institutions et de sous-évaluer les valeurs socio-économiques des

¹⁵ Ce modèle est plus largement détaillé dans la partie 1.3.3 de ce chapitre, dédiée à définir et présenter la Modélisation Intégrée (MI).

¹⁶ Le mécanisme d'ajustement carbone aux frontières devrait être calculé comme une différence entre l'empreinte carbone du produit importé et de son analogue national, multipliée par le prix du carbone (Makarov et al., 2017).

ressources et services naturels. Ce modèle qualifié même « d’anti-durable » (Bobylev et al, 2019) met donc l’accent sur le fait que c’est la sphère écologique en premier lieu qui n’est pas assez considérée, et que l’Etat doit viser maintenant un « développement durable écologique ». La recherche de nouveaux modèles économiques devenant une priorité, la prochaine partie se force à décrire l’économie circulaire afin d’en comprendre les enjeux et étudier sa possible application en Russie.

1.2. L’ECONOMIE CIRCULAIRE

Dans cette partie une analyse du concept de l’Economie Circulaire (EC) est proposée. Nous nous intéressons d’abord aux fondements de l’EC et au contexte dans lequel celle-ci s’est construite (1.2.1.), puis aux moyens utilisés pour l’application du modèle d’EC (1.2.2.) et enfin à l’actualité et aux limites du concept (1.2.3.). Ces différents développements sont utilisés pour comprendre où en est l’EC dans le Secteur Forestier (SF) (1.2.4.) et en Russie en général (1.2.5.), afin d’essayer de dégager quelles en sont les perspectives de développement dans le futur, ce qui est décrit dans les deux derniers chapitres.

1.2.1. CONTEXTE ET FONDEMENTS DE L’ECONOMIE CIRCULAIRE

ECONOMIE CIRCULAIRE ET DEVELOPPEMENT DURABLE : TRANSFORMER UNE ECONOMIE DE DECHETS EN UNE ECONOMIE DURABLE

Le modèle de l’EC fait suite au rapport de la commission Brundtland en 1987 et à un besoin de nouveaux modèles économiques et comportementaux (Husgafvel et al., 2018). Ce terme a été cependant utilisé la première fois en 1976 lors des travaux scientifiques de W.R. Stahel et G. Reday-Mulvey pour leur rapport « *Jobs for Tomorrow* », adressé à la Commission Européenne et consacré aux questions d'utilisation sur le long terme des produits et du traitement des déchets induits (Aurez et Georgeault, 2016 ; Stahel et Reday, 1981). En Europe, en 1982 est créé l’Institut de la Durée à Genève, qui reprend l’idée d’une **EC comme vecteur d’une économie de l’innovation visant un développement soutenable de nos sociétés.**

Aux Etats-Unis, c’est le courant théorique de l’écologie industrielle qui est créé dans les années 1990 à l’Académie nationale d'ingénierie et qui reprend l’idée d’une **économie sans déchets afin d’atteindre un DD** (Erkman, 2004). En 2002, c’est le principe « du berceau au berceau » (« *Cradle to cradle* ») qui est officialisé grâce aux travaux de M. Braungart et W. MacDonough. Plus récemment, sont lancés par exemple, la Fondation Ellen MacArthur en

2010 en Angleterre et, en 2013 en France, l'Institut National de l'Economie Circulaire. Ces deux organisations sont des associations caritatives visant à influencer et à accélérer la transition vers l'EC dans toutes les sphères d'activité de la société : entreprises, fédérations, collectivités, institutions, associations, ONG et universités etc. à l'échelle nationale et internationale.

S'il est encore difficile de définir ou de normaliser ce que pourrait être une véritable EC, il existe aujourd'hui plusieurs définitions qui ont pour point commun de souligner la nécessité de changer la finalité du système économique et d'esquisser des pistes de solutions possibles **en inscrivant au centre de l'analyse la question de la formation et de l'exploitation des déchets**. Cette approche permet alors de se réinterroger sur l'utilisation globale des ressources à l'intérieur d'un système : lesquelles privilégier, quelles sont leur durée de vie et leur utilité pour la chaîne de valeur d'une organisation etc. L'objectif final étant de créer de nouveaux cycles de valeur environnementale et économique pour un plus grand bien être humain. Ainsi, la Fondation Ellen MacArthur définit l'EC comme « *un cycle de développement positif continu, qui préserve et développe le capital naturel, optimise le rendement des ressources et minimise les risques systémiques par la gestion des stocks et des flux de ressources* »¹⁷ (Ellen MacArthur Foundation, 2014, p.5).

En France, pour l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME), l'EC peut être définie comme « *un système économique d'échange et de production qui, à tous les stades du cycle de vie des produits (biens et services), vise à augmenter l'efficacité de l'utilisation des ressources et à diminuer l'impact sur l'environnement tout en développant le bien être des individus* » (Geldron, 2014). Parallèlement, dans la loi française de transition énergétique pour la croissance verte (LTECV) adoptée en 2015 (LOI n°2015-992, 2015), il est stipulé que l'EC « *vise à dépasser le modèle économique linéaire consistant à extraire, fabriquer, consommer et jeter en appelant à une consommation sobre et responsable des ressources naturelles et des matières premières primaires ainsi que, par ordre de priorité, à la prévention de la production de déchets, notamment par le réemploi des produits, et, suivant la hiérarchie des modes de traitement des déchets, à une réutilisation, à un recyclage ou, à défaut, à une valorisation des déchets* » (Article 70, L. 110-1-1).

¹⁷ En anglais dans le document: « a continuous positive development cycle that preserves and enhances natural capital, optimises resource yields, and minimises system risks by managing finite stocks and renewable flow ».

On peut noter ici que le problème des déchets reste relativement récent à l'échelle de l'Histoire humaine et il se manifeste sous une forme contemporaine au début de l'ère industrielle. En effet, la pollution urbaine et la nécessité de traitement des déchets ont commencé à être analysées au début de l'ère industrielle, entre 1770 et 1860 (Le Bozec et al., 2012). Cela était dû aux problèmes d'hygiène causés par les déchets qui avaient entraîné un pourcentage élevé de mortalité et l'émergence de nouvelles maladies infectieuses. Parallèlement, l'industrialisation et l'urbanisation des pays avaient entraîné une augmentation de la production agricole. Pour améliorer la fertilité des sols, les excréments des humains et des animaux concentrés dans les villes étaient utilisés comme engrais pour les besoins agricoles.

À cette époque de croissance industrielle forte, d'autres matières premières que l'on trouvait dans les villes, telles que des chiffons pour la production de papier ou des os d'animaux pour la production de colle, étaient en situation de pénurie. Ainsi, en 1771, les États Français, puis Belge, Hollandais, Espagnol et finalement Portugais décident d'interdire l'exportation de chiffons afin de gagner de plus en plus de parts de marché (Le Bozec et al., 2012). Dans la plupart des pays développés, la gestion moderne des déchets dépend donc souvent de cette histoire, ce qui signifie que la question des déchets est en effet depuis longtemps étroitement associée – voire confondue – aux problèmes sanitaires et au nettoyage de l'environnement urbain d'une part, et à la gestion des excréments urbains d'autre part.

En effet, comme il l'est montré dans le dictionnaire étymologique de la langue russe de M. Fasmer, le terme « poubelle » (« *musor* » en russe) est associé aux mots indo-européen « *mouds* » et de grec ancien « *μύσος* » qui signifient « pollution, profanation » ; aux mots de vieil irlandais « *mosach* » et allemand « *mussig* » signifiant respectivement « vil, honteux », « impur » et « sale » (Fasmer, 1987). Dans le dictionnaire étymologique de la langue russe d'A. Preobrazhensky, le même terme est associé aux mots turcs « *busor*, *busyr*, *busi* » signifiant « vieux, vétuste » (Preobrazhensky, 1910-1914). On peut noter également que dans les deux dictionnaires les mots russes « *otkhod* » et « *otbros'* », soit « rejet » et « déchet » ne sont pas mentionnés.

1.2.2. LES MOYENS D'APPLICATION DE L'ECONOMIE CIRCULAIRE

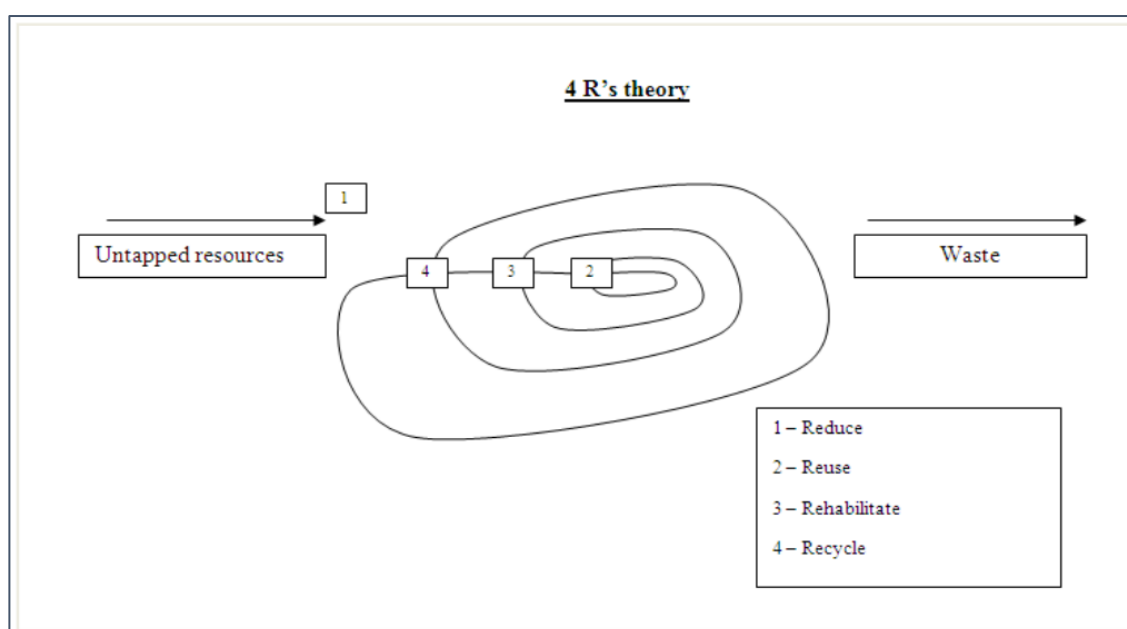
Pour transformer un système dit « linéaire » en un système « circulaire », il est crucial de pouvoir utiliser un fondement de concepts, approches, méthodes ou techniques permettant de mettre en avant un maximum de possibilités pour amorcer une telle transition. Dans ce

présent travail, cela fait référence au principe des « 4R », à la chaîne d’approvisionnement circulaire durable et à l’approche systémique.

LE PRINCIPE DES 4R

Ainsi le principe des « 4R » est souvent mis en avant, et qui signifie « Réduire – Réutiliser – Réhabiliter – Recycler » (Aurez et Georgeault, 2016 ; Kalioujny et Ermushko, 2017). La figure 1.5 montre le principe hiérarchique des 4R, qui permet la création de nouvelles boucles dans un système économique.

Fig.1.5. Les 4R : principe fondamental de l’EC



Source : Kalioujny et Ermushko (2017), p.343

Ensuite, afin d’enrichir ce principe et mieux comprendre comment créer ces nouvelles boucles économiques durables il est nécessaire de définir les outils globaux associés à l’EC et à son principe des 4R.

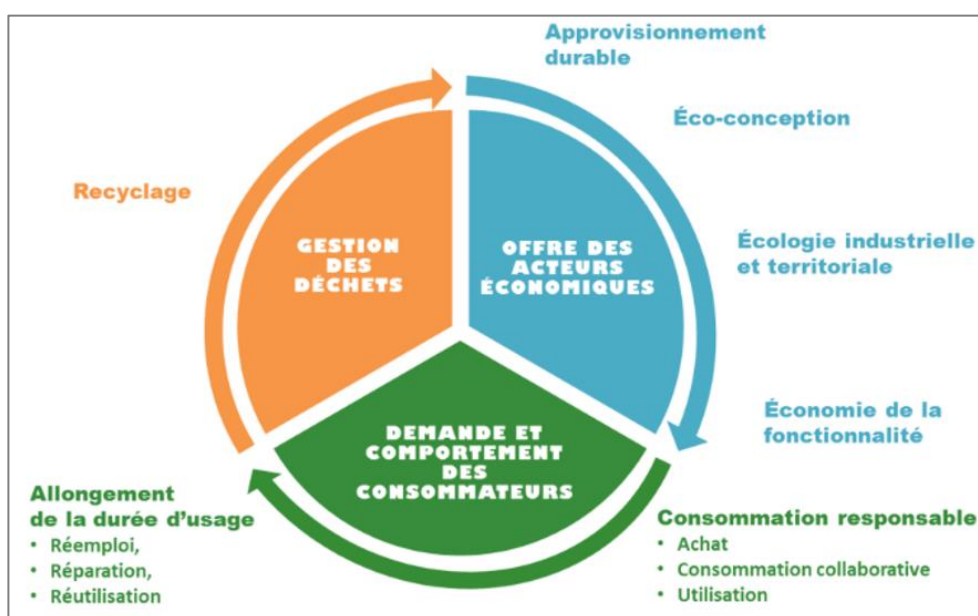
LA CHAÎNE D’APPROVISIONNEMENT CIRCULAIRE DURABLE : LES 7 PILIERS ET LES 3 DOMAINES D’ACTIVITES

Pour l’ADEME, on peut intégrer 7 « piliers » nécessaires à la formation d’une Chaîne d’Approvisionnement (Ch.App) circulaire durable et qui comprend 3 domaines d’activité : « l’offre économique », « la demande économique et le comportement des consommateurs » et « la gestion des déchets » (fig.1.6).

Pilier 1. L’approvisionnement durable.

L'approvisionnement durable concerne ainsi les pratiques d'exploitation des ressources naturelles, en limitant au maximum les déchets et les impacts sur l’environnement et les êtres humains. En complément, la consommation responsable et l’allongement de la durée d’usage conduisent les consommateurs à prendre en compte les critères de durabilité des produits et les services qu’ils utilisent, afin de maximiser leur usage notamment grâce au principe des 4R.

Fig.1.6. Piliers et domaines d’activité de l’EC



Source : Geldron (2014), p.4

Pilier 2. L’écoconception.

L’écoconception est définie par le parlement européen comme la nécessité d’intégrer les performances environnementales (consommation en énergie, en eau, nombre de déchets etc.) dans la conception des produits pour améliorer ces dernières tout au long de leur cycle de vie, c’est à dire pendant les étapes de son développement, de son lancement, de sa croissance et de son déclin (DIRECTIVE 2009/125/CE, 2009).

Pour illustrer ces 2 premiers piliers, on peut citer l’exemple de la société Interface, fabricant international de dalles de moquette, qui après avoir analysé le cycle de vie de ses produits a pris conscience de la nécessité de réduire ses déchets liés à la production de nylon. L’entreprise a réduit de 50% sa consommation de nylon grâce à l’emploi de nouveaux matériaux issus de la récupération de vieux filets de pêche. Parallèlement, l’entreprise a remplacé les rouleaux de tapis par des dalles, ce qui a permis une baisse du nombre de chutes liées à la coupe de la moquette (fig.1.7). Depuis 1996, toutes ces modifications ont abouti à une

baisse de 46 % de la consommation d'énergie, à une augmentation jusqu'à 89% d'énergie renouvelable, à une baisse de 96% de ses émissions de GES, à une baisse de 92% des déchets mis en décharge et à une baisse de 89% de sa consommation d'eau pour les sites de production (Interface, 2020).

Fig.1.7. Des dalles de moquette, un bon exemple d'écoconception par l'entreprise Interface



Source : Kalioujny (2017), p.43

Pilier 3. L'économie de la fonctionnalité.

L'économie de la fonctionnalité, apparue dès les années 80, est définie par Stahel comme un moyen d'optimiser l'utilisation (ou la fonction) de biens et services et, donc d'optimiser la gestion de la richesse existante (produits, savoirs et environnement) (Stahel, 1986). L'objectif est de créer une utilisation maximale sur un pas de temps le plus long possible et avec le minimum de ressources matérielles et énergétiques. L'idée est donc de comprendre qu'il n'est pas nécessaire de stimuler la croissance de la production pour augmenter la richesse d'une organisation ou d'un territoire mais qu'il convient de stimuler l'utilisation de la production. Cela nécessite de remettre au centre de l'analyse les notions « d'utilisation », de « co-utilisation » ou encore de « partage ».

Ainsi l'entreprise Michelin a décidé de ne plus vendre des pneus à proprement parler aux flottes de plus de 200 véhicules poids-lourds, mais de leur vendre l'utilisation de pneus pour un certain nombre de kilomètres. Un autre exemple est celui de l'entreprise Xerox, qui a décidé de vendre des solutions d'impression à la page éditée plutôt que des imprimantes. En conclusion, la gestion du capital est maximisée par les organisations. Dans le cas de Michelin, la durée de vie des pneus a été multipliée par tandis que jusqu'à 70% de ressources naturelles ont été économisées et jusqu'à 24% des émissions de CO₂ ont été réduites (Aurez et Georgeault, 2016 ; Geldron, 2014).

Pilier 4. L'écologie industrielle.

L'écologie Industrielle, ou symbiose industrielle, signifie qu'un certain nombre d'entreprises sur un territoire coopèrent dans un vaste réseau commercial, afin d'optimiser les coûts de production et de réduire les risques. S'il existe une nouvelle fois plusieurs définitions, toutes s'accordent sur trois éléments clés (Erkman, 2004) :

- 1) il s'agit d'une vision globale intégrée de toutes les composantes du système industriel et de leurs interactions avec la biosphère ;
- 2) la totalité des flux de réserves de matières et d'énergie associées aux activités humaines (substrat biophysique) est le champ d'étude de l'EI, contrairement aux approches classiques, qui considèrent principalement l'économie en unités de valeur immatérielle ;
- 3) l'évolution à long terme des pôles technologiques clés (la dynamique technologique) est un facteur décisif, mais non totalement indispensable, pour stimuler la transition d'un système industriel vers un système durable, basé sur le principe d'un fonctionnement des écosystèmes biologiques.

Ainsi, les sous-produits et les déchets de certaines entreprises peuvent être utilisés comme matières premières par d'autres. En plus des matières premières, une consommation commune de ressources (énergie, eau, information, etc.) et de services (sécurité, nettoyage, etc.) peut être organisée. Cette démarche fait référence habituellement à celle engagée dans la ville de Kalunborg au Danemark à la fin des années 1980 (Aurez et Georgeault, 2016 ; Erkman, 2004 ; Geldron, 2014). Grâce à la collaboration de 9 entreprises et avec le soutien de la municipalité, annuellement et jusqu'en dans les années 2000 :

- 10 millions de dollars de revenu annuel ont été dégagés ;
- 45 000 tonnes de pétrole, 15 000 tonnes de charbon et 600 000 m³ d'eau ont été économisés ;
- 175 000 tonnes de CO₂ et 10 200 tonnes de dioxyde de soufre ont été évitées ;
- la mise en décharge de 130 000 tonnes de cendres, 4500 tonnes de soufre, 90000 tonnes de gypse, 1440 d'azote et 600 tonnes de phosphore ont été évitées grâce à leur traitement et leur réutilisation dans des circuits des différentes usines partenaires.

Les Piliers 5-6-7 et le principe des 4R

Les piliers n°5 « Consommation responsable », n°6 « Allongement de la durée d'usage » et n°7 « Recyclage et valorisation des déchets » font directement référence au principe des 4R et à la nécessité de Réduire, Réutiliser, Réhabiliter et Recycler. Le pilier 5 inclut la nécessité pour n'importe quel acheteur, que ce soit une personne ou une organisation, publique ou privée, de prendre en compte les principes de l'EC lors de son achat et de privilégier

les produits et services les plus durables. Les piliers 6 et 7 permettent de préciser que l'allongement de la durée d'usage peut se faire par plusieurs moyens : par exemple par le don, par la revente, la réparation ou la réutilisation de pièces détachées. Concernant le recyclage, cela permet de préciser que l'on peut transformer les déchets soit en nouvelle matière, soit en énergie. On parlera ainsi de recyclage-matière et de valorisation énergétique des déchets.

Pour Ghisellini et al. (2016) et Korhonen et al. (2018), la culture de consommation, qui inclut les processus de consommation et de post-consommation, est absolument cruciale pour un changement de paradigme et aboutir à un DD. En bout de chaîne, si les consommateurs exigent des biens et services plus respectueux de l'environnement, alors ceux-ci peuvent changer tous les autres maillons de la chaîne. Pour cela, ces deux travaux parlent de la nécessité de disposer de systèmes d'information et d'étiquetage spécifiques couvrant les produits alimentaires, non alimentaires ainsi que les services, ce qui implique par exemple la création de labels et la stimulation de politiques publiques allant dans ce sens. Néanmoins, pour l'élaboration de ces outils il est nécessaire de bien comprendre les fonctions et les limites de l'EC, ce qui est développé dans la sous-partie ci-après, et de pouvoir en mesurer les actions, point développé dans le chapitre III de ce travail (« 3.2.1. Système circulaire et indicateurs »).

L'APPROCHE SYSTEMIQUE : LES ANALYSES MICRO, MESO ET MACRO

Ces 7 piliers mis en perspective *via* les trois domaines d'activité mettent en lumière que les responsabilités des acteurs de la Ch.App (entreprises, consommateurs, collectivités/gouvernement) sont étroitement liés et forment un tout. Cela rejoint le point de vue systémique souvent adopté pour les analyses d'EC (da Silva et al. 2020 ; Kirchherr et al., 2017 ; Su et al., 2013). Le point de vue systémique fait référence à trois niveaux d'analyse : micro, méso et macro.

De manière globale le niveau microéconomique fait référence à une entreprise ou à un ménage, ce qui met en évidence l'utilisation d'une technologie. Dans le cas de l'EC, cela fait référence à l'adoption de processus et/ou de technologies « plus propres » (« *cleaner production* ») afin de minimiser les externalités négatives et maximiser les externalités positives. Au niveau méso, c'est un secteur d'activité d'une entreprise que l'on fait en générale référence, afin de créer des réseaux de coopération entre des industries, par exemple *via* des parcs-industriels, et de former une ville ou une région plus durable. Enfin, au niveau macro, soit au niveau d'un « pays », cela fait référence à la création et au soutien d'actions en faveur d'une EC sur tout le territoire que constitue ce dernier : processus législatifs, projets pilotes,

applications d'instruments économiques, R&D, restructurations industrielles, indicateurs de performance, mécanismes de financement ou encore formation et éducation.

Les changements structurels qu'induit un modèle d'EC remettent au centre de l'analyse les grandes questions du DD à travers les acteurs économiques et les outils dont ces derniers disposent. L'EC est d'ailleurs souvent associée – directement ou indirectement – à d'autres concepts tels que l'économie bleue, l'économie verte ou la bioéconomie (D'Amato et al., 2019). Cela témoigne d'un foisonnement d'intérêts pour cette économie plus responsable en termes de DD, ce qui est un bon signe mais ce qui complique parfois la compréhension et les objectifs du concept.

1.2.3. ACTUALITE ET LIMITES DU CONCEPT D'ECONOMIE CIRCULAIRE

VISIBILITE DE L'ECONOMIE CIRCULAIRE

Kirchherr et al. (2017) ont réalisé une synthèse de la littérature concernant les définitions qui permettent de caractériser l'EC. Les auteurs proposent une analyse de 114 définitions de l'EC, dont une partie est tirée du travail de Ghisellini et al. (2016), une autre partie de revues à comité de lecture et, **étant donné qu'une grande partie du travail sur l'EC est aujourd'hui menée par des acteurs non universitaires**, une dernière partie d'ouvrages qui ne sont pas évalués par des pairs comme la définition proposée par la Fondation Ellen MacArthur (voir p.23). Nous reprenons ici certains de leurs résultats.

Les auteurs démontrent que le concept d'EC est très nouveau et très popularisé dans les sphères académiques et économiques avec un nombre de publications, articles et rapports, en augmentation significative ces dernières années (73% des définitions retenues ont été formulées depuis 2012). Néanmoins, les auteurs montrent également que définir le terme « économie circulaire » n'est pas systématique (77% des publications) et l'appropriation du concept d'EC par différents acteurs, personnes ou organisations, amène également à une compréhension divergente sur les objectifs du concept. Ainsi, seulement 12% des définitions du concept incluent explicitement des notions liées au DD et 13% y intègrent les trois sphères du DD. Il est montré également, que dans près de 50% des définitions la sphère économique y est encore beaucoup trop privilégiée par rapport aux sphères environnementale (37-38%) et sociale (18-20%).

Enfin, sur les 114 définitions examinées, seules trois (2,5%) incluaient toutes les notions clés liées à l'EC et au DD : principe hiérarchique sur le traitement des déchets et les 4R,

perspective systémique via les niveaux micro-méso-macro d'analyse, la qualité de l'environnement, la prospérité économique et l'équité sociale.

L'ECONOMIE DU RECYCLAGE : FREIN ET MOTEUR DE L'ECONOMIE CIRCULAIRE

L'étude de Kirchherr et al. (2017) montre que l'EC est encore trop confondue avec la question du recyclage, notamment du point de vue des praticiens : **79% des définitions sont orientées vers la promotion du recyclage au détriment des autres R, et environ 7% des définitions décrivent même le mode d'emploi de l'EC comme une simple opération de recyclage/valorisation.** Les auteurs avancent l'explication que les praticiens pourraient être peu intéressés par la promotion des autres R car cela pourrait impliquer de freiner la consommation et la croissance économique.

A propos du recyclage, Haas et al. (2015) montrent que seulement 6% des matériaux brassés dans l'économie mondiale en 2005 étaient recyclés, contribuant à fermer la boucle d'une EC. Ils précisent également que le recyclage des matériaux dépend encore directement des énergies fossiles et que les capacités technologiques sont trop faibles par rapport aux flux de déchets créés.

On peut ajouter que le recyclage seul ne peut se révéler une action durable. En effet, il existe d'abord de grandes limites physiques (Bihouix, 2014) :

- 1) celles liées à la loi de la thermodynamique, intégrant le fait qu'il existe toujours une perte de matière pendant les processus de production et donc de recyclage (fusion, cuisson, etc.).
- 2) celles liées à une utilisation dispersive des ressources naturelles, qui inclut les processus de dissémination de composants dans l'environnement liés à la consommation de certains produits comme les feux d'artifices, bombes, cosmétiques, encres, pneus etc., et qui rendent tout processus de récupération impossible.
- 3) celles liées à un effet de dégradation, ce qui signifie que l'utilisation de certains composants dans la production de biens et services rend les processus de récupération et de recyclage impurs. Ainsi, l'industrie automobile par exemple, qui tend de plus en plus à rendre les voitures moins lourdes et plus résistantes, utilisent des alliages métalliques – parfois jusqu'à 3000 métaux – et plastiques complexes, qui ne peuvent pas aujourd'hui être récupérés de manière viable écologiquement et économiquement.

Grosse (2010) démontre, quant à lui, l'impact potentiel encore insuffisant de l'économie du recyclage sur la rareté des ressources. Dans une économie à 3% de croissance par an, la demande en matériaux est multipliée par 2 tous les 20 ans environ. Dans ce contexte, et si l'on prend en compte un taux de recyclage très optimiste de 50%, cela veut dire qu'il faudrait tout

de même extraire 75% de nouvelles matières premières pour satisfaire la demande. Une croissance annuelle de 1% de l'économie multiplierait la demande par 2 tous les 70 ans, c'est pourquoi selon l'auteur, au-delà des limites de 1% de croissance économique, le recyclage ne permet pas de réduire significativement le problème lié à la rareté des ressources.

L'EC reste cependant un moyen de parvenir à un DD. Les parties suivantes s'efforcent de replacer l'analyse du modèle d'EC premièrement dans le cadre d'un secteur d'activité, la Filière-Bois (1.2.4) et deuxièmement dans le cadre d'un territoire, la Russie. (1.2.5)

1.2.4. L'ECONOMIE CIRCULAIRE DANS LE SECTEUR FORESTIER

L'analyse de la littérature effectuée a montré que sur la question des déchets-bois dans la Filière-Bois (FB), il existait d'ores et déjà beaucoup d'informations mais que celles-ci n'étaient globalement pas insérées dans le concept d'Economie Circulaire (EC), au sens holistique du terme¹⁸. Cette partie s'attache donc à présenter comment la question de déchets-bois est traitée dans la littérature et d'explorer en quoi l'EC pourrait apporter un nouveau regard sur cette question.

LA QUESTION DES DECHETS DANS LA FILIERE-BOIS

Dans la littérature russe, il est aisé de trouver des informations sur la question des déchets-bois, que ce soit pendant la période soviétique ou dans la période de la Russie moderne. Dans Korobov et Rushnov (1991) par exemple, en reprenant des recherches effectuées déjà dans les années 1980, les auteurs montrent que les « ressources de bois de mauvaise qualité » et les déchets-bois sont générés à différentes étapes du processus d'exploitation et dans les scieries. Ils montrent également que les technologies de collecte et de traitement des déchets forestiers en fonction des conditions offertes par les zones de coupe (localisation des entrepôts inférieurs, routes etc.) jouent un rôle central dans la gestion des déchets-bois. On peut également ajouter l'exemple de l'utilisation des déchets-bois dans les années 1930 à 1950 comme combustible pour le transport des grumes (Matsuk, 2016). Ces exemples sont, entre autres, partis des chapitres II et III et sont plus largement développés par la suite (cf. partie 3.1.3 « Economie circulaire et technologies »).

¹⁸ Holistique : « en épistémologie ou en sciences humaines, relatif à la doctrine qui ramène la connaissance du particulier, de l'individuel à celle de l'ensemble, du tout dans lequel il s'inscrit » (cf. Larousse, <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/holistique/40159>).

Dans la littérature internationale, il est également aisé de trouver des informations sur la question des déchets-bois.

Au sud du Brésil par exemple (da Silva et al., 2020), l'action de plusieurs entreprises de la FB permet de revaloriser plus de 90% des déchets-bois sous-forme d'énergie. Dans ce cas précis, la création de cette nouvelle boucle économique permet de réduire l'exploitation des ressources primaires pour l'approvisionnement du secteur bois-énergie et donc de baisser les coûts liés à la collecte et à l'organisation de la mise en décharge des déchets. Cela s'apparente ainsi à une application des principes d'écologie industrielle : la ressource d'entreprises – les déchets-bois – permet d'approvisionner d'autres entreprises – celles nécessaires au traitement des déchets et celles qui en utilisent la valorisation sous forme d'énergie (pilier n°4 de l'EC, voir p.52).

Dans Winans et al. (2017), on peut voir que la logique d'EI peut être même encore plus étendue dans le cas de l'industrie du bois. Les auteurs parlent ainsi de mutualiser non seulement la gestion des déchets-bois mais également de mutualiser d'autres ressources et/ou services, dans le but d'optimiser les processus de production et de créer encore plus de valeurs socio-économiques et environnementales. Les auteurs argumentent que les industries forestières et papetières, grandes consommatrices d'énergie et d'eau, doivent être considérées comme des acteurs stratégiques, afin de mettre place *in fine* des logiques de partage de réseaux de chaleurs et de cogestion de stations d'épuration des eaux, d'usines de traitements des eaux usées ou de décharges. Cet exemple rejoint donc complètement la définition de l'EI considérée comme une source de plus de « circularité ».

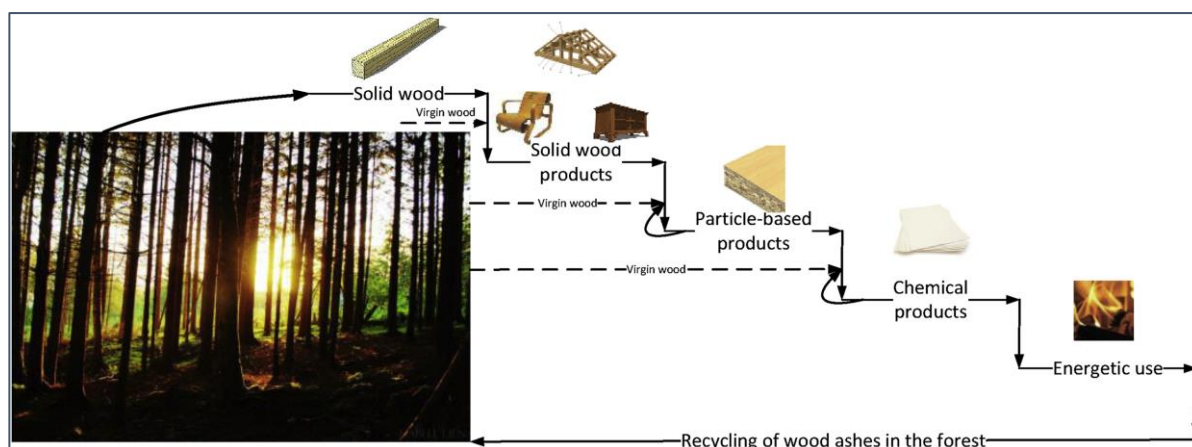
Enfin, pour le dernier exemple présenté ici, Risse et al. (2019) montrent que le développement d'une nouvelle technologie au niveau européen pour le recyclage du bois massif de construction en produits de bois lamellés est une opération viable d'un point de vue environnemental et économique. L'intérêt de leur proposition réside dans l'étendue de l'évaluation qui est faite. Ce n'est pas seulement la question de l'utilisation du bois d'un point de vue durable qui est retenue. Les auteurs intègrent aussi les principes de la « bioéconomie » et de « l'utilisation en cascade » (UC). La bioéconomie se base sur la mobilisation et la production de la biomasse (forestière, agricole et aquacole) en mettant en avant les avantages du bois en termes de durabilité grâce au phénomène de séquestration du carbone tout au long de la vie des produits-bois. L'UC a pour but d'étudier l'ensemble du cycle de vie des matériaux-bois utilisés dans un système et encourager d'abord un recyclage-matière des déchets, et ensuite une valorisation énergétique.

Il s'avère donc que l'UC, comme l'EC, met au centre de son analyse la notion de déchet. La prochaine partie est donc dédiée à mieux comprendre la différence entre ces deux principes et expliquer pourquoi l'EC paraît mieux armé pour répondre à la question des déchets-bois mais aussi à la question du DD.

L'ECONOMIE CIRCULAIRE ET L'UTILISATION EN CASCADE

Dans Risse et al. (2017, 2019), les auteurs définissent l'UC comme « l'utilisation séquentielle d'une unité de matériau dans des applications de matériaux avec la production d'énergie comme étape finale, permettant une utilisation efficace du bois »¹⁹. En ce sens, cela signifie que toutes les ressources en bois – déchets, résidus etc. – doivent être *de facto* utilisées dans un système global. Afin d'illustrer ce principe, Thonemanna et Schumannb (2018) donnent l'exemple de la production de poutres en bois massif à partir d'un tronc d'arbre pour l'industrie de la construction et du meuble (fig.1.8).

Fig.1.8. Exemple d'UC pour une poutre en bois massif



Source : Thonemanna et Schumannb (2018), p.4182

La fig.1.8 montre que les sous-produits des scieries (déchets de bois industriels) sont utilisés pour produire des panneaux à base de bois (panneaux de particules, panneaux de fibres etc.) et des produits chimiques (pâte et papier). La production de panneaux et de pâte à papier peut également être approvisionnée par des ressources-bois brutes. En bout de chaîne, tous ces produits-bois et leurs sous-produits peuvent être utilisés comme bois énergie, directement ou via un nouveau processus de production (par ex. des granulés de bois). Enfin, l'utilisation des

¹⁹ Traduit par l'auteur depuis Risse et al. (2017, p.141) et Risse et al. (2019, p.107): « the sequential use of one unit of material in material applications with energy generation as final step, is expected to enhance the resource efficiency of wood utilization ».

condres de bois après combustion comme fertiliseur pourrait permettre de clôturer la dernière boucle du cycle.

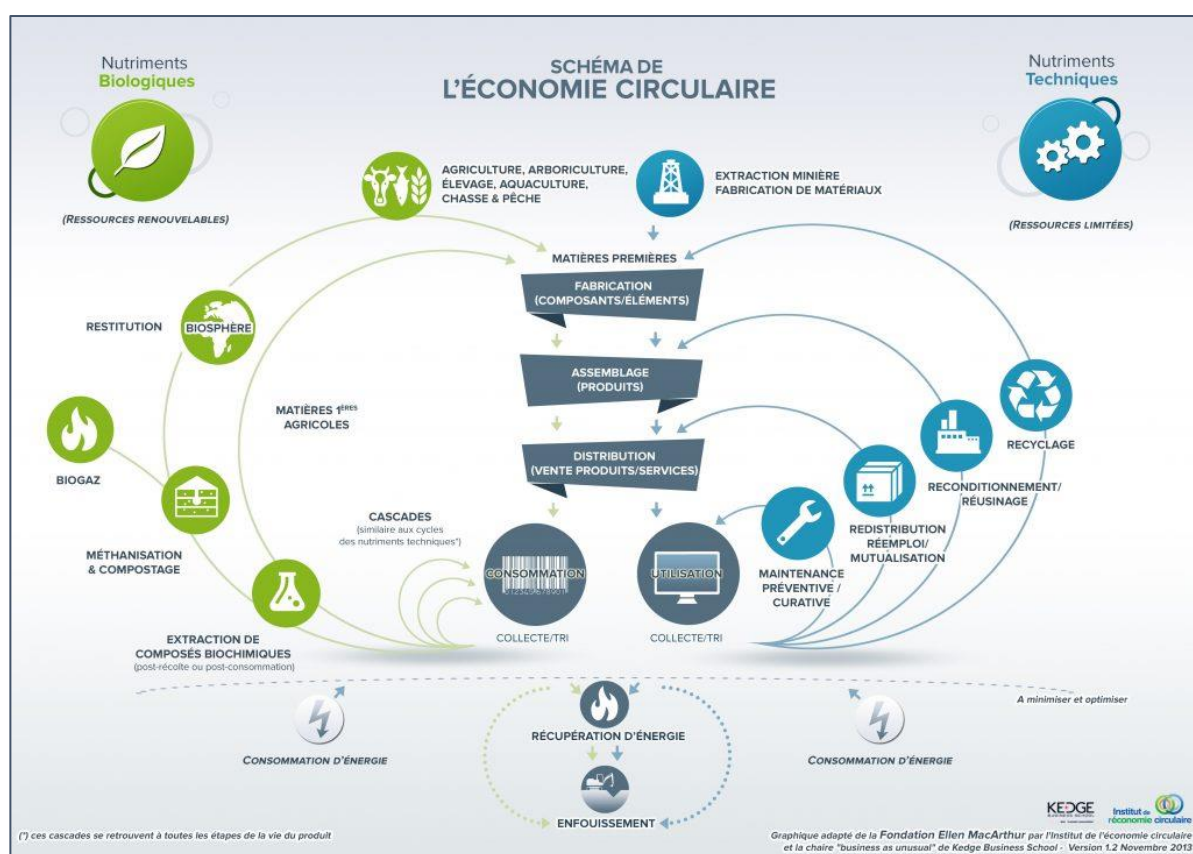
Dans leur première étude, Risse et al. (2017) utilisent une méthode basée sur l'Analyse de Cycle de Vie (ACV), c'est à dire basée sur le recensement et la quantification des flux physiques de matière et d'énergie associés aux produits-bois tout au long de leur vie, permettant d'évaluer les impacts potentiels et d'interpréter les résultats obtenus en fonction des objectifs initiaux. Les auteurs démontrent ainsi que l'UC permet une réduction considérable de la consommation de ressources-bois dans l'environnement, tout en continuant à fournir les mêmes fonctions économiques. Dans leur deuxième étude (Risse et al., 2019), les auteurs complètent leur analyse de l'UC par l'utilisation du Coût du Cycle de Vie (CCV), instrument utilisé pour calculer le coût cumulé d'un produit tout au long de son cycle de vie, c'est à dire depuis sa conception jusqu'à son démantèlement. Il en résulte que l'application conjointe de l'ACV et du CCV soutient l'identification des facteurs clés ainsi que les compromis entre les aspects environnementaux et économiques.

A travers ces deux études, on peut donc dire que l'UC est en mesure de proposer des instruments d'analyse concrets pour identifier différentes pistes pour l'utilisation du bois et un DD de son secteur. Néanmoins, les auteurs complètent leurs conclusions en précisant que les méthodes utilisées ne peuvent être efficaces par rapport aux technologies émergentes, qui pourraient changer les logiques de production et de consommation en ajoutant ou en retirant certaines cascades par exemple. Thonemann et Schumannb (2018) de leur côté précisent que les performances environnementales d'une analyse de type UC peuvent largement varier en fonction des hypothèses et référentiels choisis (par ex. en ce qui concerne l'eutrophisation ou l'appauvrissement de la couche d'ozone).

A ce stade, on peut donc se demander donc ce qui différencie l'UC de l'EC. Mair et Stern (2017) notent que l'UC, apparue dans la littérature académique dans les années 1990, paraît être un concept d'abord utilisé en ce qui concerne les secteurs d'activité liés au bois alors que l'EC engloberait tous les secteurs économiques. De plus, les analyses économiques menées par le concept d'EC, d'un point de vue des acteurs ou systémique, englobent un plus large spectre d'activités. Elles incluent ainsi beaucoup plus facilement les questions liées aux législations en vigueur ou encore les problèmes des externalités négatives (émissions de GES importées et exportées par ex.).

De plus, même si l'UC paraît être précurseur dans l'utilisation de l'ACV, le concept serait cependant plus associé **aux questions de gestion de fin de vie de ressources biologiques et de maximisation de la valeur ajoutée économique**. L'EC, quant à elle, se concentrerait plus sur une perspective holistique du problème, c'est à dire en s'intéressant à son objet dans sa globalité et donc sur l'utilisation de toutes les ressources au sein du système (fig.1.9). Ici, la fig.1.9 montre la séparation qui est faite entre, d'un côté, les ressources renouvelables et, de l'autre côté, les ressources non renouvelables (techniques), qui sont toutes les deux utilisées au sein d'un secteur économique.

Fig.1.9. Schéma de l'EC



Source : Institut national de l'économie circulaire (France) (2021)²⁰

La fig.1.9 permet de se rendre compte également que l'EC inclut tous les secteurs d'activités économiques en même temps et que les fonctions de production et de consommation sont plus largement découpées. On peut donc voir qu'un nouveau type de consommation peut entraîner de nouveaux moyens de production via par exemple de la maintenance ou de la réparation. On peut ainsi comprendre qu'une EC peut inclure une stratégie globale de

²⁰ <https://institut-economie-circulaire.fr/economie-circulaire/>

développement et des stratégies ciblées concernant différents types de ressources, dont les déchets.

Aurez et Georgeault (2016) précisent par ailleurs, que l'utilisation des analyses en cycle de vie (ACV) et du coût du cycle de vie (CCV) sont également considérées comme des instruments d'analyse de l'EC. Néanmoins les auteurs proposent tout un tas d'autres instruments dédiés à l'analyse globale d'un système circulaire : les analyses de flux de matière, l'ACV sociale (pour inclure les impacts sociaux dans les analyses), les bases de données existantes (ouvertes et fermées) ou encore les instruments législatifs comme la « Responsabilité Elargie des Producteurs » (REP), qui implique que les acteurs économiques (fabricants, distributeurs, importateurs) prennent en charge tout ou partie de la gestion des déchets issus des produits qu'ils mettent sur le marché.

Dans le cas d'une politique globale de gestion des déchets-bois, Bergeron (2014) explique que celle-ci peut se heurter en même temps à d'autres stratégies nationales comme celles de la gestion des forêts et de la conservation de leur biodiversité, à celle de la politique énergétique nationale, au plan de lutte adopté face au changement climatique, aux critères sociaux prioritaires sur un territoire donné, etc. En ce sens, l'EC, qui semble intégrer naturellement l'UC à son « prisme holistique » paraît ainsi être mieux armée pour répondre à ces défis et à celui du DD en général.

Concernant la Russie, la revue de littérature n'a permis de trouver qu'un petit nombre d'études approfondies sur les approches d'EC. Néanmoins, il a pu être décelé que certaines questions liées à l'EC, notamment en termes de déchets, sont étudiées depuis longtemps. La prochaine partie s'efforce d'en expliquer les spécificités et détails.

1.2.5. L'ECONOMIE CIRCULAIRE EN RUSSIE

Ghisellini et al. (2016) expliquent qu'en raison des différents stades de développement des pays de leurs contraintes spécifiques, ceux-ci ont plus ou moins engagé une transition vers une EC. Pour les économies post-industrielles (UE, Etats-Unis, Japon), les auteurs argumentent que celles-ci ont entamé leur transition d'abord en réponse au problème croissant des déchets, et non dans un souci de transiter vers un DD.

Suivant cette analyse, nous proposons tout d'abord d'étudier la situation en Fédération de Russie à travers le traitement de l'EC dans la science russe comparé aux sujets plus

« traditionnels » que sont « la gestion des déchets » ou « les productions sans déchets ». Ensuite, une analyse macro sur la situation des déchets en Russie est proposée afin de comprendre les enjeux de durabilité qui y sont liés.

Notre revue empirique de la littérature russe permet d'affirmer que le concept d'EC en Russie, d'un point de vue holistique n'est pas encore développé. Il apparaît *a contrario*, comme dans le cas de la FB, que le problème des déchets en général y est largement étudié.

PRINCIPES ET RESULTATS DE LA REVUE DE LA LITTERATURE

La revue de littérature a été entreprise principalement grâce aux bases de données²¹:

- « *eLibrary* » (<https://www.elibrary.ru>), « Bibliothèque électronique scientifique russe » qui correspond à la plus grosse base de données russe avec plus de 34 millions de travaux recensés (articles dans des revues, thèses, livres, rapports, communications, brevets, manuscrits) ;
- « *Digital Library : Dissertations* » (<http://diss.rsl.ru/?lang=en>), qui correspond à la base de données de la Bibliothèque Nationale russe en termes de thèses avec un très large éventail des travaux scientifiques et thèses défendus en URSS et en Russie.

L'utilisation des mots-clés « *ekonomika zamknutogo tsikla* » et « *tsirkulyarnaya ekonomika* », tous les deux utilisés pour désigner le concept d'EC, montre que dans la base « *eLibrary* » les premiers travaux remontent à 2008 avec la publication d'un travail de type « communication scientifique »²² (Blokhin, 2008). Ce travail présente un bref résumé de l'article de F. Xiaohong et al. (2006) « L'économie circulaire en Chine » dans lequel sont présentés les grands principes de l'EC, quelques éléments de bases législatives en Allemagne et au Japon et quelques grands projets chinois (parcs industriels et éco-villes) pour la formation d'une EC.

Globalement, une très grande majorité des travaux concernant l'EC dans la base de données sont des travaux de type « communication », qui ne présentent pas de résultats concrets de recherche.

Parmi les articles les plus intéressants, on pourra citer ceux de Guryeva (2019), de Ratner (2018) et de Pakhomova et al., (2017a), où une analyse approfondie de la littérature sur l'EC est proposée, analyse qui reprend les grands principes et moyens d'application présentés

²¹ Dans les bases de données non russes utilisées pour ce travail (CAIRN, SpringerLINK, OpenEdition, Science Direct) aucun travail n'a été trouvé sur le thème de l'EC appliquée au cas de la Russie.

²² Voir définition p.18.

dans ce travail (cf. partie 1.2., p.46-48). Les auteurs apportent un point de vue commun sur le fait qu'il existe des fondements méthodologiques, organisationnels et managériaux extrêmement mal développés chez les auteurs russes. Ce point est plus largement développé ci-après. Les auteurs montrent aussi qu'il existe un manque de technologies et d'équipements avancés disponibles pour un modèle de réutilisation/réhabilitation/recyclage efficace des déchets. Enfin, l'accent est mis sur la faible activité d'innovation au niveau fédéral et l'absence d'un système d'éducation et de formation qui ne permet pas de sensibiliser les consommateurs et producteurs.

Parmi les articles les plus novateurs on pourra d'abord citer celui de Pakhomova et al., (2017b), qui s'intéresse à l'élaboration d'un indice circulaire et dont les résultats seront détaillés dans le chapitre III, partie « 3.2.1. Système circulaire et indicateurs ».

Notre analyse de la littérature a, au final, révélé le manque d'études approfondies sur le sujet de l'EC, notamment appliquées au cas de la FB. **C'est pourquoi, les travaux développés dans les chapitres II et III de la thèse, basés sur les recherches de Kalioujny et Monastyrnyy (2019, 2020) et Kalioujny et al. (2020), apparaissent comme les recherches les plus complètes et les plus abouties aujourd'hui sur le sujet de l'EC appliquées d'une part à un secteur d'activité concret en Russie – la FB –, et d'une autre part à une région particulière russe – l'Oblast de Tomsk.**

Dans la seconde base de données, il apparaît qu'une seule thèse intègre à ce jour le mot-clé « économie circulaire », travail effectué par Vetrova (2018) et dont le titre est « *Fondement des décisions stratégiques et opérationnelles des entreprises dans les conditions d'une transition vers une économie circulaire* »²³. Cette thèse apparaît donc comme la seule en termes d'EC, mais également le premier travail approfondi appliqué à un secteur économique concret en Russie – l'industrie automobile. En effet, dans le troisième chapitre de sa thèse, une analyse comparative des meilleures pratiques de reconditionnement et de réutilisation de pièces automobiles (moteurs, boîtes de vitesses, pièce détachées etc.) est développée et permet de démontrer que ces pratiques peuvent apporter des avancées majeures en termes de création d'emplois, de productivité, de baisse de la consommation en matières premières et énergie.

Pour le cas de la Russie, l'auteure montre qu'il n'existe pas encore de système pleinement opérationnel pour ce type d'application, dû notamment au fait qu'il n'y a pas

²³ En russe « *Obosnovaniye strategicheskikh i operatsionnykh resheniy predpriyatiy v usloviyakh perekhoda k tsirkulyarnoy ekonomike* », traduit par l'auteur.

d'infrastructure pour la collecte et le tri des déchets, et qu'il n'y a pas assez de capacité, en termes de technologies et de savoir, pour piloter un tel système.

Cependant, l'instauration d'un modèle d'EC dans l'industrie en Russie est d'ores et déjà possible et « durablement » rentable, avec :

- une potentielle réduction de la consommation de matières premières et d'énergie de 83% et 74%, respectivement ;
- et une diminution potentielle de 30 à 40% du coût du produit final pour les clients, ainsi que la possibilité en plus pour eux de se défaire de produits issus de la contrefaçon.

Seulement, pour la mise en place d'un tel système, il serait nécessaire que le gouvernement prévoie plus de restrictions au niveau législatif quant à la mise en décharge des déchets, qui ne concernent qu'à ce jour que les batteries, et des aides ou garanties financières pour les entreprises leur permettant de créer un tel système circulaire. De cette manière, les entreprises auraient un réel intérêt financier à réutiliser/réhabiliter/recycler leurs produits et auraient également moins de réticence à penser leurs modèles économiques à long terme.

LA NOTION DE DECHET DANS LA SCIENCE Russe

Si l'on utilise les mots-clés « *upravleniye otkhodami* » (« gestion des déchets »), « *othody* » (« déchets »), « *bezotkhodnoye proizvodstvo* » (« économie sans déchets ») ou « *pererabotka othodov* » (« recyclage »), la littérature y est globalement bien plus abondante.

Le tableau 1.4 ci-dessous présente le nombre d'occurrences trouvées à travers l'utilisation de ces termes dans les deux bases de données. En effet, respectivement pour les mots-clés « en cycle-fermé », « gestion des déchets », « déchets », « économie sans déchets » et « recyclage des déchets » on trouve 4,5 – 5,6 – 111 – 3,7 et 24 fois plus de résultats que pour les occurrences relatives à l'économie circulaire.

Tab.1.4. Recherche des mots-clés liés à l'EC dans les deux bases de données russes « eLibrary » et « Digital Library : Dissertations »

	<u>eLibrary</u>	<u>Digital Library : Dissertations</u>
	Nb d'occurrences trouvées	Nb d'occurrences trouvées
« Economie circulaire »		
- « <i>Ekonomika zamknutogo tsikla</i> »	479	0
- « <i>Tsirkulyarnaya ekonomika</i> »	530	1
« Déchets »		
« <i>Zamknuty tsikl</i> » (« en cycle-fermé »)	4588	34
« <i>Upravleniye otkhodami</i> » (« gestion des déchets »)	5680	225
« <i>Otkhody</i> » (« déchets »)	112 021	1076
« <i>Bezotkhodnoye proizvodstvo</i> » (« économie sans déchets »)	3811	7
« <i>Pererabotka othodov</i> » (« recyclage des déchets »)	24 496	458

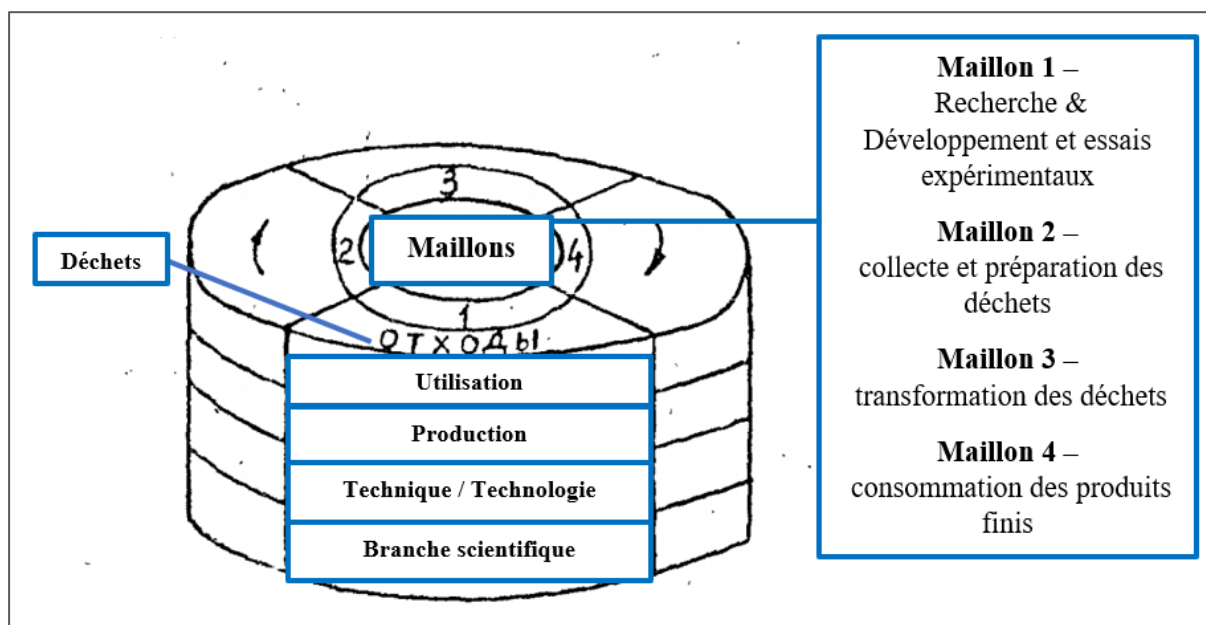
Source : composé par l'auteur, à partir des bases de données russes « eLibrary » et « Digital Library : Dissertations »

Pour les travaux de thèse²⁴, on pourra citer par exemple les travaux de Bogatyr (1992) « *Evaluation économique et organisation de l'introduction de nouvelles technologies en cycle fermé (à travers l'exemple des entreprises de génie mécanique)* »²⁵. Dans ce travail l'auteure démontre que l'introduction de technologies « en cycle fermé » au niveau d'une entreprise peut être bénéfique d'un point de vue économique mais nécessite un changement structurel important dans l'organisation de la production, notamment en termes de planification. La fig.1.10 montre ainsi que la R&D devient la base d'un modèle « circulaire ». L'auteure ajoute que les nouvelles fonctions pour les différents départements de l'entreprise ont directement des répercussions sur les canaux de communication et nécessitent encore des nouveaux outils d'évaluation économique.

²⁴ Dans cette sous-partie, nous proposons une analyse de deux thèses : Bogatyr (1992) et Evdokimova (2003). Ces deux travaux présentent un intérêt particulier car ils intègrent certains éléments d'une EC, ce qui permet de mieux comprendre pourquoi un tel concept économique est aujourd'hui nécessaire afin de faire évoluer la problématique des déchets en Russie. Concernant la FB, plusieurs travaux ont été trouvés mais n'ont pas révélés d'informations vraiment pertinentes. En effet, ceux-ci sont quasiment exclusivement tournés sur la seule composante économique des déchets-bois industriels et ne proposent pour la plupart que des indicateurs liés à un type d'entreprise particulier.

²⁵ En russe « *Ekonomicheskaya otsenka i organizatsiya vnedreniya novykh tekhnologiy zamknutogo tsikla (na primere predpriyatiy mashinostroyeniya)* », traduit par l'auteur.

Fig.1.10. Conception de la « circularité » dans Bogatyr (1992)



Source : d'après Bogatyr (1992), traduit par l'auteur

On peut noter que les technologies « en cycle fermé » sont perçues dans ce travail comme un moyen d'atteindre « un nouveau niveau de progrès scientifique et technologique » (« *dostizheniya nauchno-tekhnicheskogo progressa* ») afin de gagner en productivité et en qualité des produits finaux. On peut noter également que :

- les fonctions étatiques de régulation ou le rôle des consommateurs ne sont pas identifiés comme des facteurs influençant le processus de mise en œuvre des technologies ;
- que seul le recyclage est considéré comme « circulaire », et que ni les approches de réutilisation/réhabilitation ne sont mentionnées ;
- et enfin que le DD n'est pas vecteur d'innovation/progrès. et que ni les approches de réutilisation/réhabilitation ne sont mentionnées, ni le DD comme vecteur d'innovation/progrès.

Dans la thèse de Evdokimova (2003) « *Formation d'un cycle écologique et économique fermé : le rôle des droits de propriété* »²⁶, la conception d'un « cycle écologique et économique fermé » est mise en perspective avec la notion de déchet et dans l'optique d'atteindre un DD et un bien-être pour l'Homme. L'auteure se concentre plutôt sur les grandes fonctions, d'un point de vue institutionnel, d'un tel cycle afin d'explorer de manière plus approfondie la législation russe en matière de protection des droits de propriété sur les ressources naturelles et les déchets.

²⁶ En russe « *Formirovaniye zamknutogo ekologo-ekonomicheskogo tsikla : rol' prav sobstvennosti* », traduit par l'auteur.

Il apparaît par exemple que les droits sur la majorité des ressources naturelles ne sont pas définis ou qu'un phénomène de dualisme est présent dans la législation ; c'est à dire que les ressources naturelles peuvent être extraites des écosystèmes naturels appartenant à l'État et transformées en propriété privée (partage des avantages), alors que pour les déchets c'est l'inverse qui se produit (sans partage des avantages).

Finalement, si on prend en compte les 3 travaux de thèse, Bogatyr (1992), Evdokimova (2003) et Vetrova (2018), ainsi que la communication de Blokhin (2008), l'évolution du concept d'EC en Russie corrobore le postulat de Ghisellini et al. (2016) énoncé précédemment selon lequel la problématique des déchets est prédominante et que cette évolution est assez bien corrélée avec la chronologie de l'avancement du concept de DD en Russie (cf. partie 1.1.3). Pour autant, converger vers une EC nécessite pour la Russie d'en développer tous les principes en même temps et en accord avec une stratégie de DD. Or, aujourd'hui il n'existe pas de stratégie d'EC au niveau fédéral ou régional comme c'est le cas dans beaucoup d'autres territoires (UE, France, Allemagne, Japon, Chine). Par ailleurs la question des déchets est encore trop souvent confondue avec la seule question du recyclage et les sujets et débats liés à l'écoconception ou à l'économie de fonctionnalité sont quasiment inexistantes. Pour la Russie en tant que pays développé, l'EC doit donc être considérée comme de – nouvelles – opportunités de transiter vers une économie de l'innovation, incluant les capital naturel et humain de manière plus stratégique (Pakhomova et al., 2017a, b).

LA SITUATION EN TERMES DE DECHETS EN RUSSIE

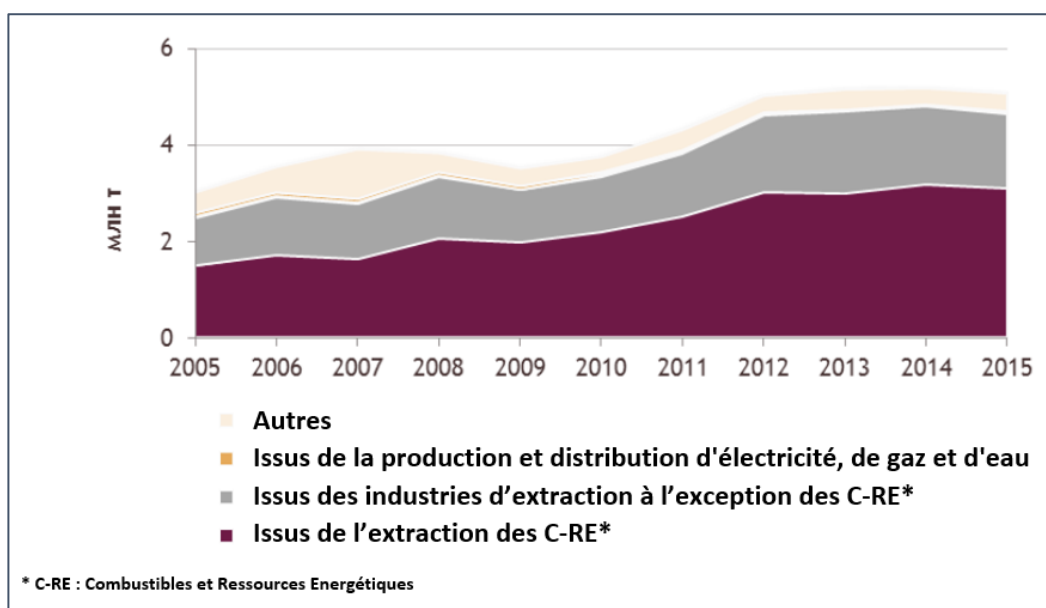
Le Conseil du Développement Stratégique et des Projets Prioritaires (« *Soviet po strategicheskomu razvitiu i prioritetnym proyektam* ») de la Fédération de Russie a annoncé en 2016 que le pays a déjà accumulé environ 100 milliards de tonnes de déchets ménagers et industriels, ce qui représente environ quatre millions d'hectares, soit la taille d'un pays comme la Suisse (Conseil du développement stratégique et des projets prioritaires, 2016). La question est d'autant plus préoccupante que la quantité de déchets augmente rapidement.

Ainsi, en 2005 le pays enregistre une production d'environ 3 milliards de tonnes de déchets et en 2015 une production d'environ 5 milliards de tonnes, soit une augmentation de près de 70% en 10 ans (Arrêté du Gouvernement de la Fédération de Russie N°84-r, 2018). De plus, 70 millions de tonnes de nouveaux déchets sont produits chaque année.

Il est enfin à noter que d'après la Chambre des comptes de la Fédération de Russie (2018), la production de déchets dans les régions russes pourrait être largement sous-estimée et les chiffres officiels jusqu'à 10 fois plus élevés.

Dans la part totale des déchets, l'extraction des minéraux en constitue à elle-seule la majeure partie avec près de 87% de la quantité totale de déchets produits (morts-terrains, roches enfermées et produits de traitement des minéraux), due notamment à l'extraction de combustibles et de ressources énergétiques avec en tête les mines de charbon (fig.1.11).

Fig.1.11. Production de déchets industriels et de consommation en Russie, par type d'activité économique, en millions de tonnes



Source : Centre analytique du gouvernement de la Fédération de Russie (2017), traduit par l'auteur

Les déchets ménagers et les déchets industriels représentent également une part importante des émissions de gaz à effet de serre (GES), soit 3% du total des émissions GES²⁷, devenant également le seul secteur d'émissions dépassant son niveau de 1990, année de référence (Ministère du développement économique de la Fédération de Russie, 2020). Les principales sources d'émissions sont les déchets ménagers (60%) et les eaux usées (40%), pour lesquelles on peut noter que seulement 13% font l'objet d'un traitement réglementaire, le reste

²⁷ Les émissions de GES liées aux déchets sont dues à leur traitement et au processus de production des biens de consommation avant qu'ils ne deviennent des déchets.

étant directement rejeté dans les plans d'eau (Centre analytique du gouvernement de la Fédération de Russie, 2017).

A titre de comparaison, la France a produit en 2017 environ 326 millions de tonnes de déchets (ADEME, 2020), soit 15 fois moins que la Russie pour une population environ 2 fois moins nombreuse et un PIB 1,5 fois plus grand²⁸. Les déchets ménagers et assimilés y représentaient environ 39 millions de tonnes, soit près de 12% de la quantité totale de déchets produite et avec une diminution globale de 2% en 10 ans. Les déchets des entreprises y représentaient 63 millions de tonnes, soit 19% de la part totale et avec une diminution de 15% en 10 ans. Les émissions liées à la gestion des déchets représentaient en 2017 3,1% des émissions nationales, celles-ci étant en baisse de 4,4% par rapport à 1990.

Enfin, les déchets de construction représentaient 224 millions de tonnes, soit environ 69% de la part totale avec une diminution de 15% en 10 ans. Sur tout le territoire, sont ainsi recyclés et remblayés 66% des déchets (+ 13 % en 10 ans), éliminés 28% des déchets (- 15% en 10 ans) et énergétiquement valorisés 6% des déchets (+ 59% en 10 ans).

Ces différents éléments confirment le constat selon lequel le problème des déchets en Russie est devenu urgent d'un point de vue environnemental et social et qu'il est nécessaire d'évoluer vers un système de gestion global et tourné sur les principes et outils de l'EC. Dans ce contexte, *via* notamment « l'Année de l'écologie » (2017), « la Réforme du traitement des déchets » (2019) et plus récemment *via* le projet « Ecologie » (2019-2024), le gouvernement tente d'attirer l'attention générale sur la problématique des déchets, et plus globalement sur les questions environnementales.

Les premiers grands chantiers entamés concernent dans un premier temps l'élimination des décharges sauvages, la création des conditions pour le recyclage de tous les déchets de production et ménagers et l'interdiction d'enfouissement des déchets. Ainsi, le gouvernement prévoit, entre autres, d'améliorer le niveau de réglementation environnementale et le contrôle de toutes les étapes de la gestion des déchets (Arrêté du Gouvernement de la Fédération de Russie N°84-r, 2018) *via* l'augmentation de la capacité totale des usines de traitement des déchets ménagers à 70 millions de tonnes par an, l'augmentation de la part des déchets ménagers recyclés à 60% en 2024 (aujourd'hui estimée à seulement 5-7%) et le développement d'outils de gestion comme la REP.

²⁸ La population française compte 67 M. d'hab. pour un PIB de 2700 Mrd. de dollars, et la population russe compte 144 M. d'hab. pour un PIB de 1700 Mrd. de dollars (Banque mondiale, Eurostat, 2021).

Au terme de ces deux parties, l'analyse des liens entre l'EC et le DD renvoie à une vision multidimensionnelle et systémique. Si l'intérêt du développement de l'EC n'est pas remis en cause, son déploiement et la manière de le faire restent encore sujet à beaucoup de questions. **Dans le cas de la filière-bois en Russie, où les études sont inexistantes**, éclairer la prise de décisions conduisant à un système durable de la gestion de la filière renvoie ainsi à élaborer une méthodologie tout à la fois suffisamment englobante en termes de DD, suffisamment juste en termes d'EC et enfin suffisamment précise en termes de choix des technologies pour toute la filière et pour la gestion des déchets.

Notre choix, dans la thèse, s'est portée sur la Méthodologie des Systèmes Souples (MSS), dont nous présentons les principes dans la troisième et dernière partie de ce chapitre.

1.3. LA METHODOLOGIE DES SYSTEMES SOUPLES

La Méthodologie des Systèmes Souples (MSS) est issue de la pensée systémique globale, très souvent mise en avant dans la littérature sur l'Economie Circulaire (EC) et le Développement Durable (DD). Selon Baumgarten et al. (2015) et Woltering et al. (2019), les approches systémiques apportent une vue multidimensionnelle des problèmes abordés, mais également des réponses sur des approches transdisciplinaire, interdisciplinaire et pluridisciplinaire²⁹ que peuvent intégrer des concepts comme le DD ou l'EC.

Ainsi le fait de pouvoir se représenter un système permet *in fine* d'attribuer des ressources, souvent non techniques, de trouver des partenaires et de changer durablement celui-ci. Une telle approche permet ainsi aux individus et aux institutions d'identifier et de comprendre quels sont les moteurs et leviers d'une mise à l'échelle réussie d'un projet. Cette partie s'attachera donc à définir l'Approche Systémique (AS) et à présenter une analyse de l'AS via le concept de « systèmes durs et systèmes souples », ce qui permettra de présenter l'outil principal utilisé dans ce travail de recherche : la Modélisation Intégrée (MI).

²⁹ La première approche met en avant l'objectif de mieux comprendre la complexité du monde moderne et du temps présent, la seconde celui d'aborder un objet d'étude selon différents points de vue et la troisième celui de mélanger des personnes ou des équipes issues de diverses disciplines scientifiques.

1.3.1. L'APPROCHE SYSTEMIQUE

LE CONCEPT DE SYSTEME

L'Approche Systémique (AS) s'est d'abord fait connaître au début des années 1950 lors de l'étude de systèmes complexes en biologie, en macroéconomie et en création de systèmes automatisés de gestion économique et organisationnelle. La théorie générale des systèmes, dont le concept a été formulé par L. Bertalanffy, semble constituer le fondement théorique de l'analyse des systèmes (Bakhvalov, 1997). **Il en résulte que la résolution d'un problème découle directement de notre capacité à définir le système dans lequel le problème est apparu.**

On peut rappeler qu'en sciences physiques ou biologiques, un « système » est une collection organisée de composants physiques interdépendants caractérisés par une unité limitée et fonctionnelle (Wang et Grant, 2019a). D'après le dictionnaire Larousse³⁰, « *un système peut être défini comme un ensemble d'éléments considérés dans leurs relations à l'intérieur d'un tout fonctionnant de manière unitaire (système nerveux, système politique)* ».

L'attribut principal d'un système est donc qu'on ne peut le comprendre qu'en le considérant dans son ensemble, c'est-à-dire avec tous les objets et interactions qui le forment. Ensuite, tout système doit avoir un but particulier : coordonner des actions et la communication entre les différentes parties du corps pour un système nerveux, ou encore organiser des modes d'action d'un État pour un système politique.

SE CONCENTRER SUR LES INTERACTIONS

Tous les objets d'un système interagissant les uns avec les autres doivent donc être considérés comme interdépendants, ce qui fait finalement de chaque système le sous-système d'un niveau supérieur (Barsukova et al., 2014). Le fait de se représenter un système de cette manière permet de mieux s'interroger sur les sous-parties et les interactions et donc de découvrir quels sont les facteurs à l'origine des différentes dynamiques et qui participent à l'amélioration ou à la dégradation du système.

Ce postulat implique par ailleurs qu'il n'est pas possible de comprendre intuitivement un système simplement en l'observant, ce qui fait référence à la notion de « système complexe » (Wang et Grant, 2019a). Etant donné qu'aucune des sous-parties ne peut avoir des effets indépendants sur l'ensemble du système, en résumé, le comportement d'un système ne peut pas

³⁰ www.larousse.fr.

être ramené à la simple addition des actions des parties et sous parties qui le composent. A titre d'exemple, l'addition de toutes les meilleures pièces disponibles pour la production d'une voiture ne peut pas garantir la production de la meilleure voiture. C'est pourquoi selon Ackoff et Derming (2012), négliger ces interactions peut aboutir à des résultats sous optimaux sans que l'on s'interroge sur les mécanismes qui en sont à l'origine.

Au niveau d'une entreprise, l'AS peut servir, par exemple, de base méthodologique pour l'analyse de sa compétitivité, considérée simultanément sous ses aspects techniques, économiques, technologiques, sociaux, organisationnels et environnementaux. Un tel système « socio-économique », pris dans un contexte holistique, peut donc intégrer par exemple :

- des perspectives philosophiques comme le fait de définir les aspirations d'un Etat en matière de lois, de justice ou de gestion des biens communs ;
- ou un ensemble de techniques quantitatives permettant de résoudre un problème donné *via* le choix de différentes technologies.

Barsukova et al. (2014) expliquent ainsi qu'en Russie, l'absence de l'utilisation de l'AS au niveau des entreprises en termes de compétitivité met en lumière le fait que l'on néglige trop souvent les activités connexes associées à la production de ces biens. En se concentrant trop sur le résultat final et les caractéristiques liées notamment à la consommation des produits et services en bout de chaîne, les entreprises négligent le processus d'analyse des contraintes systémiques futures liées aux changements institutionnels nationaux ou internationaux par exemple.

APPROCHE SYSTEMIQUE ET INFORMATIONS

S'il est possible de caractériser un système afin d'en prévoir ses dynamiques de changement, il reste néanmoins impossible d'en prédire l'avenir avec certitude. Le recours à une AS induit donc un processus de développement d'un modèle, afin d'en apprendre plus sur le système étudié.

Si le modèle en lui-même ne constitue pas toujours un objectif, une pensée systémique peut permettre de mieux filtrer les informations selon leur utilité (Wang et Grant, 2019a). En effet, pour les gestionnaires d'aujourd'hui, souvent confrontés à une inflation d'informations, l'AS peut ainsi se révéler être un atout indispensable.

L'AS peut également être un moyen de considérer la connaissance comme un savoir-faire. L'exemple des gestionnaires, donné par Ackoff (2011), illustre cet aspect. Les gestionnaires ne sont en général pas tenus de comprendre les systèmes d'information dont ils utilisent les services. Inversement, les concepteurs et opérateurs de ces systèmes ne comprennent pas toujours comment ils sont utilisés par les gestionnaires, et c'est pourquoi un grand nombre d'informations inutiles sont transmises. L'utilisation d'une AS dans cet exemple nécessite d'analyser comment les systèmes d'informations sont conçus : par qui, pour qui et dans quel but. La connaissance devient alors un moyen de convertir des informations en instructions et donc de permettre un contrôle et une gestion du système plus efficaces : soit en augmentant l'efficacité, ou la probabilité de produire le résultat souhaité pour un nombre de ressources donné, soit en réduisant la quantité de ressources pour produire le résultat avec une probabilité donnée.

Selon Zub (2016) la qualité des décisions stratégiques prises pour la gestion d'un système se vérifie à travers les informations disponibles sur celui-ci. Ces informations peuvent être caractérisées entre autres par leur degré de pertinence et par leur prise en compte de composantes théoriques et pratiques. Les décisions stratégiques en ce sens se définissent comme le moyen de réaliser un objectif bien défini et soumis à des contraintes, qui peuvent prendre la forme d'un temps donné, d'un budget, d'une dépendance environnementale, etc. Toujours selon l'auteur, l'AS dans un contexte de prise de décisions stratégiques donne la possibilité non pas de décrire tous les domaines et activités concernés par l'étude du système mais de déterminer un certain ensemble critique de facteurs universels indispensables, mais nullement suffisants, pour remplir un objectif fixé. D'après Ackoff (2011), le fait d'identifier de tels facteurs permet de réduire le nombre de variables nécessaires à la description du système, et donc permet de mieux transmettre les bonnes informations permettant de le comprendre.

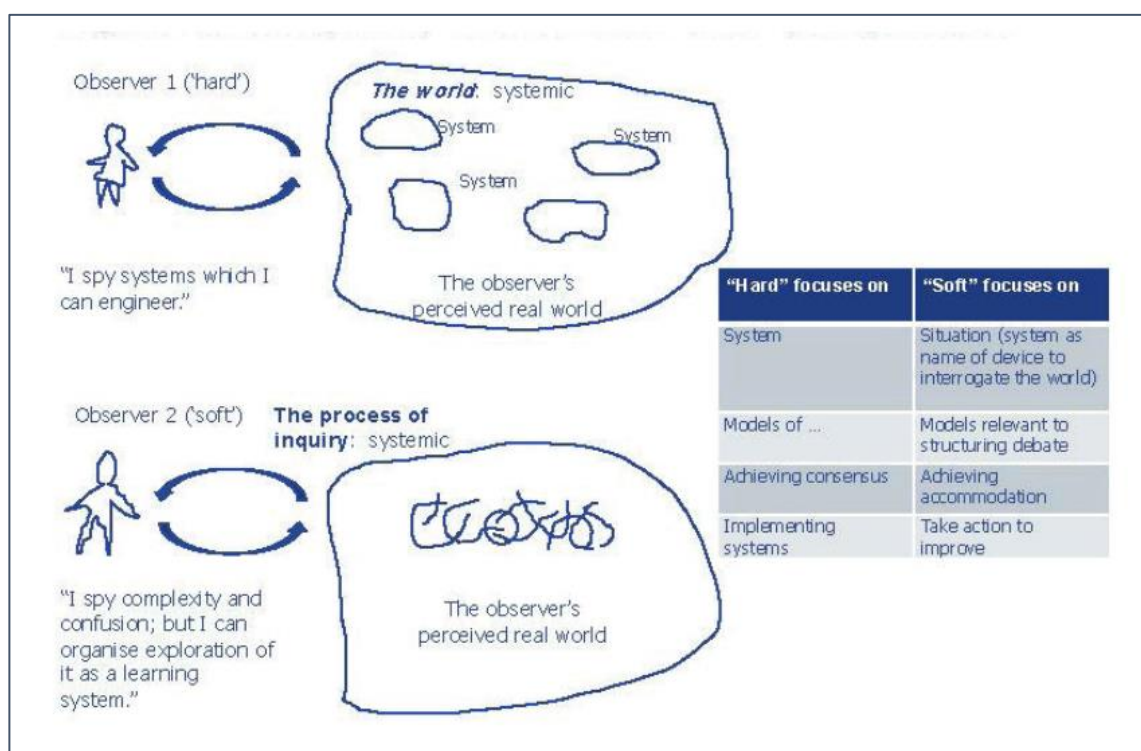
1.3.2. LES SYSTEMES SOUPLES

Les années 1970 marquent une étape importante dans l'évolution de la pensée systémique, notamment grâce à l'introduction de la méthodologie des systèmes souples (MSS, « *soft system methodology* »). Développée par les différents travaux de recherche du professeur Peter Checkland dès 1972, la structuration de la MSS prend forme grâce à un programme de

recherche de 1969 destiné à appliquer la pensée systémique aux problèmes du monde réel (Scholes, 2018 ; Wang et al., 2015).

Les travaux de Checkland démontrent rapidement que la plupart des problèmes sont considérés comme étant « durs », c'est-à-dire pour lesquels il existe une solution de résolution claire, nécessitant d'être réglés par des approches d'ingénieurs. La MSS, en opposition à ce postulat, fait référence aux **problèmes « souples »**, pouvant être qualifiés également de « désordonnés » ou de « faibles » (« messy », « wicked »).

Fig.1.12. Systèmes « durs » et « souples », différentes perspectives



Source : Scholes (2018), p.117

En référence à l'idée de système complexe, la MSS argue que le monde est compliqué et que la résolution de problèmes nécessite de cadrer, d'explorer et de chercher à en apprendre le plus possible sur celui-ci (fig.1.12). La MSS en ce sens soutient par exemple l'idée que les AS doivent être plus largement basées sur les aspects pratiques d'une question, c'est à dire sur des éléments d'analyse émanant du terrain.

DECRIRE UNE REALITE : UN MODELE EN 7 ETAPES

Au départ, compte tenu de son approche plus « pratique » et basée sur des applications d'ingénierie, la MSS a été caractérisée comme un modèle simple en 7 étapes.

- 1) apprécier la situation problématique, soit situer et analyser le problème dans le monde réel, par ex. le « système pénitentiaire britannique » ;
- 2) la décrire, par ex. *via* une analyse du cadre socio-politique du pays ;
- 3) formuler ses origines, soit expliquer la situation à travers d'autres analyses. Par ex., de nombreuses personnes considèrent les prisons comme un système de punition des criminels, d'autres comme un système de protection de la société ou comme un système de rééducation des délinquants ;
- 4) construire des représentations, en « images riches » ou modèles, afin de comparer tous les résultats obtenus ;
- 5) comparer les modèles créés avec le monde réel, soit trouver un compromis³¹ entre toutes les visions décrites ;
- 6) décrire les modifications possibles, soit identifier les actions souhaitables en fonction de leur faisabilité par rapport au contexte culturel ;
- 7) recommander des actions à entreprendre.

Ce niveau de description finalement assez simple était important surtout pour saisir et partager l'essence de ce qui avait émergé de la recherche jusqu'à ce point (Scholes, 2018). Il en a résulté que la MSS a suscité un intérêt considérable parmi les penseurs de systèmes et, une fois adopté et reproduit, s'est avérée être un moyen d'application pratique et souvent perspicace de mener des projets menant à des améliorations concrètes.

CONCEPTUALISER LES SYSTEMES, LES PARTIES PRENANTES ET LES FINALITES : LA METHODE CATWOE

A travers ces premières grandes étapes, Checkland adopta l'une des premières approches « caractérisée » de la MMS, « CATWOE », en y intégrant la description des systèmes, leurs rôles et finalités *via* :

- des « clients » (*Customer*) et des répercussions, ce qui fait référence à des parties prenantes qui pourraient bénéficier ou être lésées par les résultats de la recherche ;
- des « acteurs » (*Actors*) et leurs compétences, ce qui fait référence à des parties prenantes qui devraient participer à la prise de décision au cours de la recherche ;

³¹ Dans Scholes (2018), l'auteur parle bien de compromis (« accommodation ») et non de consensus, qui est considéré comme étant un cas particulier rare. Le dictionnaire LAROUSSE définit le compromis comme la « convention par laquelle les parties à un litige soumettent l'objet de celui-ci à un arbitrage » et le consensus comme une « procédure qui consiste à dégager un accord sans procéder à un vote formel, ce qui évite de faire apparaître les objections et les abstentions ».

- des « transformations » (*Transformation*) et l'objectif final à atteindre, ce qui fait référence à l'état actuel et indésirable du système, que les acteurs veulent voir changer ;
- une « vision du monde » (*Weltanschauung*) et la perspective générale du système, ce qui fait référence à un certain paradigme dans la façon de penser les transformations du système ;
- des « propriétaires » (*Owners*) et des responsabilités, ce qui fait référence aux acteurs qui pourraient soit soutenir, soit arrêter la recherche et/ou ses conclusions ;
- et enfin, un « environnement » (*Environment*) et des contraintes et opportunités associées, ce qui fait référence aux variables qui affectent le processus de recherche qui ne peuvent ou ne doivent pas être modifiées et dont les participants au processus de recherche ne peuvent que les gérer (Wang et al., 2015 ; Železnik et al., 2017).

Même si cette approche en 7 étapes reste utilisée encore aujourd'hui, la notion même de système souple soulève le fait qu'il existe une infinité d'approches possibles, et que la MSS n'a pas cessé d'évoluer depuis 40 ans (Scholes, 2018 ; Železnik et al., 2017).

UN PROCESSUS DE CONNAISSANCE DES SYSTEMES POUR DIFFERENTES APPLICATIONS

La MSS peut être ainsi décrite comme un processus d'enquête organisé permettant la collecte, la sélection et l'interprétation d'informations sur un système donné, afin que les chercheurs disposent d'un choix d'actions ciblées en fonction d'un objectif final à atteindre.

L'intérêt de cette approche, parce qu'elle inclut des aspects théoriques et pratiques, est de disposer d'un maximum de perspectives et d'opinions sur un système et son évolution. A travers notamment la construction de modèles conceptuels des systèmes d'activité humaine, la MSS peut permettre de structurer un dialogue possible ou d'aboutir à une compréhension commune du problème (Lane et Oliva, 1998 ; Scholes, 2018 ; Wang et Grant, 2015b).

Ainsi, la MSS peut être utilisée dans de nombreux cas. Par exemple, dans le travail de Wang et al. (2015), la MSS est utilisée afin de créer une méthode universelle d'identification des parties-prenantes dans une organisation. La MSS dans ce cas précis est utilisée comme un outil permettant de décomposer toutes les activités d'une organisation, selon des niveaux hiérarchiques et selon différents scénarios plus ou moins détaillés, et d'identifier les parties prenantes « clés » (« *key stakeholders* ») ou « plus larges » (« *wider stakeholders* »). Les résultats de recherche obtenus permettent ainsi plus largement à des décideurs de disposer d'une méthode dans le but d'équilibrer et de coordonner les intérêts de plusieurs parties prenantes, en

particulier en cas d'absence d'une partie prenante dominante, ayant des objectifs multiples et parfois totalement opposés.

Les auteurs intègrent dans leur travail l'application de cette méthode au cas de l'École des langues étrangères de l'Université du Hunan (Chine). Le problème majeur identifié étant un déficit dans l'évaluation et la gestion du niveau de recherche scientifique, ce qui pourrait avoir des conséquences dans le classement et le financement de l'école. L'application de la méthode élaborée a ainsi permis de mieux identifier les attentes, rôles et responsabilités des principales parties-prenantes internes et externes. *In fine* un nouveau système d'indicateurs clés de performance a pu être mis en place à travers la consultation de toutes les parties prenantes, niveau par niveau. Les nouveaux indicateurs, intégrant un meilleur équilibre des intérêts, ont permis de faire évoluer considérablement le niveau de motivation et de satisfaction des parties-prenantes, et ainsi un meilleur fonctionnement global de l'organisation.

1.3.3. LA MODELISATION INTEGREE

Pour donner suite aux descriptions formulées précédemment sur l'AS et la MSS, cette dernière partie propose de mener une réflexion sur un outil souvent utilisé pour les accompagner. En effet, il a été montré qu'il n'existe finalement aucune règle ou directive clairement formulées (Barsukova et al., 2014 ; Scholes, 2018). Le caractère universel de leur application donne donc la possibilité d'une approche individuelle, voire même artistique (Bakhvalov, 1997, Wang et Grant, 2019a). C'est pourquoi, la « Modélisation Intégrée » (MI) peut être considérée comme un outils commun à toutes les approches visant à s'inspirer de l'AS et de la MSS (Gumennikov et Monastyrny, 2018).

La MI repose largement sur la modélisation, qui est également utilisée comme base de recherche dans d'autres disciplines comme la recherche opérationnelle, la théorie des jeux, la théorie de la décision, la programmation mathématique, la théorie des systèmes dynamiques, etc. Ces autres disciplines sont elles-mêmes exploitées par l'AS et la MSS (Bakhvalov, 1997). En effet en sciences, la modélisation est définie comme ayant pour but une description formelle des éléments essentiels d'un problème, ce qui est en fait l'essence même de l'AS (Bakhvalov, 1997 ; Wang et Grant, 2019a). La modélisation apparaît ainsi comme un moyen très efficace pour la collecte, le tri et le traitement de données.

Le terme « intégré » (« *integrated* ») caractérise en sciences également les aspects transdisciplinaire et systémique. Ainsi, des modélisations intégrées sont utilisées comme un outil de recherche, particulièrement dans le domaine du DD. La MI avait été identifiée comme prioritaire par l'UNESCO dans les années 90 avec le lancement du projet « Modèles, méthodes et logiciels d'analyse de l'instabilité du développement mondial et régional » (Baumgarten et al., 2015).

Plus précisément, la MI vise à mieux définir, quantifier, visualiser ou simuler un système donné, ce qui permet de mieux le comprendre. La clarification ou la reproduction de certaines propriétés d'objets et de systèmes réels peuvent prendre des formes diverses telles que conceptuelles, opérationnelles, mathématiques ou graphiques. La modélisation peut prendre l'aspect d'une image, d'un plan, d'une carte, d'un ensemble d'équations, d'algorithmes ou de programmes. Elle peut également s'exprimer sous la forme verbale à travers des mots. Néanmoins, la forme verbale est souvent contestée car jugée trop ambiguë par les modélisateurs (Wang et Grant, 2019a ; Frigg et Hartmann, 2009).

S'il n'est pas toujours facile de pouvoir classer les différents types de modélisation, il est possible de distinguer en sciences naturelles et techniques (Bakhvalov, 1997) :

- des modélisations conceptuelles, dans lesquelles la totalité des faits ou idées déjà connus concernant les objets ou les systèmes d'étude est interprétée ;
- des modélisations en physique, dans lesquelles sont représentés de manière simplifiée les phénomènes physiques, ce qui permet de mieux les analyser, expliquer et d'en prédire certains aspects ;
- des modélisations structurelles-fonctionnelles, dans lesquelles les modèles sont des diagrammes, des graphiques, des dessins, des tableaux ou des figures complétées par des règles spéciales de combinaison afin de les unir et de les transformer ;
- des modélisations mathématiques, dans lesquelles la construction du modèle est effectuée au moyen des mathématiques et de la logique ;
- des modélisations par simulation, informatiques ou non, dans lesquelles les modèles mathématiques des objets étudiés sont exprimés grâce à l'identification des entités logiques et de leurs interdépendances.

La notion de modélisation « intégrée » implique ainsi l'idée d'utiliser plusieurs types de modélisation simultanément et en combinaison, afin de parer aux nombreuses complications

liées par exemple à la quantité – trop grande ou trop petite – des données, à leur qualité, au problème de reproductibilité des phénomènes, à l'organisation de la recherche etc. De ce fait, la MI doit permettre de refléter pleinement et de manière précise les processus étudiés, et de réduire la probabilité d'erreurs possibles dans une analyse (Frigg et Hartmann, 2009 ; Kalioujny et Monastyrnyy, 2020).

LA MODELISATION INTEGREE APPLIQUEE AU CAS DU DEVELOPPEMENT DURABLE EN RUSSIE

La MI, aussi appelée « modélisation d'évaluation intégrée », a permis de créer des outils rendant possible l'utilisation de méthodes de modélisation dans le but d'étudier la durabilité du développement, et dans le but d'analyser de manière systémique les voies et moyens possibles pour parvenir à la stabilité socio-économique aux niveaux mondial et régional. Le terme « évaluation » induit également le fait que très souvent des modèles numériques sont utilisés pour quantifier et évaluer des scénarios futurs possibles ou des analyses coûts-avantages, ce qui en fait un outil aujourd'hui très populaire en matière d'aide à la décision (Ambrosi et Courtois, 2004).

C'est le cas par exemple dans le travail de Makarov et al. (2017) (présenté dans la partie 1.1.3 « Le développement durable en Russie », p.39) qui utilise le modèle EEPA du MIT pour évaluer les possibles répercussions économiques que pourraient procurer l'Accord de Paris sur la Russie. A travers 2 composantes centrales et 3 scénarios construits (tab.1.5), les auteurs peuvent apporter de nouvelles informations et recommandations.

La MI permet ainsi de disposer de plusieurs types d'informations, comme les impacts de différentes politiques sur les émissions de GES de la Russie, sur la croissance du PIB réel du pays, sur ses exportations d'énergie, en termes de charbon et de gaz naturel, ou encore sur les évolutions plausibles des productions sectorielles nationales.

Par suite des résultats obtenus, les auteurs soutiennent en conclusion que la redistribution des revenus du secteur énergétique au développement du capital humain et à la diversification de l'économie permettrait d'éviter les pires résultats possibles, et même une augmentation du PIB de l'ordre de 1 à 4%. Les auteurs préconisent également que cette stratégie devrait être beaucoup plus large que la simple planification d'un développement bas-carbone, et devra intégrer 3 risques structurels majeurs : la réduction des exportations d'énergie, les obstacles supplémentaires sur le marché pour les exportateurs russes de biens à forte intensité énergétique et la part (trop importante) des technologies énergétiques obsolètes.

Tab.1.5. Composantes et scénarios de la méthode d'évaluation intégrée

2 Composantes		
I) Informations de base sur les matrices de comptabilité sociale et sur la structure entrées-sorties pour les économies régionales dans le monde ;		
II) Données sur les émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques.		
3 Scénarios		
1) Scénario « de référence » Suppose la poursuite des politiques actuelles en matière d'énergie et de climat (ne sont pas inclus les engagements d'atténuation pris par les pays dans leurs soumissions pour l'Accord de Paris).,	2) Scénario « Paris Forever » Suppose que les engagements de Paris sont tenus et conservés pour la période post-2030.	3) Scénario « Paris 2°C » Intègre 2 versions et où les efforts d'atténuation sont augmentés après 2030 pour être sur une trajectoire de stabilisation à 2°C : a) la Russie n'impose aucune réduction des émissions ; b) la Russie s'engage à ne pas augmenter ses émissions à plus de 60% par rapport aux niveaux de 1990.

Source : composé par l'auteur d'après Makarov et al. (2017)

CONCLUSION DU CHAPITRE I

Ce chapitre I a donc permis d'introduire l'objet de notre recherche, soit les processus et phénomènes qui génèrent le sujet de recherche étudié : les déchets-bois dans la « Filière-Bois » (FB) de l'Oblast de Tomsk.

Ces processus et phénomènes ont été ainsi intégrés aux grands concepts que sont le Développement Durable (DD) et l'Economie Circulaire (EC), et qui s'avèrent être pertinents car permettant d'insérer une vue multidimensionnelle de la problématique des déchets au travers de l'objet de recherche, à savoir :

- des 3 sphères du DD – écologique, sociale, économique ;
- un secteur d'activité, la FB ;
- et un territoire, la Fédération de Russie.

Cette analyse multidimensionnelle permet d'arriver à deux résultats majeurs :

- 1) le premier, en termes d'EC, qui permet de dire que la **problématique des déchets est loin d'être un sujet nouveau, ni dans la FB, ni en Russie**. Cependant, **l'analyse d'EC comme moyen de parvenir à un DD**, en plaçant la notion de déchet au centre de l'analyse économique et englobant tous les niveaux de généralisation (micro, méso, macro), **est un sujet nouveau, et dans la FB et surtout en Russie ;**
- 2) le second, en termes de DD, qui permet de dire qu'il est encore **très compliqué, voire impossible, de trouver des modèles véritablement durables**, c'est-à-dire englobant les 3 sphères de manière unifiée et proportionnelle. On peut également dire, notamment à travers le cas russe, que c'est **la sphère économique qui est largement privilégiée** pour le développement humain.

En effet, dans le cas de la Russie, on peut comprendre que le DD est bien considéré comme un moyen de transiter vers une économie de l'innovation, dont le but est de s'émanciper de l'exportation des ressources naturelles et de diversifier l'économie, en réintégrant notamment le capital humain et naturel au centre de l'économie. **On peut ainsi se demander si l'objectif d'une EC n'est pas finalement ici de remettre d'abord au centre de la question de durabilité les fonctions environnementales dans l'économie, au service de l'Homme.**

Enfin, ce premier chapitre a permis d'introduire la méthodologie retenue pour la suite de ce travail de recherche : la Méthodologie des Systèmes Souples (MSS) *via* son outil

principal de réalisation la « Modélisation Intégrée » (MI). La MSS se caractérise par sa propension à détailler et à structurer des problèmes complexes, soit des questions qu'il n'est pas possible de comprendre intuitivement, seulement en les observant. Ainsi, à travers une MI, soit la création de plusieurs modèles (graphiques, physiques, informatiques etc.) permettant de mettre en lumière les interactions des parties et sous-parties d'un système, il devient possible d'intégrer un maximum d'aspects théoriques et pratiques d'un problème et d'en « négocier » une compréhension commune et un plan de résolution.

Cette méthodologie permet ainsi de passer aux chapitres II et III dédiés donc à une MI de l'analyse de la Filière-Bois (FB) de l'Oblast de Tomsk en tant que système socio-économique et environnemental.

BIBLIOGRAPHIE DU CHAPITRE I

1. Achermann G. La politique de l'innovation en Russie ou l'impératif de réformes dans une économie de rente, quelques pistes de réflexion. *Marché et organisations*, n°22, 2015/1. P.15-34.
2. Ackoff R.L., Deming E. Systems Theory for Managers and Educators (stenographic report of a discussion). *Problems of Governance*, n°6, Tom 4, 2012. P.6-30. (en russe).
3. Ackoff R.L. From Data to Wisdom. *Problems of Governance*, n°4, Tom 2, 2011. P.82-92 (en russe)³².
4. ADEME. Déchets chiffres-clés. Édition 2020. 80 p.
5. Ambrosi P., Courtois P. Impacts du changement climatique et modélisation intégrée, la part de l'arbitraire. *Natures Sciences Sociétés*, Vol.12, n°4, 2004. P.375-386.
6. Andreassen N. Arctic energy development in Russia – How “sustainability” can fit? *Energy Research & Social Science*, Vol.16, 2016, P.78-88.
7. Angelstama P., Elbakidze M., Axelsson R., Khoroshev A., BasPedroli, Tysiachniouk M., Zabubenin E. Model forests in Russia as landscape approach: Demonstration projects or initiatives for learning towards sustainable forest management? *Forest Policy and Economics*. Vol.101, 2019, P.96-110.
8. Arrêté du Gouvernement de la Fédération de Russie du 25 janvier 2018 N°84-r « sur l'approbation de la stratégie de développement de l'industrie pour le traitement, l'utilisation et l'élimination des déchets de production et de consommation pour la période allant jusqu'à 2030 ». (en russe).
9. Aurez V., Georgeault L. Economie circulaire : système économique et finitude des ressources. De Boeck Supérieur, 2016.
10. Bakhvalov L. La modélisation informatique : un long chemin vers des sommets brillants ? *Computerra*, n°40, 1997. (en russe).
11. Bartalev S.A., Ershov D.V., Isaev A.S., Lupyan E.A. The Main Problems and Perspectives of Developing a System of Global Satellite Monitoring of Forests. *Russian Journal of Forest Science*, n°6, 2011. P.3-15. (en russe).
12. Barsukova T.A., Belyaev Y.K., Bozhko L.M. et al. Le modèle moderne d'entreprise efficace: monographie. TsRNS (sous la direction de S.S. Chernov), Livre 12, Novossibirsk, 2014. 284 p. (en russe).
13. Baumgarten M.I., Galanina T.V., Grigoryants K.S. et al. Stabilité et compétitivité des systèmes socio-économiques : monographie. IST Consulting (sous la direction de V.V. Kolmakov), 2015. 172 p. (en russe).
14. Bergeron F.C. Assessment of the coherence of the Swiss waste wood management. *Resources, Conservation and Recycling*, Vol.91, 2014. P.62-70.
15. Bihouix P. L'Âge des low tech. Vers une civilisation techniquement soutenable. Editions Seuil, 2014. p.
16. Blohin L. Sciences sociales et humaines. Littérature domestique et étrangère. Série 9 : Etudes orientales et africanistes, n°1, 2008. P.113-115. (en russe).
17. Bobylev S.N., Kiryushin P.A., Kudryavtsev O.V. Economie verte et objectifs de développement durable pour la Russie : une monographie collective. Ed. - M.: Faculté

³² Pour les références bibliographiques russes, si le titre en anglais n'était pas indiqué celui-ci a été traduit systématiquement du russe en français. Dans la bibliographie générale (p.209), où toutes les sources russes ont été regroupées, les titres en russe ont été rajoutés.

- des sciences économiques de L'université d'État Lomonossov de Moscou, 2019. 284 p. (en russe).
18. Bobylev S.N., Zakharov V.M. Modernisation et développement durable. M. : « Économie », 2011. (en russe).
 19. Bogatyr M.A. Évaluation économique et organisation de l'introduction des technologies en boucle fermée (à travers l'exemple d'entreprises de machinerie). Académie des sciences d'Ukraine, Institut d'économie de l'industrie. Donetsk, 1992. (en russe).
 20. Boukharaeva L., Marloie M. L'apport du jardinage urbain de Russie à la théorisation de l'agriculture urbaine. Vertigo – La revue électronique en sciences de l'environnement, Vol.10, n°2, 2010.
 21. Boukharaeva L., Marloie M. Des sols agricoles au service de la résilience urbaine : réflexions à partir du cas de la Russie. Espaces et sociétés, n°147, 2011/4. P.135 à 153.
 22. Centre analytique du gouvernement de la Fédération de Russie. Priorités environnementales pour la Russie. Rapport sur le développement humain de la Fédération de Russie. Moscou, 2017. 292 p. (en russe).
 23. Chambre des comptes de la Fédération de Russie. Bulletin n°7 (247). Moscou, 2018. (en russe).
 24. Conseil du développement stratégique et des projets prioritaires. Moscou (rapport écrit sur la réunion du 25 novembre), 2016 // <http://kremlin.ru/events/councils/by-council/1029/53333>. (en russe).
 25. Crétiéneau A-M. L'adaptation institutionnelle de la Russie postsoviétique : entre faits et théories. Innovations, n°26, 2007/2. P.11-27.
 26. Curtis P.G., Slay C.M., Harris N.L., Tyukavina A., Hansen M.C. Classifying drivers of global forest loss. Science, Vol.361, n° 6407, 2018. P.1108-1111.
 27. D'Amato D., Korhonen J., Toppinen A. Circular, Green, and Bio Economy: How Do Companies in Land-Use Intensive Sectors Align with Sustainability Concepts? Ecological Economics, Vol.158, 2019. P.116-133.
 28. Da Silva F.A., Simioni F.J., Hoff D.N. Diagnosis of circular economy in the forest sector in southern Brazil. Science of The Total Environment, Vol.706, 2020.
 29. Décret du Président de la Fédération de Russie « sur la stratégie de l'État de la Fédération de Russie pour la protection de l'environnement et le développement durable », daté du 04.02.1994, n°236. (en russe).
 30. Décret du président de la Fédération de Russie « sur l'approbation des domaines prioritaires pour le développement de la science, de la technologie et de la technologie dans la Fédération de Russie et la liste des technologies critiques de la Fédération de Russie », daté 07.07.2011, n°899. (en russe).
 31. Décret du Président de la Fédération de Russie « sur le concept de transition vers le développement durable », daté du 01.04.1996, n°440. (en russe).
 32. DIRECTIVE 2009/125/CE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 21 octobre 2009 établissant un cadre pour la fixation d'exigences en matière d'écoconception applicables aux produits liés à l'énergie.
 33. Ellen MacArthur Foundation. Towards the circular economy. Economic and business rationale for an accelerated transition. Accelerating the Scale-up across Global Supply Chains, Vol.3, 2014.
 34. Erkman S. Vers une écologie industrielle. Comment mettre en pratique le développement durable dans une société hyper-industrielle. Editions Charles Léopold Mayer, Paris. 2004.

35. Evdokimova E.A. La formation d'un cycle écologique et économique fermé : le rôle des droits de propriété. Université d'État de Saint-Petersbourg. Saint-Petersbourg, 2003. (en russe).
36. Fasmer M. Dictionnaire étymologique de la langue russe. Traduction de l'allemand et ajouts par le membre correspondant de l'Académie des sciences de l'URSS O.N. Trubachev. Edité et préface par le Prof. B.A. Larin. Deuxième édition, Vol.2, n°3. Progress, Moscou, 1987. (en russe).
37. Fédération de Russie. Examen national volontaire de la mise en œuvre du Programme de développement durable à l'horizon 2030. Moscou, 2020. 240 p. (en russe).
38. Fedotov Y. The level of corruption in Russia in comparison with foreign countries. Shadow Economy, Vol.3, n°1, 2019. P.17-32. (en russe).
39. Frewer T. What exactly do REDD+ projects produce? A materialist analysis of carbon offset production from a REDD+ project in Cambodia. Political Geography, 91, 2021. 11 p.
40. Frigg R., Hartmann S. Models in Science. The Stanford Encyclopedia of Philosophy, Summer 2009 Edition (first published in 2006). // Disponible à <https://plato.stanford.edu/entries/models-science/>.
41. Garzuglia M. 1948-2018 Seventy years of FAO's Global Forest Resources Assessment. Historical overview and future prospects. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, 2018. 71 p.
42. Geldron A. Economie circulaire : notions. ADEME, Angers, 2014. 10 p.
43. Ghisellini P., Cialani C., Ulgiati S. A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. Journal of Cleaner Production, Vol.114, 2016. P.11-32.
44. Gordienko M. Carbon payment in the system of non-tax payments of the Russian Federation. Finances, Siberian Financial School Journal, n°1 (137), 2020. P.41-47. (en russe).
45. Grosse F. Is recycling « part of the solution »? The role of recycling in an expanding society and a world of finite resources. S.A.P.I.EN.S., n°3 (1), 2010. P.3-74.
46. Grushevenko E., Kapitonov S., Melnikov Y., Perdureau A., Sheveleva N., Siginevich D. Decarbonization of Oil & Gas: International experience and Russian Priorities. Skolkovo Moscow School of Management. Edited by T. Mitrova and I. Gayda, 2021. 142 p.
47. Gumennikov I.V., Monastyrny E.A. Complex modeling socio-economic processes and systems. Soft system analysis. Information technologies in science, management, social sphere and medicine: collection of scientific papers of the V International scientific conference. Tomsk Polytechnic University (Tom 2), 2018. P.437-443. (en russe).
48. Guryeva M.A. (2019) Circular economy as an innovative development model of socio-economic space. Russian Journal of Innovation Economics, 9 (4), P.1295-1316. (en russe).
49. Haas W., Krausmann F., Wiedenhofer D., Heinz M. How Circular is the Global Economy? An Assessment of Material Flows, Waste Production, and Recycling in the European Union and the World in 2005. Journal of Industrial Ecology, Vol.19, n°5, 2015. P.765-777.
50. Hák T., Janoušková S., Moldan B., Dahl A.L. Closing the sustainability gap: 30 years after "Our Common Future", society lacks meaningful stories and relevant indicators to

- make the right decisions and build public support. *Ecological Indicators*, Vol.87, 2018, P.193-195.
51. Hedlund - de Witt A. Rethinking Sustainable Development: Considering How Different Worldviews Envision “Development” and “Quality of Life”. *Sustainability*, 2014, Vol.6, n°11, P.1-19.
 52. Husgafvel R., Linkosalmi L., Hughes M., Kanerva J., Dahl O. Forest sector circular economy development in Finland: A regional study on sustainability driven competitive advantage and an assessment of the potential for cascading recovered solid wood. *Journal of Cleaner Production*, Vol.181, 2018. P.483-497.
 53. Interface. Our Sustainability Journey – Mission Zero. 29 p. URL: http://www.interface.com/US/en-US/campaign/climate-take-back/Sustainability-Progress-en_US (accessed 9 April 2020).
 54. Institut national de la statistique et des études économiques (INSEE). Indicateurs pour le suivi national des objectifs de développement durable, 17 objectifs de développement durable. Paru le 19/12/2019, // <https://www.insee.fr/fr/statistiques/2658599?sommaire=2654964>
 55. Kalioujny B. Formation d'un modèle d'économie circulaire comme base de la stratégie de développement durable du groupe SIBUR. Tomsk Polytechnic University (Mémoire de maîtrise), 2017. 163 p. (en russe).
 56. Kalioujny B. L'économie circulaire comme moyen d'atteindre les objectifs de développement durable. Tomsk Polytechnic University (Mémoire de licence), 2015. 124 p. (en russe).
 57. Kalioujny B., Monastyrny E.A. Analysis of development problems in the timber industry complex within the formation of circular economy on the example of the Tomsk Region. *Innovations*, n°3, 2019. P.86-93 (en russe).
 58. Kalioujny B., Monastyrny E.A. Integrated modeling of forest industries in the paradigm of sustainable development and the formation of circular economy. *Innovations*, n°3, 2020. P.85-94. (en russe).
 59. Kalioujny B., Monastyrny E.A., Kudrin V.Y. Choice of technologies for wood waste realization within the formation and the development of circular economy in the wood cluster. *Innovations*, n°5, 2020. (en russe).
 60. Kalioujny B., Ermushko J. Could RRI approach play key role in establishment of circular economy? *The European Proceedings of Social & Behavioural Sciences (EpSBS)*, Vol.26, 2017. P.341-348.
 61. Kirchherr J., Reike D., Hekkert M. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, Vol.127, 2017. P.221-232.
 62. Korhonen J., Honkasalo A., Seppälä J. Circular Economy: The Concept and its Limitations. *Ecological Economics*, Vol.143, 2018. P.37-46.
 63. Korobov V., Rushnov N. Transformation de matières premières de faible qualité (problèmes des technologies sans déchets). *Ecologie*, 1991. 288 p. (en russe).
 64. Kuznetsov A., Kuznetsova O., Warren R. CSR and the legitimacy of business in transition economies: The case of Russia. *Scandinavian Journal of Management* ? n°25, 2009. P.37-45.
 65. Lane D.C., Oliva R. The greater whole: Towards a synthesis of system dynamics and soft systems methodology. *European Journal of Operational Research*, n°107, 1998. P.214-235.

66. Le Bozec A., Barles S., Buclet N., Keck G. Que faire des déchets ménagers ? Editions Quae, Versailles, 2012. 229 p.
67. Lenglet J., Cauria S. Territorialisation et écologisation dans la filière forêt-bois française : une rencontre fortuite ? Développement durable et territoires [En ligne], Vol.11, n°1, 2020. 23 p.
68. Les Greniers d'Abondance. Vers la résilience alimentaire. Faire face aux menaces globales à l'échelle des territoires. Première édition, 2020, 175 p.
69. LOI n°2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte, NOR: DEVX1413992L (version consolidée au 02 avril 2020).
70. Lindner M., Suominen T., Palosuo T., Garcia-Gonzalo J., Verweij P., Zudin S., Päivinen R. ToSIA—A tool for sustainability impact assessment of forest-wood-chains. Ecological Modelling, Vol.221, n°18, 2010, P.2197-2205.
71. Makarov I., Henry Chen Y.H., Paltsev S. Finding itself in the post-paris world: Russia in the new global energy landscape. MIT Joint Program Report 324, 2017. 16 p.
72. Makarov I.A., Sokolova A.K. Carbon emissions embodied in Russia's trade: implications for climate policy. Review of European and Russian Affairs. 2017. Vol.11, n°2. P.1-21.
73. Mair C., Stern T. Cascading Utilization of Wood: a Matter of Circular Economy? Current Forestry Reports, n°3, 2017. P.281–295
74. Martel S., Casset L., Gleizes O. Forêts et carbone : comprendre, agir, valoriser. Institut pour le développement forestier, 2015.
75. Matsuk A. Gas producer automobiles in the Komi ASSR in the 1940s-1950s. Studies in the History of Science and Technology, Vol.37, Issue 4, 2016. P. 736-750. (en russe).
76. Meadows Do., Meadows De., Randers J. Les limites à la croissance (dans un monde fini). Rue de l'échiquier, 2012. 205 p.
77. Mebratu D. Sustainability and sustainable development: Historical and conceptual review. Environmental Impact Assessment Review, Vol.18, n°6, 1998.P.493-520.
78. Meshkov I.A. European Oil & Gas and Energy MNCs in Russia: Innovation Factor. Outlines of Global Transformations: Politics, Economics, Law, Vol.13, n°6, 2020. P.84-102. (en russe).
79. Ministère du développement économique de la Fédération de Russie. Projet sur la stratégie de développement bas-carbone de la Fédération de Russie jusqu'en 2050. Moscou, 2020. 57 p. (en russe).
80. Monnet J-M., Paccard P., Riond C. La télédétection aéroportée pour la gestion des territoires forestiers de montagne. Sciences Eaux & Territoires n°33, 2020. P.64-69.
81. Nash K.L., Blythe J.L., Cvitanovic C., Fulton E.A., Halpern B.S., Milner-Gulland E.J., Addison P.F.E., Pecl G.T., Watson R.A., Blanchard J.L. To Achieve a Sustainable Blue Future, Progress Assessments Must Include Interdependencies between the Sustainable Development Goals. One Earth, Vol.2, n°2, 2020. P.161-173.
82. Pakhomova N.V., Richter K.K., Vetrova M.A. (a). Circular economy as challenge to the fourth industrial revolution. Innovations, n°7 (225), 2017. P.66-70
83. Pakhomova N.V., Richter K.K., Vetrova M.A. (b). Transition to circular economy and closed-loop supply chains as driver of sustainable development. St Petersburg University Journal of Economic Studies, T.33, n°2, 2017. P.244-268. (en russe).
84. Pozdnyakov A.V. State as a complex self-organizing system. Collection des travaux scientifiques, XVII International Exhibition and Scientific Congress « Interexpo GEO-Siberia ». Siberian State University of Geosystems and Technologies, T.1, n°6, 2012. P.12-35. (en russe).

85. Preobrazhensky A. Dictionnaire étymologique de la langue russe. Volume 1, Moscou. 1910-1914. 144 p. (en russe).
86. Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD). Rapport sur le développement humain de la Fédération de Russie 2011. Modernisation et développement du potentiel humain. Edité par A.A. Auzan et S.N. Bobylev. Moscou, 2011. 146 p. (en russe).
87. Programme national de la forêt et du bois 2016-2026 (Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, France).
88. Rametsteiner E., Simula M. Forest certification – an instrument to promote sustainable forest management? *Journal of Environmental Management*, n°67, 2003. P.87–98.
89. Ratner S.V. Circular economy: theoretical foundations and practical applications in the field of regional economy and management. *Innovations*, n°9 (239), 2018. P.29-37 (en russe).
90. Risse M., Weber-Blaschke G., Richter K. Eco-efficiency analysis of recycling recovered solid wood from construction into laminated timber products. *Science of The Total Environment*, Vol.661, 2019, P.107-119.
91. Risse M., Weber-Blaschke G., Richter K. Resource efficiency of multifunctional wood cascade chains using LCA and exergy analysis, exemplified by a case study for Germany. *Resources, Conservation and Recycling*, Vol.126, 2017. P.141-152.
92. Sachs J., Schmidt-Traub G., Kroll C., Lafortune G., Fuller G. Sustainable Development Report 2019. Bertelsmann Stiftung and Sustainable Development Solutions Network (SDSN). New York, 2019. 466 p.
93. Sapir J. La crise financière russe comme révélateur des carences de la transition libérale. *Diogenes*, Vol.2 (n°194), 2001. P.119-132.
94. Scholes J. Reflections on the application of systems thinking to management practice. *System analysis in economics – 2018 (proceedings of the V International research and practice conference-biennale)*. Prometey, Moscow, 2018. P.116-121.
95. Stahel W.R. Hidden innovation. *Science & Public Policy*, Vol.13, n°4. London, 1986.
96. Stahel W., Reday G. *Jobs for Tomorrow, the Potential for Substituting Manpower for Energy*. Vantage Press, New-York. 1981. 116 p.
97. Su B., Heshmati A., Geng Y., Yu X. A review of the circular economy in China: moving from rhetoric to implementation. *Journal of Cleaner Production*, Vol.42, P.215-227.
98. Sukhdev P., Wittmer H., Schröter-Schlaack C., Nesshöver C., Bishop J., ten Brink P., Gundimeda H., Kumar P., Simmons B. *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming the Economics of Nature: A synthesis of the approach, conclusions, and recommendations of TEEB. The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB)*, 2010. 39 p.
99. Thonemann N., Schumann M. Environmental impacts of wood-based products under consideration of cascade utilization: A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, Vol.172, 2018. P.4181-4188.
100. United Nations (a). Report of the United Nations Conference on Environment and Development (Rio de Janeiro, 3-14 June 1992). 5 p.
101. United Nations (b). Agenda 21, Conference on Environment & Development Rio de Janeiro, Brazil, 3 to 14 June 1992. 351 p.
102. United Nations. Global Forest Resources Assessment 2020. Terms and definitions. Forest resources assessment FRA 2020 working paper 188. FAO, Rome, 2018. 26 p.

103. United Nations. The World's cities in 2018. Data booklet, World Urbanization Prospects: The 2018 Revision.
104. United Nations. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development, 2015. 38 p.
105. Vetrova M.A. Foundation of strategic and operational decisions of enterprises under the conditions of transition to circular economy. Saint Petersburg State University, 2018. 432 p.
106. Wang H-H., Grant W.E. (a). Chapter 1 - Systems, models, and modeling. Developments in Environmental Modelling, Vol.31, 2019. P.3-20.
107. Wang H-H., Grant W.E. (b). Chapter 10 - How good ("valid") are models? Developments in Environmental Modelling, Vol.31, 2019. P.191-214.
108. Wang W., Liu W., Mingers J. A systemic method for organisational stakeholder identification and analysis using Soft Systems Methodology (SSM). European Journal of Operational Research, Vol.246, n°2, 2015. P.562-574.
109. Winans K., Kendall A., Den H. The History and current applications of the circular economy concept. Renewable and sustainable energy reviews, Vol.68, 2017. P.825-833.
110. Woltering L., Fehlenberg K., Gerard B., Ubels J., Cooley L. Scaling – from “reaching many” to sustainable systems change at scale: A critical shift in mindset. Agricultural Systems, Vol.176, 2019.
111. World Commission on Environment and Development. Our Common Future. Oxford University Press, Oxford, 1987. 300 p.
112. Xiaohong F., Bourg D., Erkman S. L'économie circulaire en Chine. Futuribles, n°324, 2006. P.21-41.
113. Železnik D., Kokol P., Blažun Vošner H. Adapting nurse competence to future patient needs using Checkland's Soft Systems Methodology. Nurse Education Today, Vol.48, 2017. P.106-110.
114. Zub A.T. Conditions efficiency of strategic decision. Economics, law, society: Resume of 2016 (the International Scientific and Practical Web-Congress of Economists and Jurists ISAE « Consilium » 2016). Alliance scientifique internationale des économistes « Concilium », Genève, 2016. P.44-51. (en russe).

CHAPITRE II. TERRAIN D'ETUDE ET PREMIERES ETAPES DE LA MODELISATION INTEGREE

INTRODUCTION DU CHAPITRE II

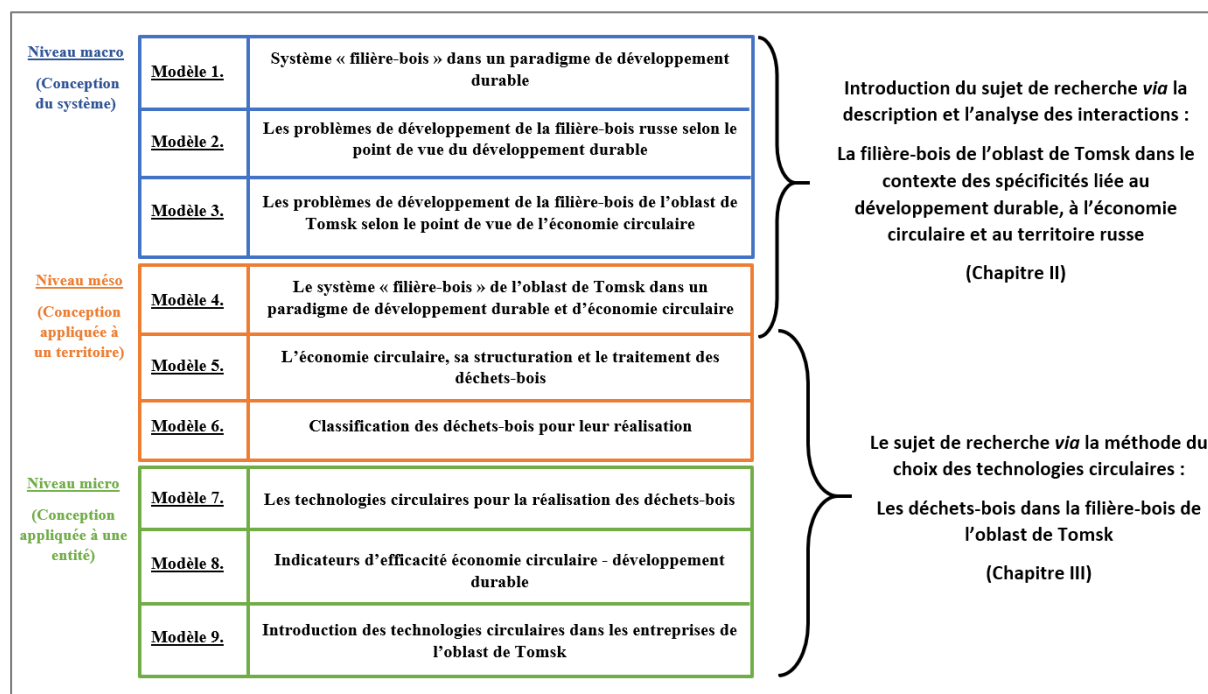
Le premier chapitre de ce travail a permis de poser les bases de la recherche à travers son objet, le lien Economie Circulaire (EC) et Développement Durable (DD), et à travers sa méthode et son outil de réalisation : la Méthodologie des Systèmes Souples (MSS) et la Modélisation Intégrée (MI).

L'application, menée sur l'Oblast de Tomsk et la gestion des déchets dans la Filière-Bois (FB) fait l'objet des chapitres II et III.

Les résultats que nous présentons sont basés sur 3 articles, écrits en russe, réalisés pendant les études doctorales :

- Kalioujny et Monastyrnyy (2019), où il est démontré que la FB de l'Oblast de Tomsk est un cadre propice pour l'étude du lien EC-DD en Russie ;
- Kalioujny et Monastyrnyy (2020) et Kalioujny et al. (2020), où une première version de la MI a été élaborée afin d'intégrer le modèle d'EC à la FB de l'Oblast de Tomsk.

Conformément à la MI, nous avons conceptualisé un système de modèles intégrés (fig.2.1). Plus précisément, nous avons construit 9 modèles. Dans les deux derniers travaux (Kalioujny et Monastyrnyy, 2020 ; Kalioujny et al., 2020), la MI a été scindée initialement en trois niveaux d'analyse : macro, méso et micro – en référence aux analyses d'EC (cf. chapitre I, partie 1.2.2 « Les moyens d'application de l'économie circulaire »). Le niveau macro y est compris comme un moyen de concevoir la FB dans un paradigme de DD et d'EC, le niveau méso comme un moyen de transition entre la vision globale d'un système et la vision spécifique de celui-ci, caractérisée par le niveau micro où l'objectif est d'appliquer le concept d'EC à un territoire particulier puis à une entité spécifique. Le résultat majeur de cette MI a été *in fine* l'élaboration d'une méthode présentant un large spectre de technologies circulaires adaptées aux questions des déchets-bois sur un territoire donné, et rendant ainsi possible une visibilité globale sur les stratégies d'EC envisageables (Kalioujny et al., 2020).

Fig.2.1. Vision globale de la MI lors des travaux de recherche

Source : composé par l'auteur

Cette méthode étant complètement universelle et reproductible, seules les caractéristiques liées au territoire et à ses entités peuvent changer. Dans le cadre de la rédaction de la thèse et de la présentation des résultats majeurs de notre recherche, il a donc été jugé utile de scinder l'application de la MI en deux chapitres. La partie dédiée à la présentation de la MI sur son terrain d'étude dans le chapitre II et la partie dédiée à l'objectif en termes de choix des technologies circulaires dans le chapitre III.

Ainsi, ce chapitre II se composera d'une première partie (2.1.), dédiée à une analyse approfondie de la FB au niveau national (Russie) et régional (Oblast de Tomsk) : grandes caractéristiques, tendances et problèmes de développement, déchets-bois. Cette analyse du « terrain d'étude » permettra de bien situer le cas de l'Oblast de Tomsk par rapport au contexte national. Dans la deuxième partie (2.2.), nous présenterons les 4 premiers modèles de la MI, qui permettent de mieux visualiser et trier les informations (cf. chapitre I, partie 1.3.3. La modélisation intégrée) nécessaires à l'élaboration et au déroulement des étapes suivantes de la méthode (modèles 5 à 9) en vue du choix des technologies circulaires appliquée à la FB de l'Oblast de Tomsk. Ces étapes font l'objet du chapitre III.

2.1. PRESENTATION DU TERRAIN D'ETUDE

Le terrain d'étude désigne le Développement Durable (DD) et l'Economie Circulaire (EC) en Russie et l'Oblast de Tomsk concernant la Filière-Bois (FB). Par rapport à la Modélisation Intégrée (MI), cela fait référence aux trois premières étapes : apprécier la situation problématique, la décrire et formuler ses origines (cf. chapitre I, partie 1.3.2., p.49). Ici, l'approche suivante a été adoptée :

- présenter dans un premier temps (2.1.1.) la FB en Russie en lien avec les informations nécessaires à la description des sphères sociale, économique et environnementale du DD et de EC en Russie ;
- dans un second temps et par le même type d'approche, décrire les caractéristiques de la FB de l'Oblast de Tomsk (2.1.2.).
- exposer dans un troisième temps (2.1.3.) la stratégie organisationnelle de la FB de l'Oblast de Tomsk, notamment à travers la politique de « *clusterisation* » (grappe-industrielle) du secteur, qui englobe la question des déchets-bois.

2.1.1. LA FILIERE-BOIS EN FEDERATION DE RUSSIE

LA FORET EN RUSSIE : CARACTERISTIQUES ET ENJEUX ECONOMIQUES, SOCIAUX ET ENVIRONNEMENTAUX

En termes de ressources naturelles en Fédération de Russie, les forêts couvrent 50% du territoire, représentent 20% de la superficie forestière mondiale et près de 25% des réserves mondiales de bois (Ministère de l'industrie et du commerce de la Fédération de Russie, 2017). D'après le Service fédéral des statistiques étatiques (2019), ces réserves comptaient en 2017 82,8 milliards de m³, et sont en augmentation de +2,6% par rapport à 1992 (tab.2.1), soit une augmentation de +2,1 milliards de m³ en 15 ans et qui correspond, par exemple, au volume de bois sur pied de la France – 3^e pays forestier européen (ONF, 2015).

Relativement à l'exploitation forestière, sur la même période le niveau de reboisement a diminué de 33%, passant de 1,4 millions d'hectares en 1992 à 0,9 millions d'hectares en 2018. La perte en termes de reboisement correspond à près de 6% de la surface forestière totale du pays. Dans cette variation, la part du reboisement naturel, en opposition au reboisement artificiel, a augmenté de 10% représentant près de 70% du reboisement en 1992 et 80% en 2018.

Tab.2.1. Statistiques principales concernant les ressources en bois en Fédération de Russie en 2019

	1992	2017	Dynamique 2017/1992
Ressources en bois	80,7 G m ³	82,8 G m ³	+2,1 G m ³ (+2,6%)
	1992	2018	Dynamique 2018/1992
Reboisement (2018), dont :	1,402 M ha.	0,962 M ha.	-0,5 M ha. (-33%)
- naturel	955 m. ha.	751 m. ha.	-204 m. ha. (-21%)
- artificiel	447 m. ha.	172 m. ha.	-275 m. ha. (-62%)

Source : composé par l'auteur d'après Service fédéral des statistiques étatiques (2019)

Ces chiffres s'expliquent notamment par la conjoncture socio-économique du pays depuis la chute de l'URSS (cf. chapitre I, partie 1.1.3 « Le développement durable en Russie), dans laquelle une très grande partie des secteurs économiques ont été délaissés. Ce fût le cas pour la FB avec une majorité des forêts qui ont donc évolué sans aucune espèce d'intervention humaine, amenant entre-autres à un accroissement et à un vieillissement des forêts.

La Taïga, aussi appelée forêt boréale, représente 88% des forêts russes avec 1500 millions d'hectares, ce qui en fait le principal stock de carbone séquestré dans le monde et l'une des principales forêts primaires du monde (Martel et al., 2015 ; United Nations, 2018). A titre de comparaison, le Canada compte 347 millions d'hectares (ha) de forêt, soit 9 % des forêts mondiales et dont 77 % des forêts se trouvent dans la zone boréale.

Les fonctions des écosystèmes liés à la Taïga sont très importantes pour la régulation du systèmes environnementaux locaux. Par exemple, ces écosystèmes servent de refuge à un très grand nombre d'animaux, par ailleurs menacés comme les loups, les ours bruns, les tigres de Sibérie etc. Un autre composant important de l'écosystème est celui des tourbières³³. Elles représentent de grandes réserves d'eau, d'importants stocks et puits de carbone planétaires (voir tab.2.2) et elles peuvent être également utilisées comme combustible. De ce fait elles constituent également des foyers importants d'incendies de forêts, phénomène aggravé par le changement climatique global et le dérèglement des saisons (assèchements, crues, etc.) D'un point de vue social, la Taïga abrite également des populations autochtones, comme les

³³ Zone humide caractérisée par la présence de sphaignes : ces mousses en mourant s'accumulent progressivement pour former de la tourbe, un sol caractérisé par sa très forte teneur en matière organique, peu ou pas décomposée, d'origine végétale.

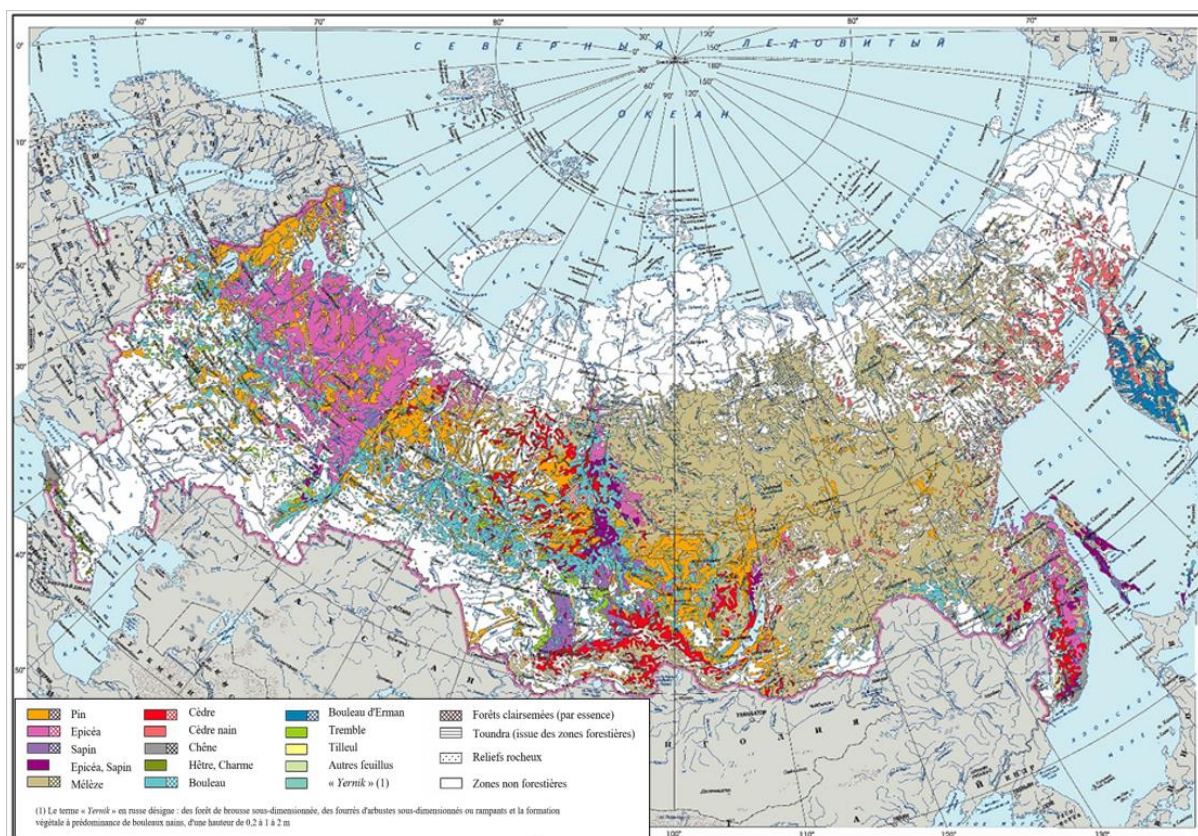
« Komis » en Russie, dont les modes de vie traditionnels reposent sur la chasse, la pêche et l'élevage de rennes.

Tab.2.2. Répartition des stocks de carbone dans les forêts

	Stocks de carbone (tC/ha)		
	Biomasse	Sol	Total
Forêts boréales	64	344	408
Forêts tropicales	120	123	243
Forêts tempérées	57	96	153

Source : Martel et al. (2015), p. 61

Fig.2.2. Les groupements forestiers en Russie



Source : d'après Geography of russia (2021)³⁴, traduit par l'auteur

Concernant les essences d'arbres liés à la Taïga russe, les conifères constituent le principal groupement d'arbres avec 76% des plantations (fig.2.2). On note également une proportion extrêmement élevée de mélèzes, qui représentent la première essence d'arbre dans

³⁴ <https://geographyofrussia.com>

le pays avec 278 millions d'hectares (~ 40% de la superficie forestière et 25 milliards de m³), mais qui sont peu utilisés dans l'industrie en raison de leur densité élevée et de leur teneur importante en résines et gommes, qui entraînent une usure rapide des outils de coupe.

Enfin, l'effet de captage du dioxyde de carbone par les forêts, associé à leur fonction « puit de carbone », il a été identifié que celui-ci aurait atteint son pic en 2009 avec plus de 700 millions de tonnes d'éq.CO₂ captés. Cette fonction diminue progressivement depuis cette date pour plusieurs raisons : âge des forêts (détérioration des conditions de santé et taux de mortalité des plantations en hausse), augmentation de l'ampleur des incendies de forêt, augmentation des rejets de Gaz à Effet de Serre (GES) captés et stockés (voir ci-après) et augmentation du volume de coupe.

Selon l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (*Food and Agriculture Organization*, FAO), si rien n'est fait pour faire transiter la FB russe vers des pratiques industrielles et de foresterie plus durables, alors les terres forestières de la Fédération de Russie deviendront une source nette d'émissions de carbone dans l'atmosphère (FAO, 2012).

SOUS-EXPLOITATION DES FORETS D'UN POINT DE VUE ECONOMIQUE

La Fédération de Russie représente le quatrième plus gros pays en termes de coupe forestière avec environ 214 millions de mètres cubes de coupe en 2016, après les États-Unis (402 millions de mètres cubes), la Chine (340 millions de mètres cubes) et le Brésil (254 millions de mètres cubes) ; et devant le Canada (163 millions de mètres cubes) (Ministère de l'industrie et du commerce de la Fédération de Russie, 2017).

Près de 55% des forêts russes sont classées « matures » et « très matures », ce qui entraîne une diminution de la croissance des arbres sur pied et une détérioration de leur santé. Ces types de forêts se trouvent principalement dans des zones éloignées et inaccessibles, sur des terres dont les sols sont excessivement humides (FAO, 2012), ce qui a rendu et rend encore leur exploitation difficile et non rentable face à l'abondance d'une ressource plus facilement accessible. En effet, le taux d'exploitation des zones de coupe en 2016 était estimé à 29,3% alors que 70% du territoire appartient au fonds forestier³⁵ (FAO, 2012 ; Service fédéral des statistiques étatiques, 2019).

³⁵ Dans le Code forestier russe, le fonds forestier fait référence à « tous les territoires aménagés par les autorités forestières [...] Ce fonds est divisé en terres forestières, c'est-à-dire des territoires consacrés aux forêts et à des terres non forestières. Les terres forestières ont deux composantes principales : les forêts denses ou surfaces boisées, et les surfaces non boisées, c'est-à-dire les terres temporairement non couvertes de forêts (peuplements brûlés ou morts, forêts morcelées, aires exploitées non régénérées, etc.). Les terres non forestières sont composées principalement d'aires non productives (marais, roches, etc.) » (Shvidenko, 2003).

Le revenu total des entreprises forestières du pays en 2016 s'élevait à 1,4 trillion de roubles, soit 0,5% du PIB national. Le secteur employait près de 533 000 personnes, soit 0,8% de l'emploi total. A titre de comparaison, en France, ces indicateurs sont respectivement de 3% du PIB et 1,5% de l'emploi total, et où la forêt représente 30% du territoire et environ 40 fois moins de réserves en bois que la Russie (Kalioujny, 2019a).

Tab.2.3. Dynamique des volumes de production des principaux types de produits-bois en Fédération de Russie (1990-2016)

Production	Années							Δ (%)
	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2016/1990
Coupe (10 ⁶ m ³)	304	150	165,9	185	175,5	205,2	213,8	70%
Planches (10 ⁶ m ³)	75,0	26,5	20,0	23,9	28,6	41,0	42,6	57%
Pâte à papier (10 ³ t.)	-	-	-	-	-	-	2610	-
Papier et carton (10 ³ t.)	8325	4074	5312	7448	7583	8196	8546	103%
Panneaux (10 ³ m ³)								
dont :								
- Panneau de particules	5568	2206	2335	3930	5466	6591	6573	118%
- Panneaux de fibres	418	234	292	389	398	492	437	105%
- Panneau de fibres à densité moyenne	-	-	-	-	-	2230	2595	-
- Panneau de grandes particules orientées	-	-	-	-	-	618	797	-
Granulé de bois (10 ³ t.)	-	-	-	-	-	974	1117	-
Meubles (10 ⁹ RUB, prix actuels de production)	6	12	18	48	89	137	144	-
Contreplaqué (10 ³ m ³)	1597	939	2777	2556	2689	3607	3759	235%
Produits chimiques-bois (10 ⁶ RUB)	-	-	-	-	-	-	2797	-
Kits maison (10 ³ m ³)	-	-	-	-	-	2669	2400	-

Source : d'après Ministère de l'industrie et du commerce de la Fédération de Russie (2017), traduit par l'auteur

Si l'on regarde la dynamique des volumes de production des principaux types de produits-bois (tab.2.3), on remarque d'abord que ceux-ci concernent en premier lieu des industries de première transformation, c'est à dire qui intègre des opérations de sciage, tranchage et déroulage (coupe, planches, pâte à papier, panneaux, contreplaqué). Pour la

deuxième transformation, les industries font appel à des opérations plus lourdes utilisant des machines de coupe et d'usinage ou des procédés chimiques. Cette industrie de seconde transformation est beaucoup moins importante en Russie (papier et carton, granulé, meubles, contreplaqué, produits chimiques, kits-maison). Par exemple, pour les productions de granulé, de produits chimiques-bois ou de kits-maison, les statistiques ne sont apparues que depuis 2015-2016.

On remarque également que le volume de coupe et de la production de planches sont décroissants sur la période 1990-2016 avec -30% et -43%. Néanmoins sur la période 1995-2016, ceux-ci sont respectivement +43% et +61%, ce qui corrobore l'analyse du chapitre I, partie 1.1.3 « Le développement durable en Russie », à propos de la période post-soviétique et de la difficile transition vers une économie de marché. On peut également noter que pour tous les autres produits-bois, les dynamiques de volumes de production sont positives, ce qui montre que la FB russe a entamé une diversification de sa production.

Maintenant, si l'on regarde les volumes d'importation / exportation par rapport à la consommation domestique des produits-bois (tab.2.4), on remarque que la part d'importation dans la consommation des produits-bois y reste importante, notamment en ce qui concerne la production de pâte à papier (24%), de papier et carton (22%), de panneaux de fibres (38%), de panneaux de grandes particules orientées (36%), de meubles (41%) et de produits chimiques-bois (27%) ; alors même que pour certaines productions, le volume d'export dépasse la consommation domestique. C'est notamment vrai pour la pâte à papier qui s'exporte à hauteur de 2144,4 milliers de t. pour une consommation de domestique de 611,5 milliers de t. Cela s'explique principalement par le fait que l'une des caractéristiques les plus importantes de l'industrie sylvicole est que l'activité y est principalement privée. Cette dernière constitue ainsi le vecteur du développement de l'industrie dont les décisions d'investissement sont prises sur la base d'évaluations économiques d'entreprises privées (Ministère de l'industrie et du commerce de la Fédération de Russie, 2017).

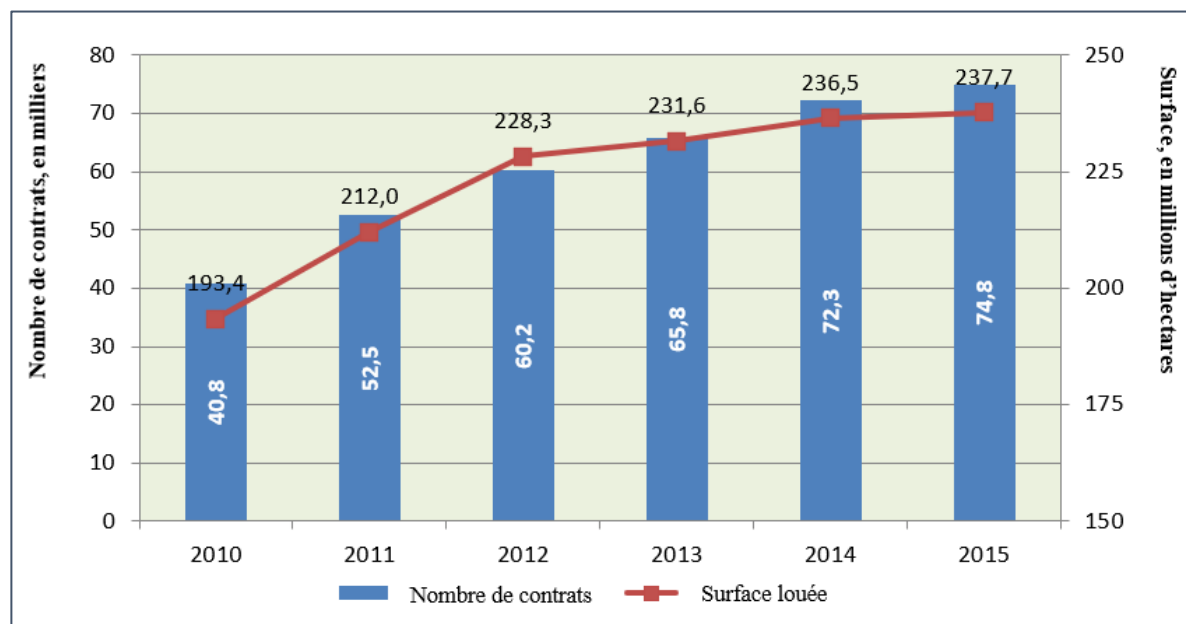
Tab.2.4. Volumes des opérations de commerce extérieur et consommation des principaux types de produits-bois en Fédération de Russie (2016)

Production	Export	Import	Consommation domestique	Part de l'importation dans la consommation
Coupe (10 ⁶ m ³)	20,1	0,0	193,7	0%
Planches (10 ⁶ m ³)	26,3	0,0	16,3	0%
Pâte à papier (10 ³ t.)	2144,4	145,5	611,5	24%
Papier et carton (10 ³ t.)	3050,7	1527,4	7022,7	22%
Panneaux (10 ³ m ³)				
dont :				
- Panneau de particules	1610,3	229,0	5191,8	4%
- Panneaux de fibres	155,7	170,8	452,2	38%
- Panneau de fibres à densité moyenne	618,1	291,6	2268,5	13%
- Panneau de grandes particules orientées	67,7	419,0	1148,3	36%
Granulé de bois (10 ³ t.)	1076,0	2,8	43,8	6%
Meubles (10 ⁹ RUB, aux prix actuels de production)	15,9	90,2	218,5	41%
Contreplaqué (10 ³ m ³)	2458,4	87,9	1388,5	6%
Produits chimiques-bois (10 ⁶ RUB)	1189,0	587,0	2195,0	27%
Kits maison (10 ³ m ³)	47,0	0,0	2353,0	0%

Source : d'après Ministère de l'industrie et du commerce de la Fédération de Russie (2017), traduit par l'auteur

En termes de propriété, la forêt russe est à 100% publique et l'Etat alloue des contrats d'exploitation aux entreprises de la FB. Le nombre de contrats, alloués pour des périodes allant de 1 à 49 ans, et la superficie des parcelles allouées montrent que les forêts russes sont de plus en plus exploitées (fig.2.3). La fig.2.3 montre que le nombre de contrats en 2010 était de 40 800 et de 74 800 en 2018, soit une augmentation de 83% en 5 ans. Parallèlement, la superficie des terres en location a augmenté de 22,9% sur la même période, passant de 193,4 millions d'hectares en moyenne à 237,7. Une grande majorité de ces parcelles étaient destinées à la coupe forestière (Ministère des ressources naturelles et de l'écologie de la Fédération de Russie, 2016).

Fig.2.3. Dynamique du nombre de contrats et superficie des parcelles louées en Fédération de Russie sur la période 2010-2015



Source : d'après Ministère des ressources naturelles et de l'écologie de la Fédération de Russie (2016), traduit par l'auteur

Cette dynamique globale de la FB russe se confirme entre 2016 et 2018 avec une augmentation de 8 millions de m³ denses de bois brut produits. La rentabilité des biens et produits (travaux, services) vendus augmentait parallèlement entre 2005 et 2008 de 13,5%, passant ainsi de -1,7% à 11,8% (Service fédéral des statistiques étatiques, 2019). Sur le plan national, le fonds forestier est utilisé à hauteur de 29,3% de sa capacité, sachant que seulement 45% de sa superficie est accessible pour une activité d'exploitation (FAO, 2012). En effet, plus de la moitié des forêts russes poussent sur le pergélisol³⁶ en Sibérie et en Extrême-Orient, où les conditions climatiques très difficiles réduisent la productivité des peuplements forestiers et déterminent leur fragmentation.

Pour les parcelles en location, le Ministère des ressources naturelles et de l'écologie de la Fédération de Russie (2016) estimait l'intensité de développement de la zone de coupe en moyenne à 64,5%. Ceci confirme que les ressources en bois sont largement sous-utilisées, notamment au regard de l'âge des ressources qui pourraient comporter une part importante de bois mort dans le futur : ceci représentant des risques supplémentaires en termes de foyers d'insectes ravageurs, de maladies ou d'incendies de forêt.

³⁶ Le pergélisol désigne la partie d'un cryosol (sol des régions froides) gelée en permanence.

Concernant les incendies, le phénomène est d'autant plus important en Russie avec les changements climatiques qui s'accroissent, notamment en Sibérie. En effet, s'il existe une tendance à la baisse du nombre d'incendies, il y a parallèlement une forte augmentation de la superficie moyenne des incendies de forêts. Selon l'Agence fédérale des forêts, le nombre d'incendies en Russie est passé de 33 400 en 2005 à 12 100 en 2018, soit une diminution de 64%, mais, parallèlement, la superficie des terres forestières couvertes par les incendies est passée sur la même période de 1962,3 à 7408,4 milliers d'hectares, soit une augmentation de 278% en 13 ans (Service fédéral des statistiques étatiques, 2019).

Durant l'été 2019, ce sont près de 2,7 millions d'hectares qui ont brûlés, détruisant une large partie de biodiversité et libérant une grande quantité de CO₂ dans l'atmosphère. Le Ministère du développement économique de la Fédération de Russie (2020), dans son projet de stratégie de développement bas-carbone jusqu'en 2050 précise que les émissions annuelles directes et indirectes de gaz à effet de serre causées par les incendies de forêts représentent 10 à 15% des émissions totales du pays. On peut également rajouter, que selon la FAO (2012), les terres forestières russes sont une source de 9,9 millions tonnes d'éq.CO₂ d'émissions par an à cause des émissions de méthane des marais sans arbres, qui appartiennent au fonds forestier (FAO, 2012).

LA SOUS EXPLOITATION DES DECHETS

Au niveau de l'exploitation forestière et de la coupe, les déchets-bois en Russie représentent 20 à 37% de la part des ressources forestières utilisées. Il est estimé que chaque année, jusqu'à 30 millions de m³ de bois restent dans les zones de coupe et les sites de production des entreprises. Au niveau de la transformation du bois cette part représente, selon différentes études, de 5% à 48% des ressources (Mokhiev et al., 2015 ; Stepanov, 2014). Il est également estimé que les déchets peuvent représenter en moyenne jusqu'à 50% des ressources en bois exploitées, ce à quoi s'ajoute un très faible niveau de recyclage et de réemploi (cf. partie 2.2.4. « Première application de l'économie circulaire à la filière-bois de l'Oblast de Tomsk »).

Afin de mieux considérer les déchets comme une ressource stratégique, différentes réglementations ont déjà été adoptées en Fédération de Russie :

- le décret gouvernemental n°417 afin que tous les résidus après coupe soient obligatoirement retirés des zones d'exploitation (Gouvernement de la Fédération de Russie, 2007) ;

- et la loi fédérale « sur les déchets de production de consommation » (2014) interdisant l'élimination des déchets de scierie et de menuiserie et obligeant les producteurs de déchets à s'enregistrer auprès des autorités environnementales.

Enfin, selon la FAO (2012) et le Ministère de l'industrie et du commerce de la Fédération de Russie (2017) la création et la prospérité des technologies économes en ressources pour une production-bois sans déchets sont inscrits dans les stratégies de développement de la FB comme priorité absolue pour le futur. En effet, seulement 9% des déchets-bois sont réutilisés dans des installations fournissant de l'électricité, du gaz et de la vapeur ce qui est un chiffre très en dessous de la moyenne, comparé aux industries forestières modernes où celui-ci s'élève à 54% en moyenne (Arrêté du Gouvernement de la Fédération de Russie N°84-r, 2018).

SYNTHESE

A travers cette analyse, il est possible de comprendre que la FB russe est en pleine évolution : elle est de plus en plus exploitée et elle se diversifie. Néanmoins, la FB russe doit également prendre en compte tout un ensemble de nouveaux paramètres, notamment environnementaux qui représentent un véritable risque pour la filière mais aussi pour le pays. Si l'on se concentre sur la question des déchets-bois, le même diagnostic en ressort : utiliser les déchets-bois comme une ressource stratégique à part entière permettrait d'atteindre des objectifs durables, socio-économiques et environnementaux.

Tous les problèmes décrits renvoient à l'approche systémique et à la question des interactions au sein du système, ici celui d'une FB. En effet, le problème des incendies de forêts peut faire par exemple directement écho à la problématique des déchets-bois : plus le volume de déchets augmente, plus le risque d'incendies de forêt est important. Négliger l'approche systémique, c'est-à-dire ne pas considérer un système complet de gestion des déchets à tous les niveaux de la Chaîne d'Approvisionnement (Ch.App) (cf. partie 1.2., p.21), c'est ne pas apprécier pleinement les menaces environnementales et économiques de la problématique des déchets-bois en Russie (Kalioujny et Monastyrnyy, 2019).

En termes d'économie circulaire, cela conduit à gaspiller des ressources en matière alors que celles-ci ont une grande valeur économique. Dans le cas de la FB, de nombreux industriels ont pu diversifier leurs productions et augmenter la valeur ajoutée d'une part des déchets, et d'autres parts les produits-bois finaux (Mokhirev et al., 2015). Ce point peut également faire écho à la nécessité pour la Russie de trouver des moyens efficaces de mieux projeter sa stratégie

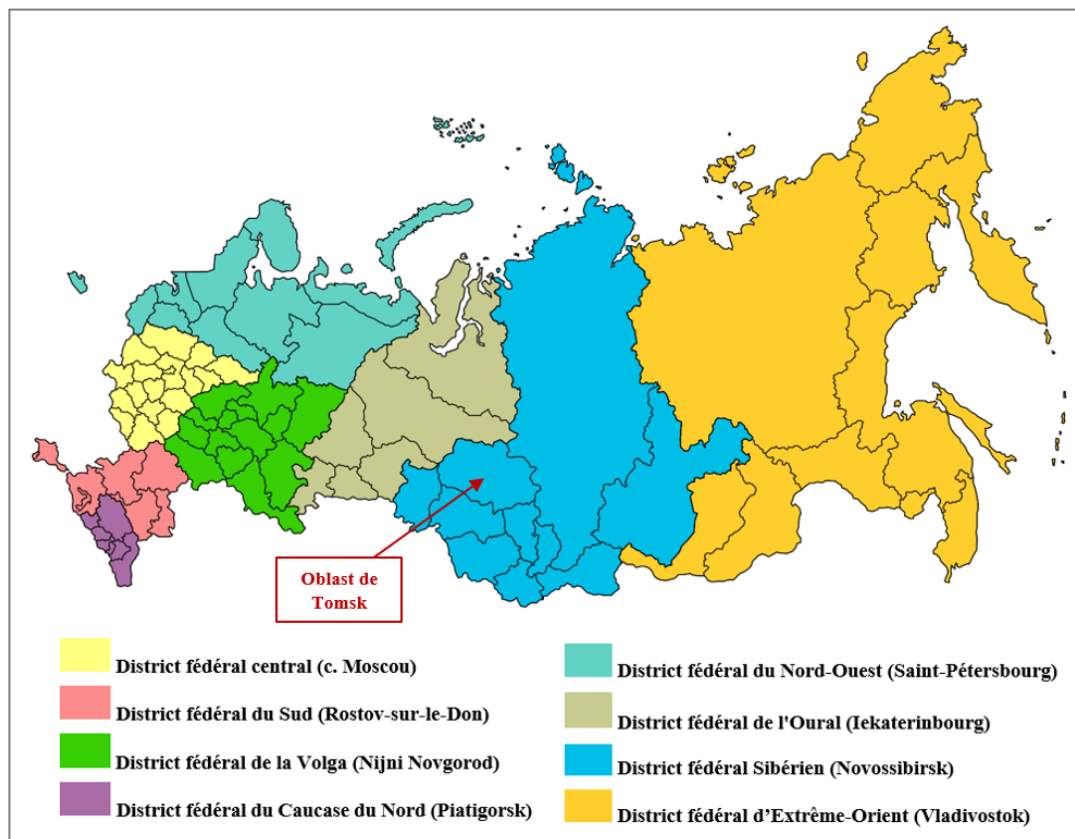
d'économie de l'innovation, ici via l'EC dans son secteur d'activité forestière (cf. partie 1.1.3., p.14).

Avant de passer à l'analyse complète de cette question, la prochaine partie permettra de mieux situer la FB de l'Oblast de Tomsk, d'abord dans un contexte global de développement et ensuite dans celui de la FB à ce niveau régional.

2.1.2. LA FILIERE-BOIS DANS L'OBLAST DE TOMSK

L'Oblast de Tomsk fait partie de l'une des 85 « unités administratives » que compte la Fédération de Russie regroupées dans huit « *Okrougs fédéraux* » (Districts fédéraux, fig.2.4.). Les unités administratives comptent 46 « Oblast », 22 Républiques, 9 « Kraï », 1 « Oblast autonome », 3 Villes Fédérales et 4 « Okroug » autonomes, tous égaux en droits. Cependant, les républiques possèdent leurs propres constitutions et les « Okroug » autonomes et l'Oblast autonome juive sont définis sur une base ethnique.

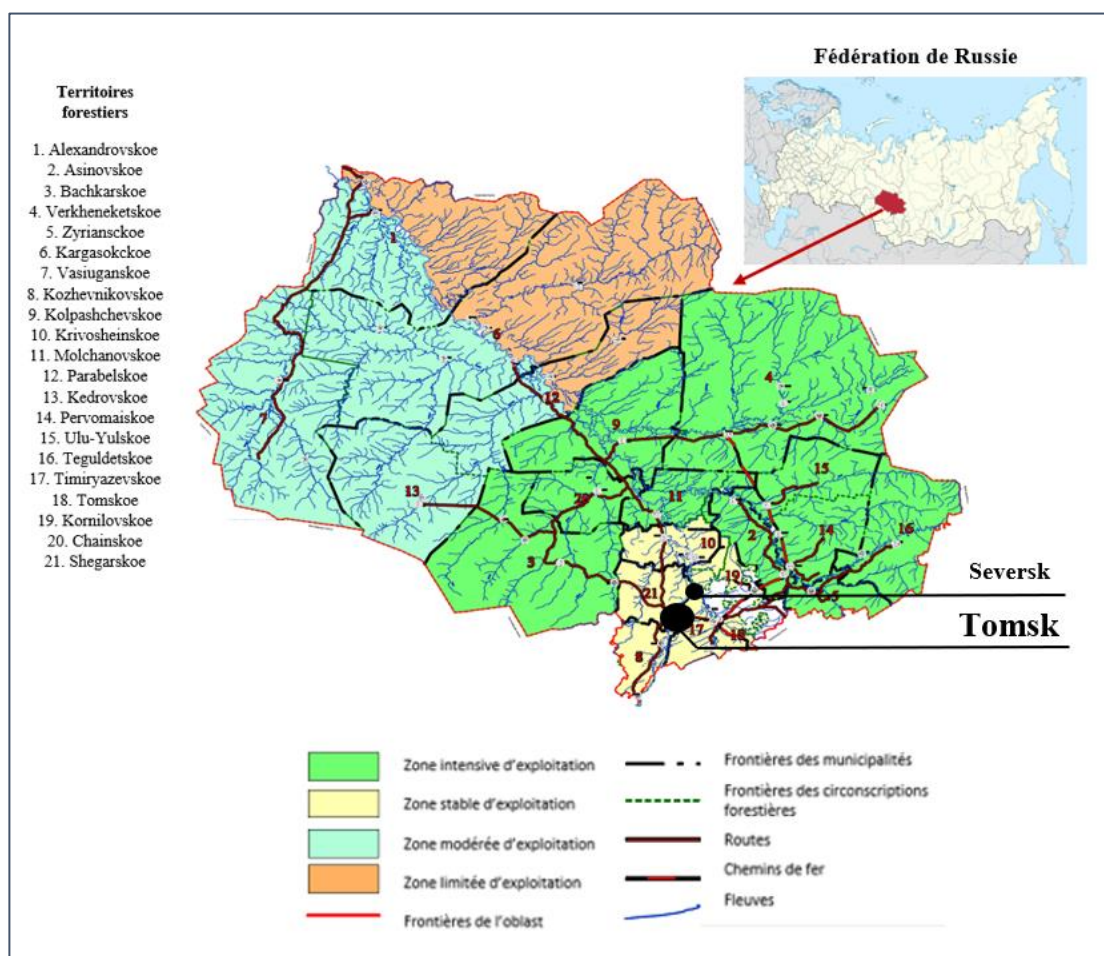
Fig.2.4. Carte des Districts fédéraux en Russie



Source : Composé par l'auteur

L'Oblast de Tomsk fait partie du District fédéral Sibérien et s'étend sur la partie centrale du continent eurasiatique et dans la partie sud-est de la plaine de Sibérie occidentale (fig.2.5). Elle s'étend sur 314,4 mille km², soit plus que la superficie d'un pays comme la Pologne, et est peu peuplée : 1,04 millions d'habitants, d'où une densité de 3,4 personnes/km². Près de 70% de la population est localisée dans les deux plus grandes villes de la région, la capitale « Tomsk » (550 000 hab.) et « Seversk » (110 000 hab.). Le climat y est continental avec des hivers longs et rigoureux et des étés courts et chauds. Les marais y occupent 32% de la superficie, ce qui augmente fortement le pourcentage de terrains inaccessibles, assimilant la situation de la région à celle du Grand Nord³⁷ (Département des ressources naturelles et de la protection de l'environnement de l'Oblast de Tomsk, 2014).

Fig.2.5. L'Oblast de Tomsk, zones forestières et infrastructures



Source : Composé par l'auteur à partir de Département des forêts de l'Oblast de Tomsk (2009-2018)

³⁷ Le « Grand Nord » désigne couramment les vastes zones faiblement peuplées de la partie la plus septentrionale de l'hémisphère Nord, occupées par la taïga, la toundra et les glaces de l'Arctique et qui incluent le Nord du Canada, l'Alaska, la Sibérie, le Groenland, le nord de la Russie européenne et le nord de la Fennoscandie.

CONTEXTE ECONOMIQUE

L'économie de la région de Tomsk combine deux avantages stratégiques majeurs : des matières premières et un capital-savoir fort.

En effet, dans la structure de son produit régional brut (PRB), la plus grande part revient au secteur minier avec des réserves estimées à 633,87 millions de tonnes de pétrole et 333,1 milliards de mètres cubes de gaz. En termes de fer, l'Oblast contient plus de 57% des réserves nationales. D'après le Département d'économie de l'administration de l'Oblast de Tomsk (2020), les hydrocarbures représentent 48% des investissements régionaux en 2019. Viennent ensuite les industries de transformation avec 10,3% des investissements, les activités immobilières avec 10%, le transport et le stockage avec 7,1%, la fourniture d'énergie électrique, gaz, vapeur et climatisation avec 4,8%, l'agriculture, foresterie, chasse, pêche et pisciculture avec 4,1%, et enfin, l'éducation avec 3,1%.

En termes de capital-savoir, la région de Tomsk compte six universités d'État et six instituts du Centre scientifique de Tomsk, qui est la branche sibérienne de l'Académie des sciences de Russie, tous centralisés sur un espace réduit – la ville de Tomsk – et regroupant près de 16 000 étudiants. Ainsi, Tomsk est souvent nommée « Capitale étudiante de Russie ». En 2010, la part de la population ayant fait des études supérieures dans la région de Tomsk était de 32%.

L'espérance de vie augmente régulièrement, dépassant aujourd'hui les 70 ans et permettant une croissance démographique naturelle (Administration de l'Oblast de Tomsk, 2015).

Cela permet donc de dire que ce territoire, riche en matières premières et qui possède un niveau élevé de capital humain, est devenu l'un des acteurs les plus dynamiques de Sibérie. La combinaison de ces deux facteurs rend possible une constante augmentation de la part de la « production à forte intensité de connaissances » dans le PRB et de la contribution à l'économie du complexe scientifique et éducatif.

La production à forte intensité de connaissances fait référence au terme russe « *naukoyemkoe proizvodstvo* » qui signifie une industrie avec des coûts absolus et relatifs élevés (par rapport aux coûts de production totaux) pour les travaux de R&D. Les industries de productions d'équipements électriques et électroniques, aéronautiques et spatiales ou microbiologiques en font par exemple parties. Cela fait écho à la volonté et aux actions du pays de transiter vers une économie de l'innovation, dont nous avons noté l'importance pour le développement durable (cf. partie 1.1.3, p.39).

UNE POLITIQUE DE DEPLOIEMENT DE L'ECONOMIE DE L'INNOVATION

La région se classe au 4^{ème} rang des régions dont les conditions sont les plus favorables à un développement de l'innovation en Russie (Tadyreva, 2015). Plus de 400 entreprises appartiennent aujourd'hui au secteur de l'innovation et la croissance annuelle du volume de production de haute technologie est d'environ 40%. Cette situation est liée à la mise en œuvre de deux politiques.

Premièrement, depuis 2002, une infrastructure dédiée à l'innovation n'a pas cessé de croître dans l'Oblast de Tomsk. Aujourd'hui, d'après Tadyreva (2015) cette infrastructure repose sur :

- 13 bureaux de commercialisation des développements liés aux universités et institutions académiques, 7 incubateurs d'entreprises, 4 pôles innovation et technologies, 4 centres de transferts de technologies, 7 sociétés de conseil œuvrant dans le domaine du soutien à l'innovation ;
- 1 centre économique spécial « la zone économique spéciale des technologies de l'innovation de Tomsk »³⁸, 1 centre interdépartemental de nanotechnologie « *Tomsknanotech* » et 1 centre multidisciplinaire de nanotechnologie « *Sigma* » ;
- 1 « fonds unitaire fermé d'investissements en capital-risque »³⁹ pour les petites entreprises dans le domaine de la R&D, 1 réseau de financement des risques de type « *business angels* ».

Deuxièmement, au cours des années 2000, toujours dans un but de transiter vers un système économique tourné sur l'innovation, une politique de « *clusterisation* », ou « grappes industrielles » à l'échelle nationale et régionale voit le jour. En Russie, et à Tomsk, cette politique a pour but de faciliter la création d'emplois, la diversification des exportations ou encore le transfert de technologies et de savoir-faire en matière de gestion (Ablaev, 2015 ; Khayrullina, 2014).

On peut retenir 3 caractéristiques fondamentales pour les clusters économiques (Sosnovskikh, 2017) :

³⁸ En russe « *Osobaya ekonomicheskaya zona tekhniko-vnedrencheskogo tipa* ». Ce type de zone est apparue dans le pays en 2005 via la loi fédérale n°116-FZ du 22 juillet 2005. Il désigne un territoire où s'exerce un régime législatif spécial pour des activités entrepreneuriales innovantes, et également la possible création d'une zone franche.

³⁹ En russe « *zakrytyy payevoy fond venchurnykh investitsiy* », ce qui correspond à un fonds de placement à capital fixe, c'est à dire à un modèle de placement collectif basé sur un nombre fixe d'actions. Etant fermé, les actions ne peuvent être vendues en bourse.

- 1) la proximité, afin de favoriser l'accessibilité, qui est généralement envisagée en termes géographiques ;
- 2) la création de valeur, qui est engendrée grâce aux liens qui unissent des entreprises par une production de biens et de services commune et valorisée par les clients ;
- 3) l'environnement économique, créé grâce au fait que les entreprises partagent un même environnement commercial évoluant au travers d'actions individuelles et collectives impliquant plusieurs autres types d'organisation : gouvernementales, ONG, universités etc.

Soutenue par des réglementations et programmes stratégiques d'État, l'Oblast de Tomsk a pu jusqu'à aujourd'hui créer 3 clusters :

- le cluster territorial d'innovation « *Smart Technologies Tomsk* » (produits pharmaceutiques, technologies médicales, technologies de l'information) ;
- le cluster industriel d'innovation « Ressources naturelles renouvelables de l'Oblast de Tomsk » (sylviculture, récolte et transformation en profondeur des matières premières sauvages, chasse et pêche) ;
- le cluster-bois de l'Oblast de Tomsk, tourné sur le développement industriel de la FB.

La présence et la force de ces politiques représentent un élément essentiel de l'analyse systémique de notre étude.

LE DEVELOPPEMENT DURABLE DANS L'OBLAST DE TOMSK

L'Oblast de Tomsk est par ailleurs un très bon exemple en termes de DD en Russie. Dès 1992, une stratégie de DD y est adoptée avec comme finalité d'accéder à un haut niveau de bien-être des populations et à des normes de qualité de vie (Département des ressources naturelles et de la protection de l'environnement de l'Oblast de Tomsk, 2014 ; Développement durable : les défis de Rio, 2013).

Les objectifs de cette politique sont :

- 1) de créer une économie régionale dynamique, équilibrée et compétitive, offrant un niveau de revenu élevé ;
- 2) de développer la région de Tomsk en une meilleure qualité de vie, de travail et de repos ;
- 3) et de permettre une utilisation rationnelle du capital naturel.

Ce dernier objectif doit pouvoir se concrétiser grâce à l'utilisation rationnelle des ressources naturelles, une efficacité énergétique accrue de l'économie régionale, une

amélioration de la qualité de l'environnement et une augmentation du niveau de culture environnementale de la population et des entités économiques. Dans cette perspective, il a été créé des systèmes de surveillance environnementale, des réglementations sur les impacts environnementaux et de participation du public à la résolution de problèmes environnementaux. Ces systèmes intègrent des indicateurs, tels que la qualité de l'atmosphère, l'état naturel des rivières et des lacs, le développement d'un système d'éducation et de culture environnementale et la création de zones naturelles protégées.

Actuellement, en termes de DD, l'Oblast de Tomsk figure plutôt dans la partie haute des classements des régions du pays d'après plusieurs sources. L'agence MIA *Russia Today*, spécialisée dans l'évaluation de la situation socio-économique des régions, classait l'Oblast de Tomsk 21^e (sur les 85 régions du pays) pour le niveau de bien-être familial en 2018 et 45^e pour la qualité de vie en 2019 (RIA Novosti, 2019, 2020). Selon l'organisation publique panrusse « *Zelonyy patrol'* », dans l'évaluation environnementale nationale des régions, l'Oblast de Tomsk se classait 36^e au niveau national et 4^e au niveau du District fédéral sibérien⁴⁰ sur la période Hiver 2019-2020 (*Zelonyy patrol'*, 2020). Enfin, selon l'Agence SGM (2018), Tomsk se classait, en 2018, 52^e sur les 185 villes du classement du DD des villes de Russie.

LES SPECIFICITES ENVIRONNEMENTALES ET FORESTIERES

L'Oblast de Tomsk est classée comme une région de la Fédération de Russie à « forte bio-capacité », notamment grâce à une superficie des terres appartenant au fonds forestier, qui représentait 28 820,7 ha. en 2015, soit 91,7% du territoire. Le stock total de bois atteint près de 2,9 milliards de m³ et le stock de bois à l'hectare est en moyenne de 148 m³ selon l'Autorité territoriale du service fédéral des statistiques (2016). Il existe aussi de larges réserves de gibier, d'oiseaux, de poissons, ainsi que beaucoup d'autres espèces animales et végétales. Selon les autorités locales, grâce à la politique de grappe industrielle lancée pour la FB et aux larges investissements prévus (voir ci-après), les objectifs sont de multiplier les profits réalisés par 8,5, soit 30 milliards de roubles à l'horizon 2030. Cela permettrait également d'assurer 15% de la production des panneaux de particules et 30% des panneaux de fibres à l'échelle nationale et de multiplier le rendement par tête par 3,6 pour atteindre 1 million de roubles par employé (Administration de l'Oblast de Tomsk, 2015).

⁴⁰ Le « District fédéral sibérien » (en russe « *Sibirskiy federal'nyy okrug* ») est l'un des huit districts fédéraux de Russie (à ne pas confondre avec la Sibérie qui constitue tout le territoire russe asiatique). Il comprend la République de l'Altaï, le Kraï de l'Altaï, l'Oblast d'Irkoutsk, l'Oblast de Kemerovo, le Kraï de Krasnoïarsk, l'Oblast de Novossibirsk, l'Oblast d'Omsk, l'Oblast de Tomsk, la République de Touva et la République de Khakassie.

Alors que 90% du territoire appartient au fonds forestier, la stratégie de grappe industrielle liée au bois est combinée avec celle des ressources renouvelables, dans laquelle la récolte et la transformation en profondeur des matières premières sauvages (champignons, baies, pignons de cèdres etc.), et la chasse et la pêche jouent un rôle central. Ainsi, l'Oblast de Tomsk n'est pas seulement nommée « Capitale étudiante » de la Russie mais aussi « Capitale du cèdre » grâce à sa politique de préservation de ses cèdres, qui lui permettent entre autres la récolte et la vente de pignons de cèdres à travers tout le pays. L'Oblast compte également jouer un rôle dans le « tourisme écologique »⁴¹ en Russie avec ses 165 « espaces naturels spécialement protégés » (18 réserves naturelles, 1 aire de loisirs, 145 « monuments naturels », le plus grand marais du monde « *Vasyuganskoye boloto* »).

Les réserves en bois se classent troisième pour la District fédéral sibérien, après l'Oblast d'Irkoutsk et le Kraï de Krasnoïarsk, et septième au niveau national. Néanmoins, le niveau d'exploitation des zones de coupe en 2016 était estimé à 12,45% de ses capacités, notamment à cause d'un réseau de transport trop peu développé (Département des forêts de l'Oblast de Tomsk, 2017 ; Autorité territoriale du Service fédéral des statistiques de l'État de l'Oblast de Tomsk, 2016). En termes de peuplements la région concentre 30% de bouleaux, 29% de cèdres, 24% de pins, 10% de trembles, 4% d'épicéas et 3% de sapins. Il faut rajouter à cela, que 69% des forêts en exploitation sont des feuillus et que 51,9% d'entre-elles sont des plantations dites « mûres » et « trop mûres ». La conjugaison de ces deux facteurs fait que ces forêts, d'un point de vue économique, représentent des matières premières moins rentables (Département de l'entrepreneuriat et du secteur réel de l'Oblast de Tomsk, 2013 ; Département des forêts de l'Oblast de Tomsk, 2009-2018).

Selon le Département des forêts de l'Oblast de Tomsk (2009-2018), il est possible d'identifier **quatre zones principales** en fonction du degré d'utilisation du fonds forestier, de la concentration de la production forestière et du développement des transports du territoire couvert par la forêt (cf. fig.2.5, p.103).

Les termes « limitée », « modérée », « stable » et « intensive » pour qualifier les zones de gestion forestière sont surtout utilisés pour qualifier les potentiels de développement de ces zones. L'analyse de la littérature a montré que chaque zone est surtout limitée par les voies de transport et de communication et par le nombre de personnes sur place, qui détermine la potentielle main d'œuvre mais aussi les besoins. Si l'on juxtapose les cartes « Parcelles forestières en exploitation et sans bail » (fig.2.6) et « Transport et communication » (fig.2.7) de

⁴¹ Forme de tourisme plus centrée sur la découverte de la nature et la préservation de l'environnement.

l'Oblast de Tomsk, on se rend compte de cette corrélation entre les zones où la forêt est exploitée et la présence de zones habitées avec infrastructures.

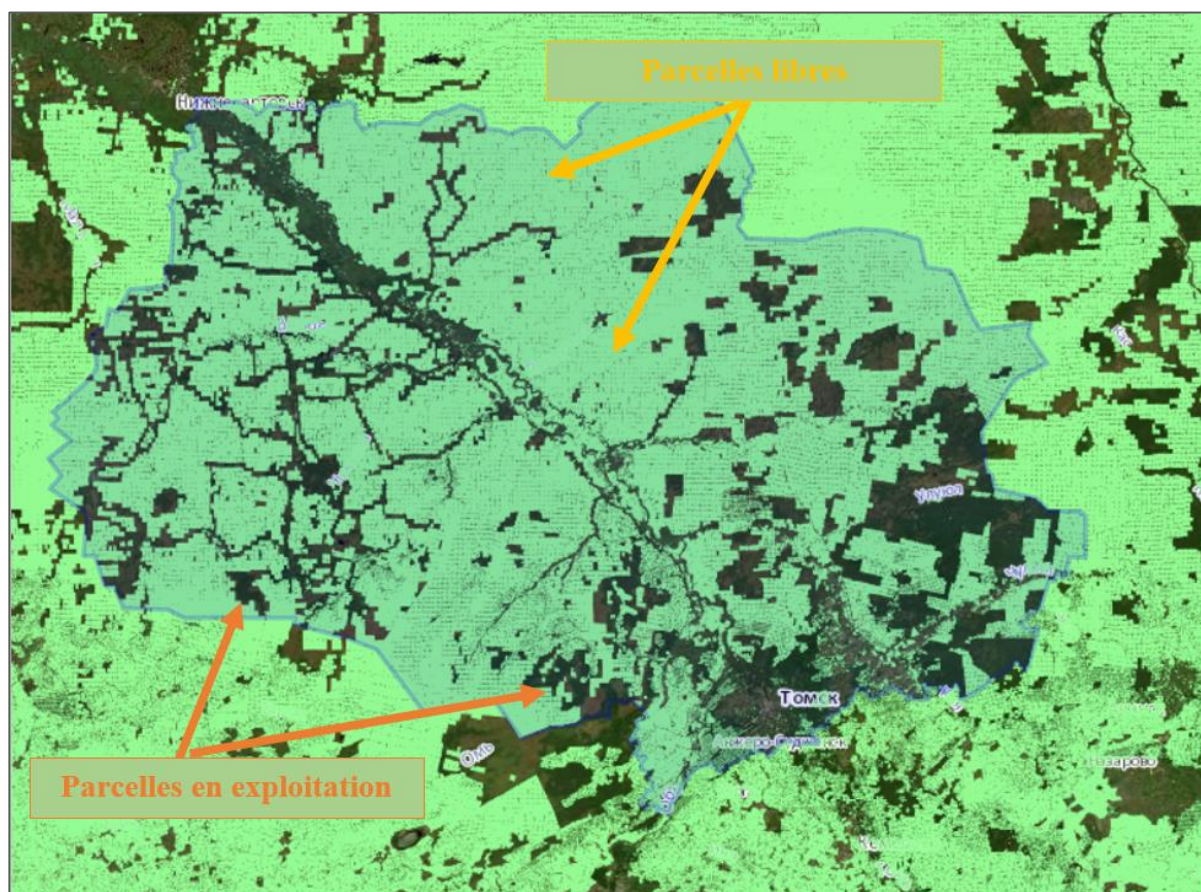
1) La zone de gestion forestière « limitée » est située dans la partie nord-est de la région. Le développement des activités de foresterie y est très faible car les principaux consommateurs de produits forestiers sont les populations locales, très peu nombreuses, et les organisations liées à l'exploration géologique des ressources minérales. Dans cette zone, on peut voir qu'il n'y a pratiquement aucune infrastructure de transport et de communication (fig.2.7) et une majorité des parcelles libres (fig.2.6). Le bois est utilisé afin de construire, réparer et chauffer les installations et habitations. Le volume de récolte de bois autorisé est néanmoins estimé à 9,7 millions de m³ ;

2) la zone de gestion forestière « modérée » est située dans la partie sud-ouest de la région. L'utilisation des ressources forestières dans ce territoire est directement liée au développement des industries minières, ce qui pourrait permettre la création de petites et moyennes industries d'exploitation et de transformation du bois. Le volume de récolte de bois autorisé est estimé à 9,4 millions de m³ ;

3) la zone de gestion forestière « stable » est située dans la partie sud de la région. Ce secteur se trouve dans la partie la plus développée de l'Oblast, autour de la capitale administrative Tomsk, et où se trouvent les plus grandes capacités de transformation (sciages, tranchage, déchiquetage, productions de panneaux etc.). Etant donné que le bois y est largement plus accessible et exploitable grâce aux moyens de transport et communication, le volume de récolte de bois autorisé est estimé à 1,8 million de m³ ;

4) la zone de gestion forestière « intensive » est située dans la partie nord-est de la région de Tomsk. Cette zone de la région comprend des peuplements forestiers à fort potentiel de développement. Ce potentiel est notamment déterminé par la présence et les perspectives de développement des moyens de transport et par la présence de main d'œuvre. Le volume de récolte de bois autorisé est estimé à 20 millions de m³. Pour la zone intensive, il est possible de voir que les villes d'Asino (25 000 hab.), Kolpashevo (23 000 hab.), Seversk (113 000 hab.) et Tomsk (575 000 hab.) constituent un réseau important en termes de main d'œuvre potentielle et en termes d'infrastructures. Asino est par ailleurs la ville dans laquelle le « noyau économique » du cluster-bois de l'Oblast de Tomsk a été installé avec le parc forestier *Asinovsky* (voir ci-après)

Fig.2.6. Parcelles forestières en exploitation et sans bail, Oblast de Tomsk



Source : composé par l'auteur à partir du site-web officiel de L'Agence fédérale des forêts
« Carte interactive de la forêt en Russie » (2021)⁴²

⁴² <http://geo.roslesinforg.ru:8282/#/>

Fig.2.7. Transport et communication dans l'Oblast de Tomsk



Source : composé par l'auteur d'après le site-web officiel de l'Administration de l'Oblast de Tomsk (2021)⁴³

⁴³ <https://tomsk.gov.ru/Transport-i-svyazy>

L'ECONOMIE FORESTIERE

Au niveau économique, l'industrie du bois reste encore globalement une industrie de première transformation qui connaît une certaine dynamique de développement notable ces dernières années (tab.2.5). Sur la période 2010-2016, le volume de bois récolté a augmenté de 52%, la production de bois non traité et non transformé de 67%, celle de bois d'œuvre de 24%, celle de panneaux de particules de 52%, celle de panneaux de fibres de 17% et celle de crayons à papier et crayons de couleur de 56%. Parallèlement, le chiffre d'affaires de la production de meubles augmentait de 121% et la production de placage tranché diminuait de 9% en 2016 (Département des forêts de l'Oblast de Tomsk, 2017).

Concernant la structure des entreprises, la majorité est constituée de petites et micro entreprises. Leur part dans la production de produits-bois en 2016 s'élevait à seulement 17,7% pour le bois brut et à 31,6% pour le bois scié. *A contrario*, 100% de la production des panneaux de bois était effectuée par des grandes et moyennes entreprises. De plus, ces dernières représentent 67% et 75% respectivement des chiffres d'affaires liés à l'exploitation forestière et à la transformation du bois (Département des forêts de l'Oblast de Tomsk, 2017 ; Département de l'entrepreneuriat et du secteur réel de l'Oblast de Tomsk, 2013).

Tab.2.5. Dynamique de production des principaux produits-bois dans le complexe forestier de l'Oblast de Tomsk (2010-2016)

Produits-bois	2010	2015	2016
Volume de bois récolté, 10^3 m^3	3 463	4 779	5 254,9
Bois non traité ou transformé, 10^3 m^3 denses	1208	1869	2019,2
Bois d'œuvre, 10^3 m^3	279	321,2	374,9
Panneau de particules, 10^3 m^3 estimés	301,3	316,0	456,5
Panneaux de fibres, 10^3 m^3 estimés	0	17,3	20,3
Placage tranché, 10^3 m^3	0	35,4	32,3
Meubles, 10^6 RUB	106,3	281,2	234,4
Crayons à papier et crayons de couleur, 10^6	82,9	73,8	129,7

Source : adapté de Département des forêts de l'Oblast de Tomsk (2017), traduit par l'auteur

Relativement à l'exploitation forestière, sur la période 2012-2018 le niveau de reboisement a augmenté de 50%, passant de 18 253 hectares en 2012 à 27 554 en 2018, la part des replantations naturelles représentant près de 95% de la part totale du reboisement. Le nombre d'incendies de forêt a fortement diminué sur la période, passant de 547 à 86 incendies pour une diminution des surface des terres forestières impactée de 256 977 hectares à 679 hectares brûlés (Autorité territoriale du service fédéral des statistiques, 2019). Il faut noter que l'année 2012 avait été excessivement périlleuse pour la région, qui avait subi une vague de chaleur et de sécheresse anormale conjuguée à un niveau de réserves en eau des rivières très faible.

Tab.2.6. Investissements en capital fixe dans l'industrie du bois de la région de Tomsk pour les grandes et moyennes entreprises (millions de roubles)

Types d'activité économique	2013	2014	2015	2016
Exploitation forestière	69,9	2,9	0,6	0,1
Travail et fabrication de produits-bois et de liège (à l'exception des meubles)	1 137,6	3 579,4	3 916,2	3 152,0
Autres produits-bois	6,3	-	-	157,2
Total pour l'industrie du bois	1329,3	3067,1	4046,9	1161,7

Source : adapté de Département des forêts de l'Oblast de Tomsk (2017), traduit par l'auteur

Sur la période 2013-2016 les investissements en capital fixe dans l'industrie du bois ont été multipliés par 3 passant de 1329,3 millions de roubles à 4046,9 millions de roubles (tab.2.6). Ceux-ci se concentrent essentiellement dans la transformation du bois. En 2016, les volumes d'investissement ont diminué, principalement en raison de l'achèvement des projets prioritaires et d'une restructuration des investissements étrangers. Les deux projets d'investissement prioritaires concernaient l'organisation de la production de panneaux de fibres à densité moyenne (MDF) par l'entreprise « *LPK Partner-Tomsk* » (aujourd'hui « *Latat* »), et la construction d'une usine de production de panneaux de particules d'une capacité de 350 000 m³ par l'entreprise « *Tomlesdrev* » (Département de l'entrepreneuriat et du secteur réel de la région de Tomsk, 2013 ; Département des forêts de l'Oblast de Tomsk, 2017).

Tous ces projets d'investissement sont liés directement ou indirectement au projet de grappe-industrielle mené dans la FB de la région.

2.1.3. STRATEGIE ORGANISATIONNELLE ET DEVELOPPEMENT DE L'ECONOMIE FORESTIERE DANS L'OBLAST DE TOMSK

Conformément à la stratégie de *clusterisation* de l'économie régionale engagée par le gouvernement, en 2017 est officiellement créé le cluster-bois de l'Oblast de Tomsk. Celui-ci se forme essentiellement **autour des trois grandes entreprises forestières historiques de la région** (Kalioujny et al., 2020) :

- 1) la plus ancienne d'entre elles, « *Tomlesdrev* », engagée dans l'exploitation forestière et la transformation du bois, y compris dans la production de panneaux de particules et de panneaux de particules de bois lamellé ;
- 2) le groupe « *Latat* », première organisation en termes d'exploitation forestière et de production de panneaux de fibres à densité moyenne (MDF) ;
- 3) le groupe d'entreprises réunies dans le parc forestier « *Asinovsky* », qui comprend et concentre dans la ville d'Asino une dizaine d'entreprises, qui intègrent toutes les activités d'exploitation, de transformation et de commercialisation de produit-bois.

Le parc forestier *Asinovsky* joue un rôle central dans la construction du cluster-bois de l'Oblast de Tomsk. D'abord, à l'époque soviétique celui-ci représentait l'un des géants de l'industrie du bois soviétique avec à son apogée jusqu'à 800 000 m³ de bois brut transformés annuellement et 5 000 employés. Il s'est ensuite écroulé en même temps que l'économie russe pendant les années 1990. En 2008, afin de relancer le site vers un nouveau niveau de développement moderne, l'administration de l'Oblast de Tomsk signe avec le fonds financier chinois « *Yantai North-West Forestry Society* » un mémorandum à propos de la création d'un cluster forestier russo-chinois englobant un volume de récolte et de transformation du bois à hauteur de 4,5 millions de mètres cubes par an. **Ainsi étaient lancés les bases du cluster-bois de l'Oblast de Tomsk, au travers d'investissements financiers chinois et de capitaux russes (entreprises, savoir, machines etc.).**

Si l'on regarde aujourd'hui la structure du cluster-bois (fig.2.8), celui-ci est géré sous la tutelle du Ministère de l'industrie et du commerce conjointement avec l'Administration de l'Oblast de Tomsk et *via* un « partenariat à but non lucratif » avec l'association « Union des producteurs et exportateurs de bois de Tomsk », afin de permettre une élaboration des politiques publiques en accord les objectifs fixés. Parallèlement est élaboré un système de suivi

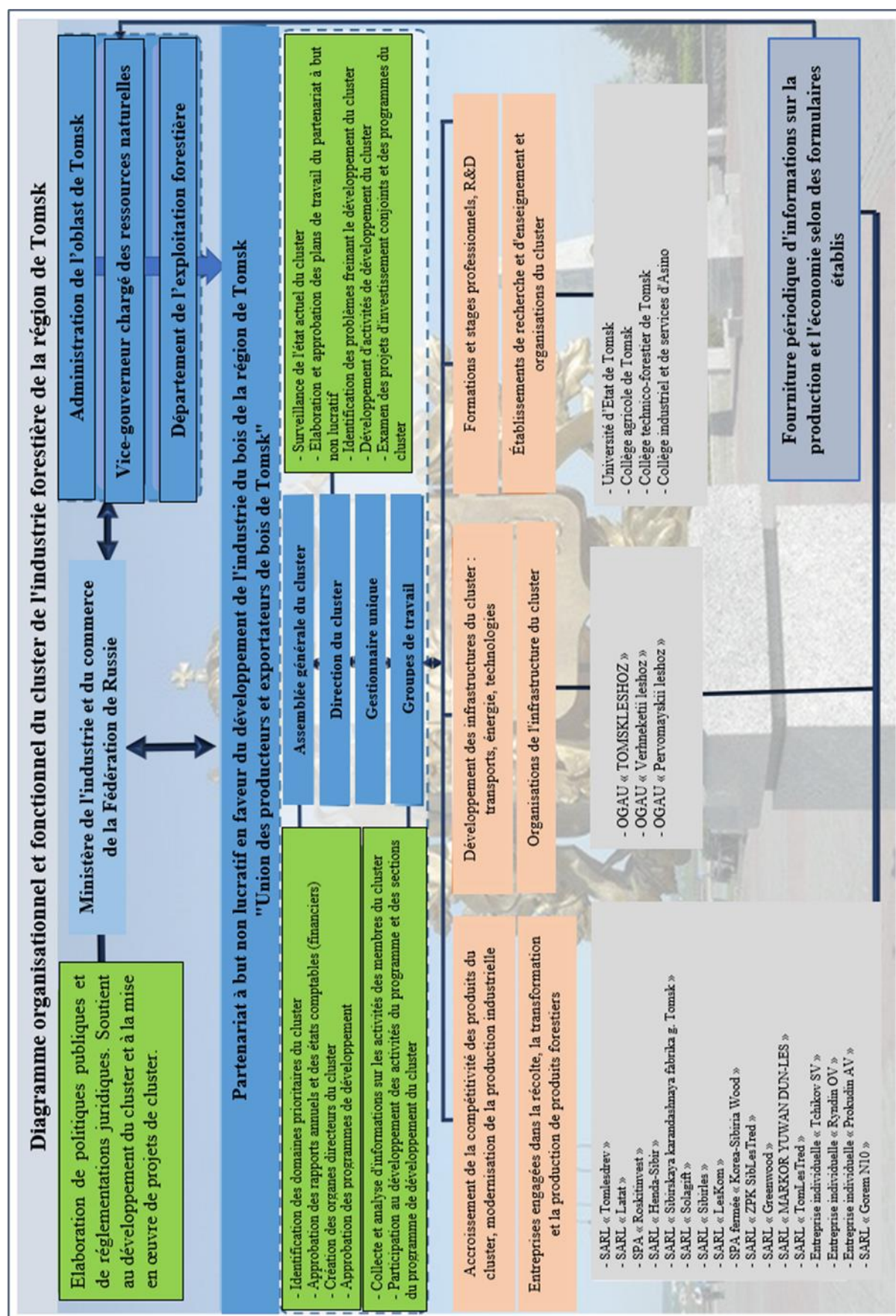
(indicateurs) et de recherche pour les futurs projets d'investissement afin de piloter l'évolution du projet dans le temps.

En résumé, à ce jour le cluster compte :

- 4 grandes entreprises de production de plus de 250 employés ; 4 moyennes entreprises de production comptant entre 101 et 250 employés ; 9 petites entreprises de moins de 100 employés ;
- 1 établissement d'enseignement supérieur ;
- 3 établissements d'enseignement secondaire et professionnel ;
- 3 organisations représentant des infrastructures technologiques et industrielles, des parcs industriels et technologiques ;
- et 1 organisation à but non lucratif : l'association « Union des producteurs et exportateurs de bois de Tomsk » (« *Soyuz Tomskikh lesopromyshlennikov i leseksporterov* »), où se concentre la direction du cluster en y gérant l'organisation et les interactions, notamment entre les institutions étatiques et les entreprises.

Ainsi, chaque organisation apparaît comme ayant une place et une fonction au sein du cluster. D'un côté les entreprises afin d'exploiter au maximum une ressource dont la disponibilité est souvent très réduite à cause des infrastructures peu nombreuses et / ou obsolètes. C'est d'ailleurs ce qui fait l'objet du deuxième bloc avec 3 organisation de type « OGAU » (en russe « *Oblastnoye Gosudarstvennoye Avtonomnoye Uchrezhdeniye* ») qui se traduit comme des « Institutions régionales autonomes d'État ». Celles-ci ont pour mission d'apporter l'accompagnement nécessaire au développement du cluster en termes de construction ou de reconstruction de routes par exemple, mais aussi en termes d'autre travaux de soutien tels que la protection des parcelles louées face aux incendies ou la fourniture d'équipements pour la récolte ou la transformation du bois pour les petites entreprises. Enfin le troisième et dernier bloc comprend les établissements de recherche et de formation des actuels et futurs spécialistes.

Fig.2.8. Diagramme organisationnel et fonctionnel du cluster-bois de l'Oblast de Tomsk



Source : d'après Département des forêts de l'Oblast de Tomsk (2017), traduit par l'auteur

APPORTS ECONOMIQUES DU CLUSTER

L'apport du parc industriel forestier *Asinovsky* en termes technologique et financier est considérable. En effet, les investissements chinois estimés à hauteur de 30 milliards de roubles pour la période 2010-2022 ont permis la création et la modernisation de plusieurs scieries, d'usines de production de MDF, de contreplaqués, de placages et autres (Département des forêts de l'Oblast de Tomsk, 2009-2018). Ces investissements réalisés grâce aux entreprises « *Henda-Sibir* » et « *RusKitInvest* » permettent au parc de devenir *de facto* le noyau économique du complexe forestier et d'être au cœur du développement du cluster-bois de la région, qui montre désormais une dynamique économique importante.

Le tableau 2.7 permet de comparer les taux de croissance en termes d'actifs et de revenus entre le cluster-bois et le l'industrie sylvicole de l'Oblast de Tomsk dans son ensemble, mais également de les mettre en perspective avec celles des régions de Krasnoïarsk et d'Irkoutsk, les deux principaux centres forestiers historiques du District fédéral sibérien. On peut ainsi remarquer que le taux de croissance des revenus pour le cluster-bois est en moyenne 2 fois plus élevé par rapport aux complexes forestiers de Tomsk, de Krasnoïarsk et d'Irkoutsk. En termes d'actifs c'est en moyenne 5 fois plus élevé.

Tab.2.7. Taux de croissance des revenus et des actifs du cluster-bois de l'Oblast de Tomsk en comparaison avec l'industrie sylvicole régionale et celles des régions du Kraï de Krasnoïarsk et de l'Oblast d'Irkoutsk (2012-2016)

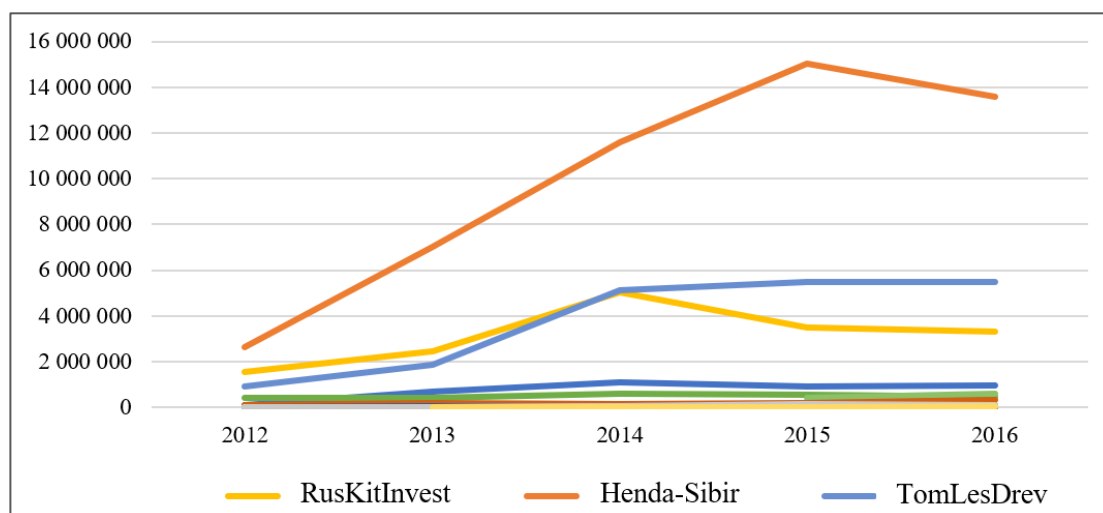
	Taux de croissance des revenus	Taux de croissance des actifs
Cluster-bois	220%	429%
Oblast de Tomsk (total)	136%	114%
Kraï de Krasnoïarsk	82%	109%
Oblast d'Irkoutsk	115%	62%

Source : composé par l'auteur selon les résultats financiers disponibles des entreprises du cluster-bois présentés dans List-Org (2019) et ceux des régions dans EMISS (2019)

Si l'on se concentre maintenant sur la dynamique des indicateurs de revenus et d'actifs au sein des entreprises du cluster, la fig.2.9 montre que les entreprises *Henda-Sibir* et *RusKitInvest* sont, ensembles, largement en tête en termes d'actifs sur la période. En termes, de chiffre d'affaires cumulé sur la période, la fig.2.10 montre que l'entreprise *Henda-Sibir* est deuxième derrière *TomLesDrev*. On peut également noter que les deux entreprises chinoises, *Henda-Sibir* et *RusKitInvest*, sont par ailleurs présentées comme étant initiatrices et

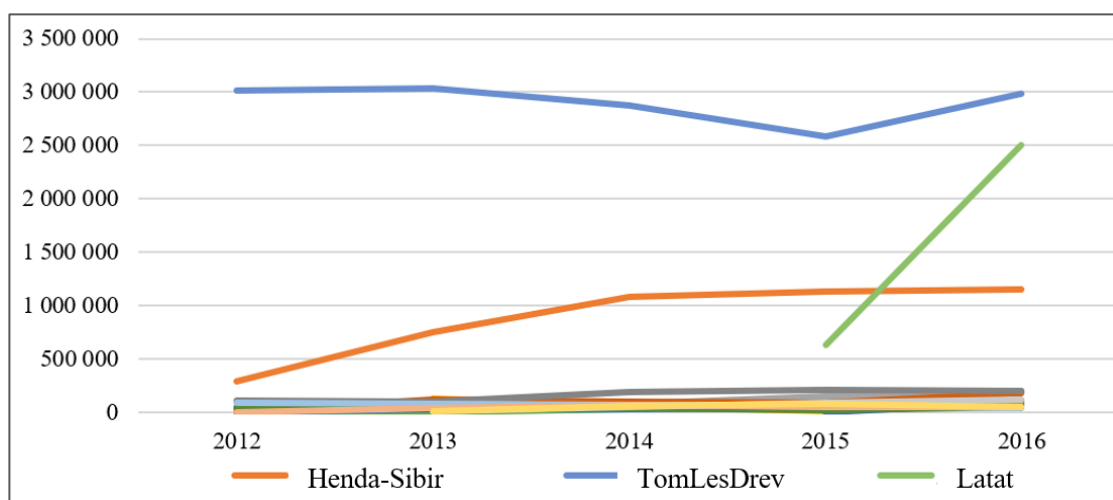
participantes dans quasiment 100% des projets liés au cluster (Département des forêts de l'Oblast de Tomsk, 2017). Toutes ces informations laissent donc à penser que ce sont bien les investissements chinois, liés au parc forestier *Asinovsky*, qui créent cette dynamique économique au sein du cluster.

Fig.2.9. Actifs des entreprises du cluster-bois de l'Oblast de Tomsk (2012-2016, 10³ RUB)⁴⁴



Source : composé par l'auteur selon les résultats financiers disponibles des entreprises du cluster-bois présentés dans List-Org (2019)

Fig.2.10. Chiffre d'affaires (net) des entreprises du cluster-bois de l'Oblast de Tomsk (2012-2016, 10³ RUB)



Source : composé par l'auteur selon les résultats financiers disponibles des entreprises du cluster-bois présentés dans List-Org (2019)

⁴⁴ Pour les fig. 2.9 et 2.10 les autres traits de couleur représentent les données disponibles pour toutes les autres entreprises du cluster. L'objectif ici étant bien de montrer la différence avec les entreprises les plus actives.

LES PROJETS D'INVESTISSEMENTS DU CLUSTER

La stratégie associée à l'organisation économique et industrielle du cluster met en avant deux aspects importants : 1) des partenariats publics-privés et 2) un contrôle efficace de toute la chaîne de valeurs⁴⁵.

Ainsi, la récolte, la transformation et la vente des produits-bois doit non seulement entraîner une meilleure gestion du fonds forestier mais également entraîner d'autres partenaires dans l'évolution du secteur comme les établissements de formation et de recherche ou les entreprises connexes à l'industrie forestière (récolte de matières premières sauvages, chasse et pêche, tourisme écologique). Les externalités positives en termes de qualité de vie pour la région pourraient être très importantes : qualification de la main d'œuvre, augmentation du pouvoir d'achat, retombées technologiques et de connaissance parmi les entreprises etc. (Administration de l'Oblast de Tomsk, 2015 ; Sosnovskikh, 2017).

Pour la période allant jusqu'en 2020, il est prévu d'augmenter les exportations de marchandises produites par des entreprises participantes au cluster de 13241,4 millions de roubles en 2016 à 17 943,1 millions de roubles en 2020, soit une multiplication par 1,4. Le volume des livraisons de produits destiné à l'exportation doit être multiplié par 2,1, passant de 2 423,9 millions de roubles en 2016 à 4 971,4 millions de roubles en 2020. Le volume de valeur ajoutée créé par les entreprises doit être multiplié par 1,5 et passer de 3 723,1 millions de roubles en 2016 à 5 586,9 millions de roubles en 2020. Enfin, le nombre total d'emplois doit augmenter de 692 afin d'atteindre 4 366 en 2020, comparé aux 3 674 emplois de 2016 (Kozhukhov et al., 2017).

Un grand nombre de projets communs ont été lancés et d'autres sont en préparation. Par exemple, un projet de développement d'une usine de production de panneaux de fibres à densité moyenne (MDF) a été lancé en 2017 pour un montant de 6 milliards de roubles par les entreprises « *RusKitInvest* » et « *Henda-Sibir* ». Toujours grâce à l'initiative de ces deux entreprises, une scierie d'une capacité de 3 millions de m³ et une usine de contreplaqué de 80 000 m³ ont été construites en 2018 et 2019 pour un montant total de 2,1 milliards de roubles. Un projet de construction d'une usine de production de pellets de bois d'une capacité de 400 milles tonnes par an et pour un montant de 1,8 milliards de roubles est aussi prévu pour 2021 (Département des forêts de l'Oblast de Tomsk, 2017).

On pourra remarquer également l'ambition de créer des produits-bois innovants certifiés à base de substances biologiques et de matières végétales représentant un investissement de 3,7

⁴⁵ La chaîne de valeurs décrit la gamme complète des actions nécessaires pour élaborer un produit ou un service depuis sa conception jusqu'à sa consommation et son élimination. Celle-ci fait l'objet de la partie 2.2.2. « Modèle conceptuel d'un système « filière-bois » développée ci-après.

milliards de roubles. Les consommateurs potentiels visés sont les industries pharmaceutiques, alimentaires, cosmétiques, d'élevage et d'agriculture. Le projet est soutenu par les organisations « *Solagift* », « *ZPK SibLesTred* », « *Gorem №10* » et « *Henda-Sibir* ». Enfin, il est prévu la construction et la réparation de plusieurs routes et autoroutes, terrestres et fluviales (fig.2.7, p.111). L'entreprise *RusKitInvest* prévoit d'augmenter de 50 à 500 000 m³ par an son transport de cargaisons de bois le long de la rivière *Chulym*.

LA QUESTION DE LA GESTION DES DECHETS-BOIS

Pour le futur développement du cluster, la question des déchets est inscrite comme étant stratégique. Dans l'Oblast de Tomsk, comme au niveau national, on observe une corrélation entre l'augmentation de la transformation de bois et l'accroissement du volume de déchets. Selon le plan forestier de la région de Tomsk, en 2013 seulement 25% des déchets-bois générés étaient traités, dont 90% sous forme de combustible et 10% sous forme de matériau (Département des forêts de l'Oblast de Tomsk, 2009-2018). En 2018, on estime à près de 2,5 millions de m³ le volume de déchets-bois générés dans la région. A scénario constant, ce chiffre pourrait doubler d'ici 2025 et empêcher la bonne évolution de la FB vers plus d'innovation et de durabilité (Kalioujny et Monastyrnyy, 2019).

Il existe cependant des projets très prometteurs en matière de déchets-bois au sein du cluster. C'est le cas du projet de construction d'une usine de production de pellets d'une capacité de 400 000 tonnes par an (Département de l'entrepreneuriat et du secteur réel de la région de Tomsk, 2013). C'est aussi la stratégie du développement des innovations avec l'utilisation de nouvelles technologies pour le recyclage des déchets comme combustible dans les entreprises du complexe forestier et dans les installations municipales et sociales de la région. Parmi ces technologies, on peut citer l'exemple des systèmes hybrides pour la production de gaz et de briquettes permettant aux entreprises de produire et d'utiliser une source d'énergie renouvelable dans les régions les plus reculées (Tabakaev, 2013). C'est encore l'objectif d'augmentation de la capacité de production de panneaux de particules et de fibres à densité moyenne (Département des forêts de l'Oblast de Tomsk, 2009-2018, 2017).

Ces données, descriptions et éléments d'analyses constituent l'étape préalable et indispensable à la connaissance du système étudié : le terrain d'étude *via* les cas des FB russe et de l'Oblast de Tomsk. Cette étape, basée sur les informations disponibles (sources statistiques, bibliographiques essentiellement), permet en même temps de générer des « informations nouvelles » sur la structuration du système. Ce « point de départ » permet de

passer à la Modélisation Intégrée (MI) du système dans l'optique de le structurer et d'en approfondir la compréhension grâce à des modèles permettant de mieux le quantifier ou encore mieux le visualiser.

2.2. MODELISATION INTEGREE DU TERRAIN D'ETUDE⁴⁶

Les premières étapes de la Modélisation Intégrée (MI), qui sont décrites dans cette seconde partie du chapitre II permettent d'analyser et d'articuler les niveaux de généralisation plus larges afin d'introduire la méthode du choix des technologies circulaires, qui fait l'objet du prochain chapitre. Ces étapes intègrent les 4 premiers modèles de la MI (fig.2.1, p.91), dont les 3 premiers à un niveau d'abord macro pour conceptualiser le système et ensuite un dernier modèle permettant une première application du système, c'est-à-dire une première compréhension en vue des transformations à entreprendre pour une Economie Circulaire (EC).

2.2.1. CONCEPTUALISATION ET ARCHITECTURE DES SAVOIRS ACCUMULES

Nous rappelons que l'approche systémique vise à créer un ensemble intégré de systèmes répondant à la problématique, ici, de l'analyse et la mise en œuvre dans la filière bois de l'Oblast de Tomsk des principes de l'EC de manière à tendre vers un Développement Durable (DD). La construction suit une architecture reposant sur un ensemble de modèles alimentés par des informations et destinés à produire de la connaissance.

Le processus de tri des informations tout au long de la MI est inspiré directement de l'approche *CATWOE* de Checkland (cf. chapitre I, partie 1.3.2. « Systèmes durs et systèmes souples », p.73), où les clients, les acteurs et les propriétaires sont réunis sous le terme de « **partie-prenantes** » (*stakeholders*, Kalioujny et al., 2020).

Les partie-prenantes font référence aux différentes entités (acteurs) qui participent à l'évolution du système « FB », telles que l'Etat, les collectivités, les entreprises, les associations, les citoyens etc. Ces acteurs sont répartis à différents niveaux d'analyse, qui entremêlent des niveaux de généralisation macro, méso et micro (fig.2.1, p.91).

Dans cette première partie de la MI, les objectifs sont triples. Il s'agit tout d'abord de proposer un modèle de conception d'un système de type « FB » dans un paradigme de DD

⁴⁶ La Modélisation Intégrée (MI) repose sur les résultats de recherche obtenus et publiés dans Kalioujny et Monastyrnyy (2019,2020) et Kalioujny et al. (2020).

(modèle 1). Cela permet ainsi de former une image « la plus riche possible » (Scholes, 2018) du système à son plus haut niveau de généralisation et d'y situer la place de l'EC à travers la question des déchets.

Il s'agit ensuite de présenter une « matrice » comprenant l'étude des interactions dans un système « FB » (modèles 2 et 3) à travers une double-classification des problèmes de développement selon les points de vue de DD et d'EC. Cela permet de commencer à hiérarchiser et de quantifier plus précisément les problèmes selon les points de vue adoptés et les niveaux de généralisation (Russie – macro, et Oblast de Tomsk – méso). Dans l'approche *CATWOE*, cela fait référence aux « transformations » (*Transformation*) et « visions du monde » (*Weltanschauung*).

Il s'agit enfin de mettre en avant un modèle structurant le sujet à l'étude (modèle 4), ce qui permet de commencer à mettre en avant les contraintes et opportunités engendrées par une transition vers un modèle d'EC.

En termes de représentation, la MI dans son ensemble (chapitres II et III) intègre des visions à la fois holistiques et opérationnelles du système à l'étude. Dans cette première partie, la MI fait appel à des représentations plutôt holistiques. En termes d'analyse, cette partie fait appel à plusieurs outils comme la classification, l'analyse statistique et la modélisation structurelle-fonctionnelle (cf. partie 1.3.3., p.77). En référence à la MSS, tous les résultats obtenus à travers le processus de recherche ont été soumis à des évaluations expertes.

Pour cette première partie, des diagnostics ont été menés sous la forme d'entretiens semi-directifs⁴⁷:

- avec différents acteurs s'intéressant aux questions du DD et de l'EC, notamment dans la FB française et russe ;
- avec le directeur du cluster-bois de l'Oblast de Tomsk, principal expert sollicité lors du travail de recherche, ce qui a permis de confirmer les informations et hypothèses retenues lors des différentes analyses, de les remettre en perspective avec la situation de la FB russe et de l'Oblast de Tomsk, ainsi qu'avec les projets de développement du cluster.

Du côté français les entretiens semi-directifs ont été organisés avec des acteurs français liés plus ou moins directement avec le thème du DD :

⁴⁷ C'est-à-dire des entretiens approfondis afin de récolter des informations ou des éléments de preuves quant à l'objet ou au sujet de recherche.

- le think-tank « *The Shift Project* » à la suite de la publication de l'article de Lallemand et Guérin (2017), sur le rôle des forêts françaises et européennes dans une transition vers un développement bas-carbone ;
- le Centre d'Economie et de Sociologie appliquées à l'Agriculture et aux Espaces Ruraux (CEASER) à la suite de la publication de l'article de Valade et al. (2018), sur la capacité présente et future des forêts françaises à capter et stocker les émissions de CO₂ ;
- l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) à la suite de la 4^e conférence annuelle de la FAERE (*French Association of Environmental and Resource Economists*) en 2017 à Nancy, qui a permis de mettre en lumière les modèles de gestion forestière utilisés en matière de DD ;
- l'université Savoie Mont Blanc à la suite de la publication de la thèse de A. Berthinier-Poncet (2012), pour discuter des thèmes liés à l'innovation et à la notion de cluster ;
- le Centre de Recherches et d'Etudes Interdisciplinaires sur le Développement Durable (CREIDD) de l'Université Technologique de Troyes, afin de discuter des approches d'EC et d'écologie industrielle ainsi que de la question de la durabilité des systèmes en général.

Du côté russe, en plus des entretiens organisés avec le Directeur du cluster-bois de l'Oblast de Tomsk, des entretiens ont été conduits avec d'autres parties : un bureau d'étude spécialisé, des chercheurs et d'autres fonctionnaires publics territoriaux. Tous ces entretiens **ont permis de parer un manque évident d'informations** sur le sujet de recherche. Ils ont donc évidemment contribué à structurer les informations, les « visions » et les « transformations » de la FB russe et de l'Oblast de Tomsk, qui sont présentées dans ce chapitre. Ils ont été surtout intégrés à la seconde partie de la MI (chapitre III).

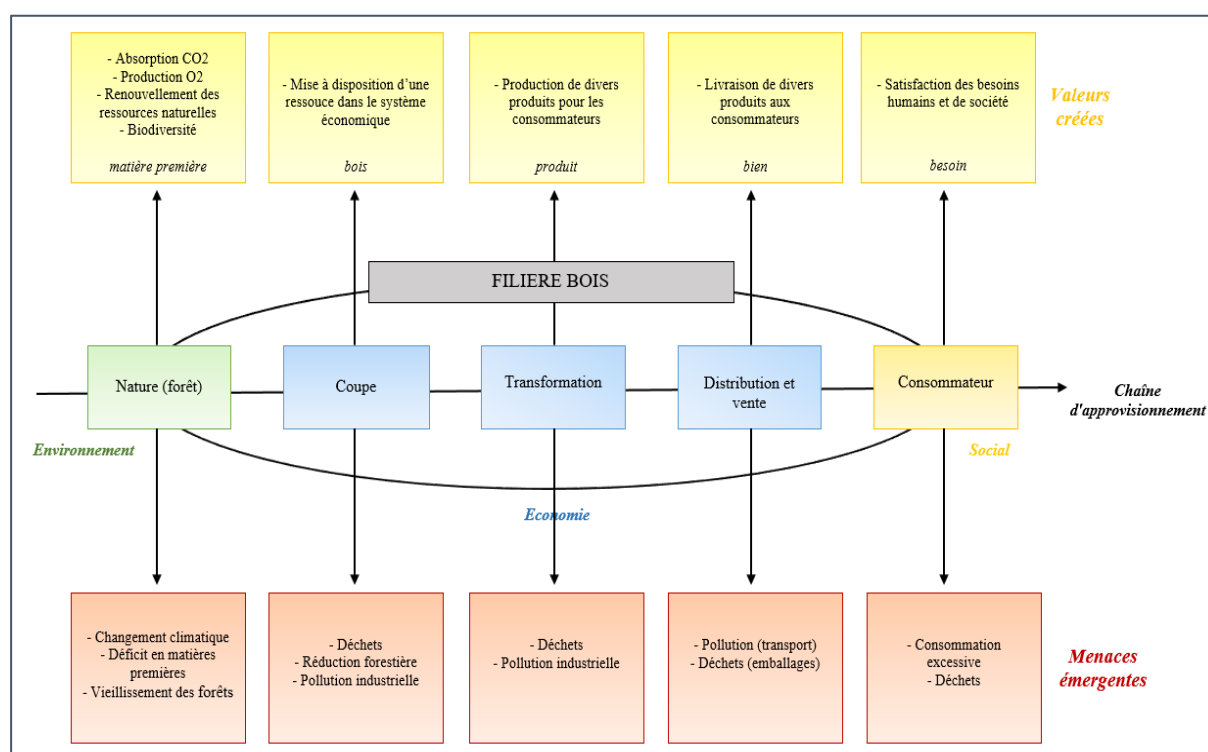
2.2.2. MODELE CONCEPTUEL D'UN SYSTEME « FILIERE-BOIS »

Le tout premier modèle de la MI intègre donc une représentation conceptuelle d'un système « FB » (fig.2.11) *via* deux notions stratégiques, qui resteront des fils directeurs de la MI jusqu'à la modélisation finale de l'introduction des technologies circulaires dans le parc forestier *Asinovsky* :

- 1) la Chaîne d'Approvisionnement (Ch.App) ;
- 2) la Chaîne de Valeurs (Ch.Val).

Dans ce premier modèle, c'est d'abord le point de vue du DD qui est mis en avant, permettant d'englober la totalité des 3 sphères – écologique, sociale, économique – et les différentes parties prenantes de la FB, afin d'y étudier par la suite leurs interactions. Cela fait référence au concept de « chaîne de résultat » utilisé dans le chapitre I et dédié à la question du DD dans le secteur forestier (cf. partie 1.1.2).

Fig.2.11. Modèle 1 : La Ch.App durable du bois en Russie via son processus de création de valeurs et de menaces émergentes



Source : d'après Kalioujny et Monastyrnyy (2019, 2020), traduit par l'auteur

Pour cela, l'intérêt a été de superposer les concepts de Ch.App et de Ch.Val avec ses risques associés. La Ch.App du point de vue du DD permet d'abord de considérer le bois comme un élément à part entière de l'environnement, ensuite comme une ressource économique et enfin, comme un moyen de satisfaire le besoin d'un consommateur. La Ch.App superposée à la Ch.Val permet de considérer toutes les fonctions qu'apporte le bois pour l'Homme.

En effet, selon Kaplinsky et Morris (2001), la Ch.Val décrit la gamme complète des actions nécessaires pour élaborer un produit ou un service depuis sa conception jusqu'à sa consommation et son élimination. Cela permet ainsi de mettre en perspective les liens intra- et extra- chaîne. Dans un paradigme de DD, un arbre représente donc une ressource naturelle pour

la Ch.Val intra à l'industrie forestière mais aussi un moyen de capter et stocker du carbone pour la Ch.Val extra de l'industrie.

LES RISQUES ASSOCIES

Les risques associés font eux référence à la nécessité de faire un choix quant à la manière dont une entreprise, un Etat ou des citoyens veulent exploiter leurs forêts. D'un côté, l'exploitation économique permet un renouvellement des ressources pour l'activité économique et un renouvellement des puits de carbone. D'un autre côté, une mauvaise gestion de ces deux facteurs peut aggraver les changements climatiques, aux niveaux local et global.

Ainsi, le bois n'est plus seulement un moyen d'utiliser une ressource naturelle pour produire un bien ou un service, mais également comme un moyen de réguler la quantité de CO₂ dans l'atmosphère et donc l'un impact sur l'environnement et sur l'Homme. En France par exemple, cela fait référence à l'objectif de neutralité carbone et aux projets de contribution carbone. En effet, à travers le projet « *Net Zero Initiative* » (NZI) par exemple (Dugast, 2020), on peut comprendre que la neutralité carbone, qui résulte d'un équilibre entre les émissions de CO₂ anthropiques et les absorptions de CO₂ anthropiques, doit se faire au niveau planétaire et au travers de l'objectif de l'Accord de Paris. Cela dans le but de respecter les objectifs 2°C ou 1,5°C, soit une division par trois des émissions mondiales de Gaz à Effet de Serre (GES) à l'horizon 2050.

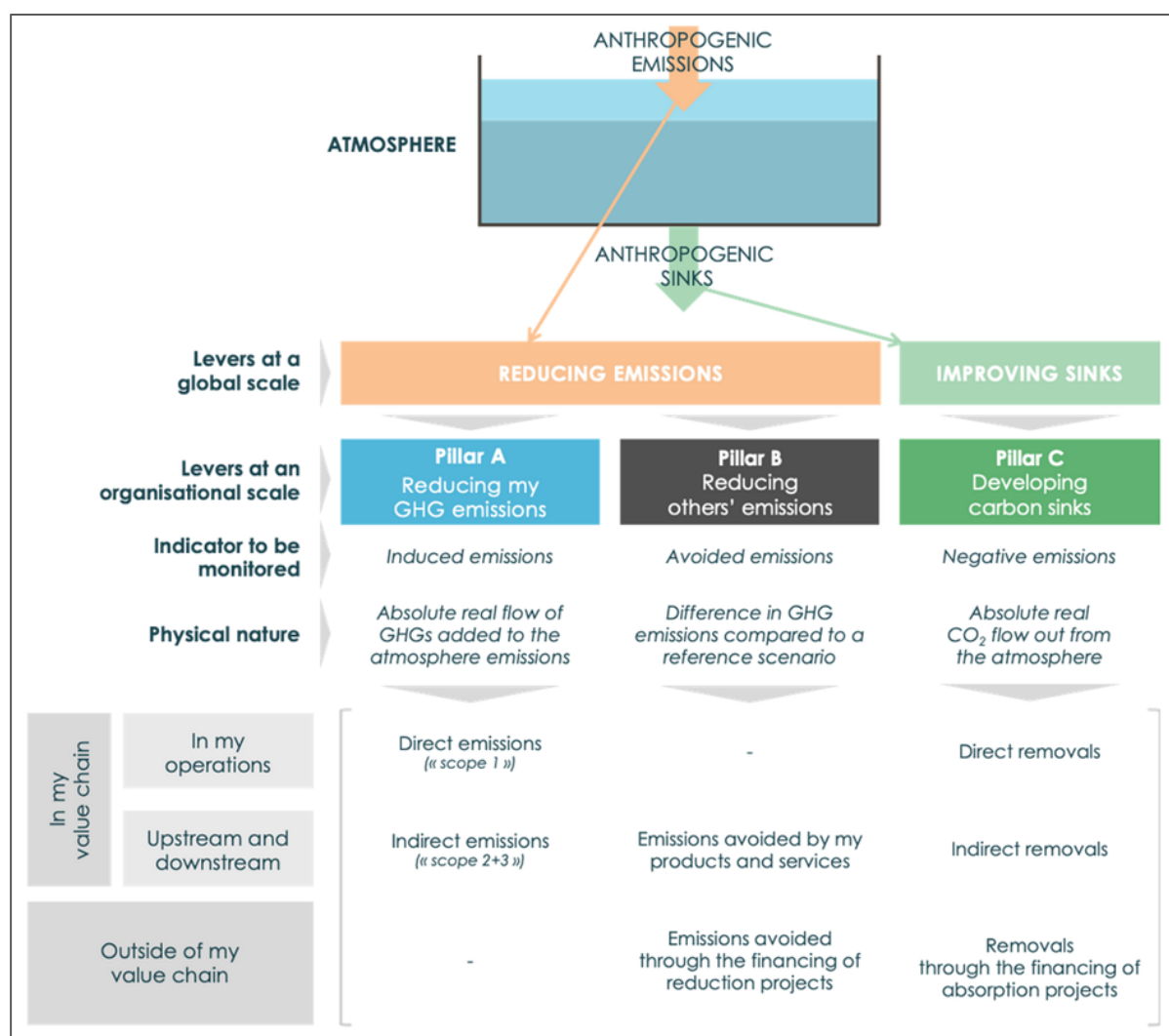
Ce type de modélisation permet donc de permettre de faire un premier lien entre les différents sujets que constitue le DD dans un secteur d'activité. Ces liens peuvent se décrire au sein d'une même sphère comme pour la biodiversité et le climat pour l'écologie, ou entre les sphères. Dans le cas du projet NZI, il est proposé d'utiliser un référentiel (fig.2.12) permettant de comprendre où se situent les enjeux de régulation des émissions pour une entreprise :

- d'une part il doit y avoir une baisse des émissions, soit directement dans l'entreprise (*induced emissions*), soit chez d'autres (personnes ou organisations, *avoided emissions*) ;
- d'une autre part, il faut augmenter les puits de carbone afin de capter du CO₂ déjà émis dans l'atmosphère (*negative emissions*).

Par conséquent, les activités liées à la FB peuvent contribuer à cette neutralité carbone de plusieurs manières. D'abord *via* les politiques de gestion forestière (moins de déforestation, meilleure protection des peuplements forestiers face aux incendies, élaboration de modèles combinant le cycle de vie des ressources-bois et les besoins en termes de production-consommation des produits bois etc.). Ensuite *via* les politiques économiques de l'utilisation

du bois comme matière-première. En effet, étant donné que les produits-bois séquestrent le carbone tout au long de leur cycle de vie, les entreprises de la FB peuvent devenir des contributeurs de la baisse des émissions d'entreprises d'autres secteurs (fig.2.12 : « *emissions avoided by my products and services* »). C'est le cas notamment pour le bois d'œuvre beaucoup moins énergivore et avec une empreinte carbone *in fine* négative, par rapport aux autres matériaux de construction (cf. partie 3.1.3. « Economie circulaires et technologies », p.166-167).

Fig.2.12. Le référentiel NZI, déclinaison de neutralité carbone pour une entreprise



Source : Dugast (2020), p.9

Les projets liés à la gestion des forêts existent déjà un peu partout dans le monde, notamment *via* les « projets carbone », qui sont utilisés dans des cadres institutionnels comme le mécanisme « REDD » (Réduction des Émissions dues à la Déforestation et à la Dégénération forestière, cf. partie 1.1.2., p.35) ou le « Mécanisme de développement propre » inclus dans le

protocole de Kyoto et dans le programme CORSIA (« *Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation* »), dispositif réglementaire mondial visant à partir de 2021 à compenser les émissions de CO₂ des vols internationaux excédant leur niveau de 2020. Néanmoins, ces projets carbone ne sont pas encore complètement popularisés, ce qui permettrait par la même occasion de mettre l'accent sur le projet collectif⁴⁸ que constitue le problème des émissions de GES (Dugast, 2020).

Concernant la Russie⁴⁹, on pourra noter que la Douma (La chambre basse de l'Assemblée fédérale de la Fédération de Russie) envisage d'examiner un projet de loi « sur la limitation des émissions de gaz à effet de serre en Russie » qui introduira la déclaration obligatoire des émissions des entreprises afin de constituer par la suite une base légale pour la circulation des « unités de carbone ». Un projet pilote est actuellement lancé dans l'Oblast de Sakhaline (Extrême-Orient) où une feuille de route a d'ores et déjà été adoptée afin de mettre en place un système de quotas-carbone. Enfin, deux autres projets pilotes bas-carbone devraient voir le jour prochainement dans les Oblasts de Nijni Novgorod et de Kaliningrad.

Enfin, en termes de MI, ce premier modèle permet de situer l'EC. D'abord dans l'environnement, où celle-ci doit permettre un renouvellement des ressources avec un maximum d'externalités positives d'un point de vue de durabilité (biodiversité, production d'oxygène etc.). Puis, dans la sphère socio-économique via la question de la gestion des ressources et des déchets. Ce premier modèle permet également une transition vers l'analyse des interactions entre les éléments du système « FB » grâce à une double classification des problèmes de développement présentée ci-après.

2.2.3. CLASSIFICATION DES INTERACTIONS DANS UN SYSTEME « FILIERE-BOIS »

Deux modèles sont élaborés pour étudier le développement de la FB. Le modèle 2 (fig. 2.13) « classification des problèmes de développement de la FB selon les valeurs créées et d'un

⁴⁸ C'est pour cela d'ailleurs que l'auteur parle bien de « contribution carbone » et non de « compensation carbone » étant donné que : « les émissions anthropiques dépassent de beaucoup la quantité de compensation disponible dans le monde, ce concept n'est pas universalisable et ne peut donc être considéré comme une solution viable à large échelle » (Dugast, 2020, p.6).

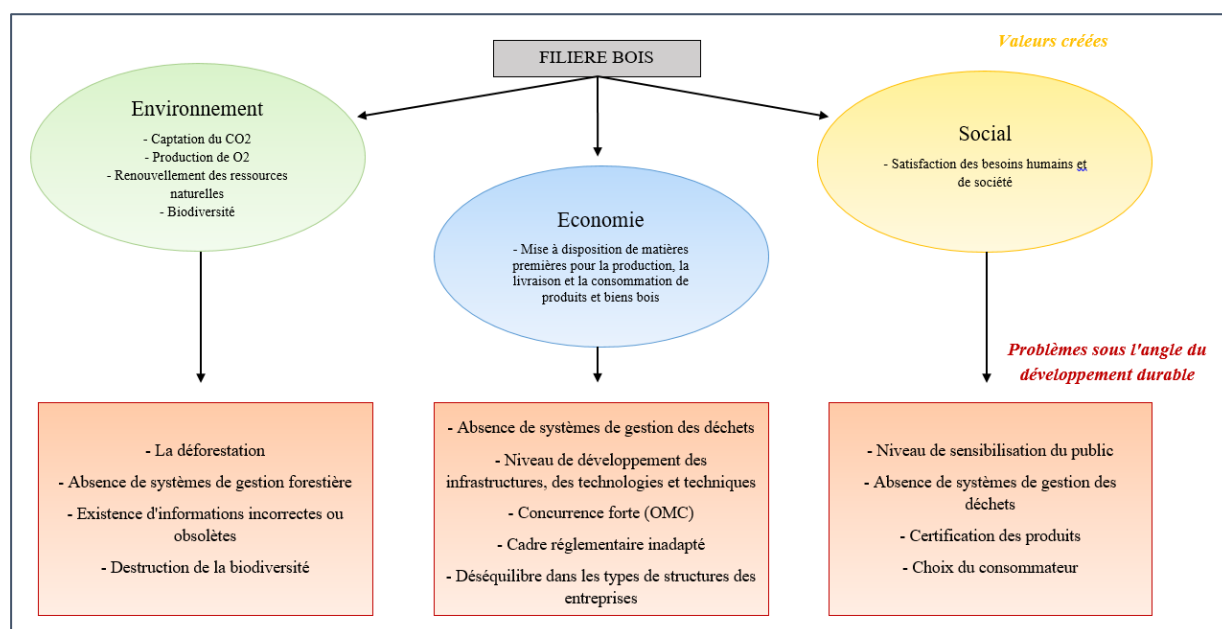
⁴⁹ Il n'y a pas encore d'articles scientifiques disponibles sur le sujet en Russie. Seuls quelques articles de journaux reprennent les récentes déclarations des autorités russes sur le sujet. Ici la source utilisée est le journal « *Vedomosti* » du 1^{er} avril 2021 avec l'article « Trois régions se préparent à se lancer dans le commerce du carbone » (« *Tri regiona gotovyatsya zapustit' torgi kvotami na vybros ugleroda* »), disponible à <https://www.vedomosti.ru/economics/articles/2021/03/31/864074-tri-regiona>.

point de vue de DD » et le modèle 3 (fig. 2.14) « classification des problèmes de développement de la FB selon de facteurs de production et d'un point de vue d'EC ». La double classification a été élaborée et présentée dans Kalioujny et Monastyrnyy (2019, 2020) à travers une revue de littérature recouvrant dans un premier temps la Russie d'un point de vue de DD et ensuite plus axée sur l'EC et l'Oblast de Tomsk. L'idée de cette double classification est ainsi de croiser un maximum d'informations, rencontrées dans la littérature et de les confronter à la « réalité du terrain » *via* les entretiens semi-directifs. Les principaux résultats obtenus sont de différentes natures. Ils sont tout d'abord relatifs à la comparaison entre ce qui se passe au niveau fédéral (a) ou au niveau régional (b).

(A) FEDERATION DE RUSSIE ET OBLAST DE TOMSK : SIMILITUDES ET DIVERGENCES

L'un des résultats majeurs obtenus est qu'au niveau fédéral comme au niveau régional, les problèmes de la FB russe sont globalement similaires. Seules leurs caractéristiques propres comme la structure du fonds forestier, les infrastructures de transport, les spécificités liées aux coopérations internationales, etc. diffèrent, **ce qui rend pertinent le développement de modèles spécifiques à l'Oblast de Tomsk**, aux échelles méso et micro, développés à partir du modèle 4 (fig.2.17, p.134)

Fig.2.13. Modèle 2 : Classification des problèmes de développement de la FB selon les valeurs créées et d'un point de vue de DD



Source : d'après Kalioujny et Monastyrnyy (2019, 2020), traduit par l'auteur

Par exemple, il est apparu que les problèmes d'**environnement** (fig.2.13) ne sont pas intégrés comme étant des éléments à part entière de la Ch.Val de l'industrie du bois en Russie. Nous montrons que les informations disponibles sur la déforestation ou les interventions anthropiques sont globalement manquantes ou incomplètes. La FAO (Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture) estime ainsi qu'en Russie, la part des forêts dans des zones protégées n'était que de 2% en 2015 et qu'il s'agit du taux le plus bas parmi les dix pays possédant les plus grandes superficies forestières dans le monde (United Nations, 2018). Il n'existe pas par ailleurs de système unifié d'enregistrement obligatoire des bois ronds, ce qui ne permet pas un contrôle efficace au niveau fédéral (Zaprudnov et al., 2014).

De plus, la part des produits-bois certifiés reste très faible, alors que la certification est un moyen indispensable pour connaître l'état des forêts, en termes de quantité et de qualité et un moyen de compétitivité sur les marchés internationaux, en termes d'accès (standards) et d'image. Le niveau de certification a d'ailleurs du mal à se développer (ceci est dû au marché des certifications forestières en Russie, toujours en situation de monopole), ce qui ne permet pas de faire baisser les prix et représente donc une part importante de dépenses (FAO, 2012). Dans cet exemple, on voit donc bien que les problèmes environnementaux sont vite mêlés avec d'autres problèmes, notamment **socio-économiques** que sont par exemple le problème des monopoles en Russie, le manque de moyens de contrôle ou le manque de données.

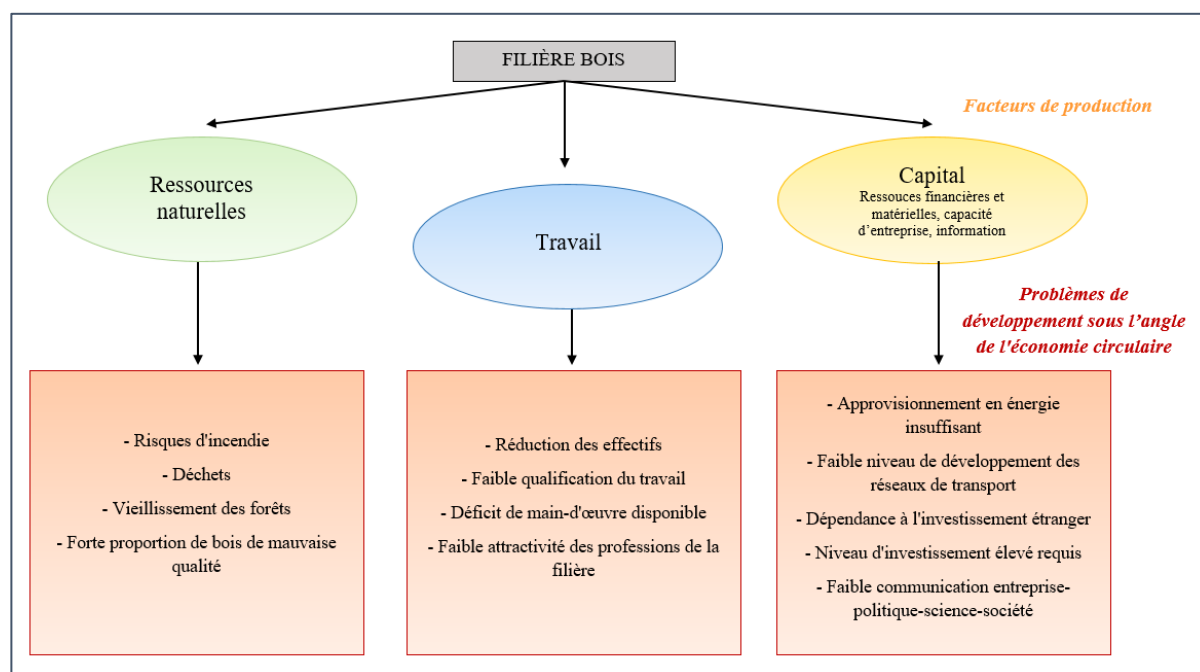
D'un point de vue de la sphère **économique**, il est apparu que l'industrie du bois, qui s'inscrit dans une transition du système russe vers une économie de l'innovation exige aujourd'hui une main d'œuvre de plus en plus qualifiée, une infrastructure et une base technologique développées et un cadre institutionnel plus efficace. Or, l'étude empirique a révélé que les budgets de formation de la main d'œuvre de la FB russe en 2010, d'environ 5 milliards de roubles, représentaient 0,85% du PIB du secteur alors que les dépenses d'éducation pour le pays représentent environ 4% du PIB (Rybakova, 2013). Ce problème, d'un point de vue institutionnel révèle la nécessité d'unifier les centres scientifiques liés à la FB, et de les faire converger vers des objectifs communs.

Cela permettrait de comprendre les fonctions de chaque centre dans une stratégie globale de développement de la FB, d'améliorer le contenu proposé par les formations et d'augmenter leur attractivité pour les jeunes générations (Stepanov, 2014). En effet, on peut noter ici que le nombre de chercheurs a été divisé par 50 depuis une trentaine d'années, confortant ainsi le retard accumulé sur le marché forestier mondial (Kondratyuk et al. 2013). Cet état de fait est confirmé par la FAO (2012), qui estime que dans les institutions forestières

fédérales, le nombre de chercheurs a été divisé par cinq et s'élève actuellement à environ 600 chercheurs, dont les équipes sont dispersées et ne réalisent que des commandes de court terme.

Parallèlement, d'un point de vue d'EC (fig.2.14), la **composante sociale**, via par exemple l'éducation et la formation ou l'évolution des mentalités, montre qu'en plus d'un manque évident d'informations et de recherches en termes d'EC (cf. chapitre I, p.64-65), aucune université russe ne considère l'EC comme un objet de recherche de moyen ou long terme (laboratoires, instituts) ou faisant l'objet d'un cursus de formation de futurs spécialistes, comme c'est le cas par exemple en France ou en Angleterre (cf. chapitre I, p.47). Cela peut faire également écho au fait que la société russe dans son ensemble n'est toujours pas consciente des risques écologiques. Les capacités des écosystèmes des forêts russes et de Tomsk à absorber et à stocker le carbone ne sont pas incluses dans les divers documents étatiques et municipaux, et la demande des ménages en produits-bois n'est pas considérée comme prioritaire et n'est donc pas incluse dans le panier minimal de consommation des ménages (Andreyeva et al., 2013).

Fig.2.14. Modèle 3 : Classification des problèmes de développement de la FB selon de facteurs de production et d'un point de vue d'EC



Source : d'après Kalioujny et Monastyrnyy (2019, 2020), traduit par l'auteur

La formalisation de ces différentes problématiques, rendue possible par les modélisations met en lumière certains angles morts du développement économique de la

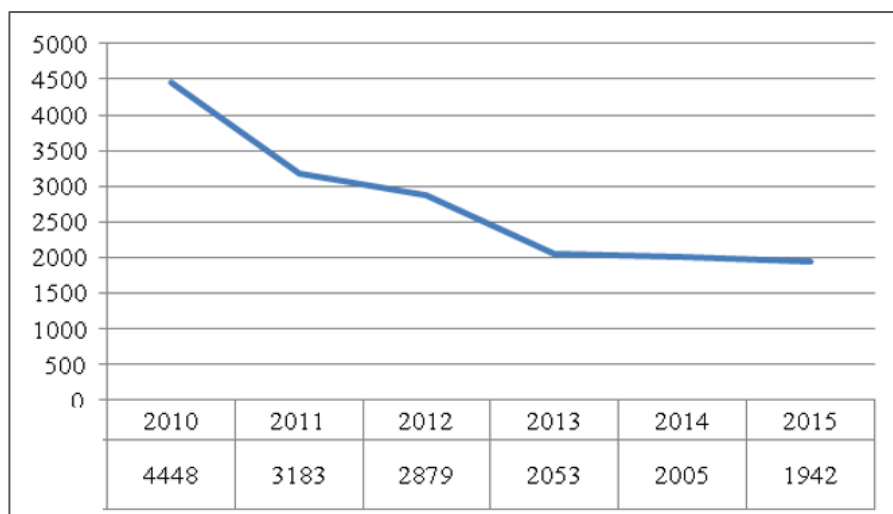
Russie, de son modèle basé sur ses ressources naturelles, de sa trajectoire vers un DD global et de sa transition vers un systèmes d'innovation dédiés à l'économie circulaire.

(B) L'OBLAST DE TOMSK

Les deux modélisations permettent de souligner également que l'Oblast de Tomsk, comme n'importe quel autre territoire, possède des caractéristiques qui lui sont propres. L'analyse ciblée de l'Oblast de Tomsk met en avant par exemple la **problématique d'un manque d'infrastructures logistiques et de transport**. Avec ses 3082 km de frontières et alors que la région est productrice et exportatrice de panneaux de particules à l'échelle nationale et internationale, elle ne possède aujourd'hui que 4 liaisons de transport (fig.2.7, p.111). De plus, 98% de la superficie de son fonds forestier est jugée « faiblement » et « extrêmement faiblement » desservie par le réseau routier (Bezrukova et al., 2012 ; Département des forêts de l'Oblast de Tomsk, 2009-2018). La longueur opérationnelle des principaux chemins de fer de la région y reste très courte et totalise seulement 346 km, dont 214 km pour le fonds forestier. L'Oblast de Tomsk occupe aujourd'hui seulement la 71^e place au niveau fédéral en densité de réseau ferroviaire et la 70^e place en densité de routes terrestres.

En termes de « **travail** » (ou « **capital humain** »), le nombre annuel moyen de salariés dédiés à l'activité économique « exploitation forestière » dans la région de Tomsk a diminué de 57% en 2015 par rapport à 2010 (fig.2.15) confirmant les tendances globales en termes de technologies et de la nécessité de former et potentiellement reconvertir les travailleurs en vue des évolutions futures.

Fig.2.15. Nombre annuel moyen de salariés dédiés à l'activité économique « exploitation forestière » dans la région de Tomsk entre 2010 et 2015



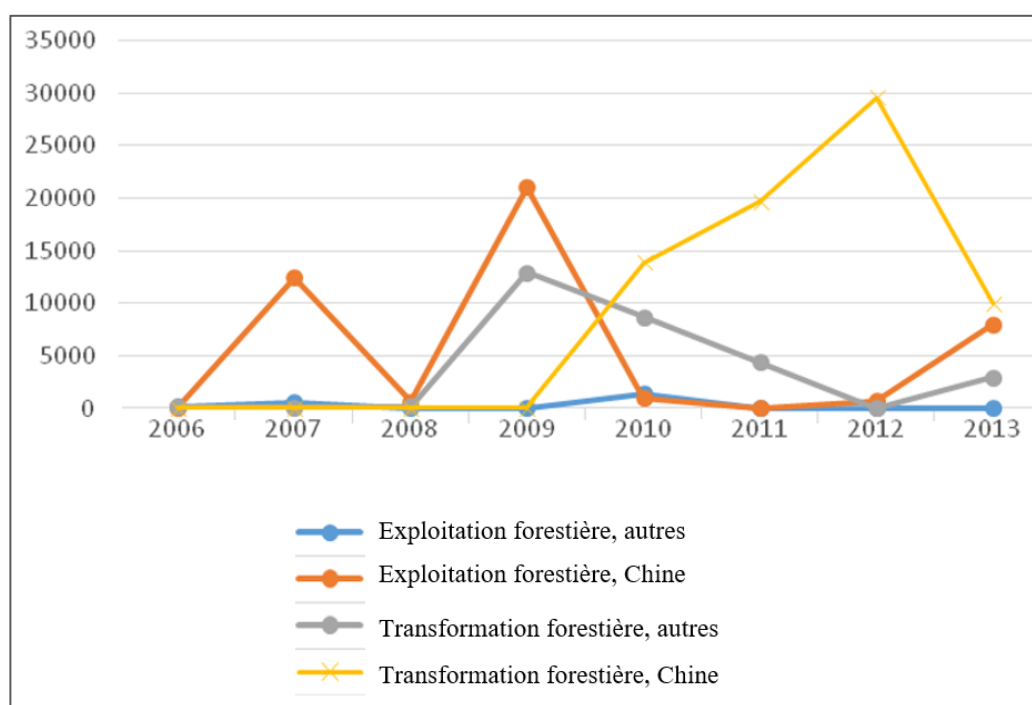
Source : Kalioujny et Monastyrnyy, 2019

Cela pose également la question du tissu des **petites et moyennes entreprises** qui participent activement au développement socio-économique des territoires éloignés, en particulier dans les zones défavorisées⁵⁰. Celles-ci restent encore trop loin des grands centres de production pour connaître des **investissements** importants et celles-ci ne sont pas prêtes à absorber les changements institutionnels structurels.

En termes de savoir-faire et de développement, cette situation pourrait conduire à une aggravation de la situation socio-économique sur ces territoires (Département de l'entrepreneuriat et du secteur réel de la région de Tomsk, 2013 ; Rybakova, 2013).

Enfin, le cas de l'Oblast de Tomsk est un exemple intéressant en matière d'investissement. Alors même que l'Oblast est jugée très attractive grâce à ses ressources naturelles et à son capital-humain, une très large proportion des investissements dans l'industrie du bois provient de l'étranger (fig.2.16), notamment de Chine. Cette situation pourrait favoriser une certaine dépendance ou remettre en question le rôle des fonctions environnementales et sociales du territoire.

Fig.2.16. Investissements étrangers dans l'industrie du bois de l'Oblast de Tomsk entre 2006 et 2013, en milliers de dollars



Source : d'après Kalioujny et Monastyrnyy (2019), traduit par l'auteur

⁵⁰ Zone caractérisée par des niveaux plus élevés de chômage chronique et des revenus par habitant inférieurs à ceux des autres régions du pays.

L'accumulation et le tri des informations ont été ainsi effectués pour mieux conceptualiser l'objet de recherche (le lien EC-DD) via un terrain d'étude (FB russe et de l'Oblast de Tomsk) via les modèles 1, 2 et 3. A partir de là, la MI s'appuie sur une analyse de la question centrale du sujet « les déchets-bois dans l'Oblast de Tomsk », centrale car elle associe le DD, l'EC, la FB et la région étudiée.

2.2.4. PREMIERE APPLICATION DE L'ECONOMIE CIRCULAIRE A LA FILIERE-BOIS DE L'OBLAST DE TOMSK

Le modèle à élaborer constitue donc la première représentation existante du système « FB » de l'Oblast de Tomsk (Kalioujny et Monastyrnyy, 2020). Nous rappelons qu'il s'agit de produire la description, d'un point de vue d'EC en termes de Ch.App et de Ch.Val, des leviers de la FB de l'Oblast de Tomsk en termes d'acteurs, de flux financiers ou de flux de matières associés (fig.2.17). Cette modélisation de nature structurelle-fonctionnelle s'inspire de l'outil « **Analyse de Flux de Matière** » (AFM). Elle intègre des analyses statistiques et empiriques.

AFM

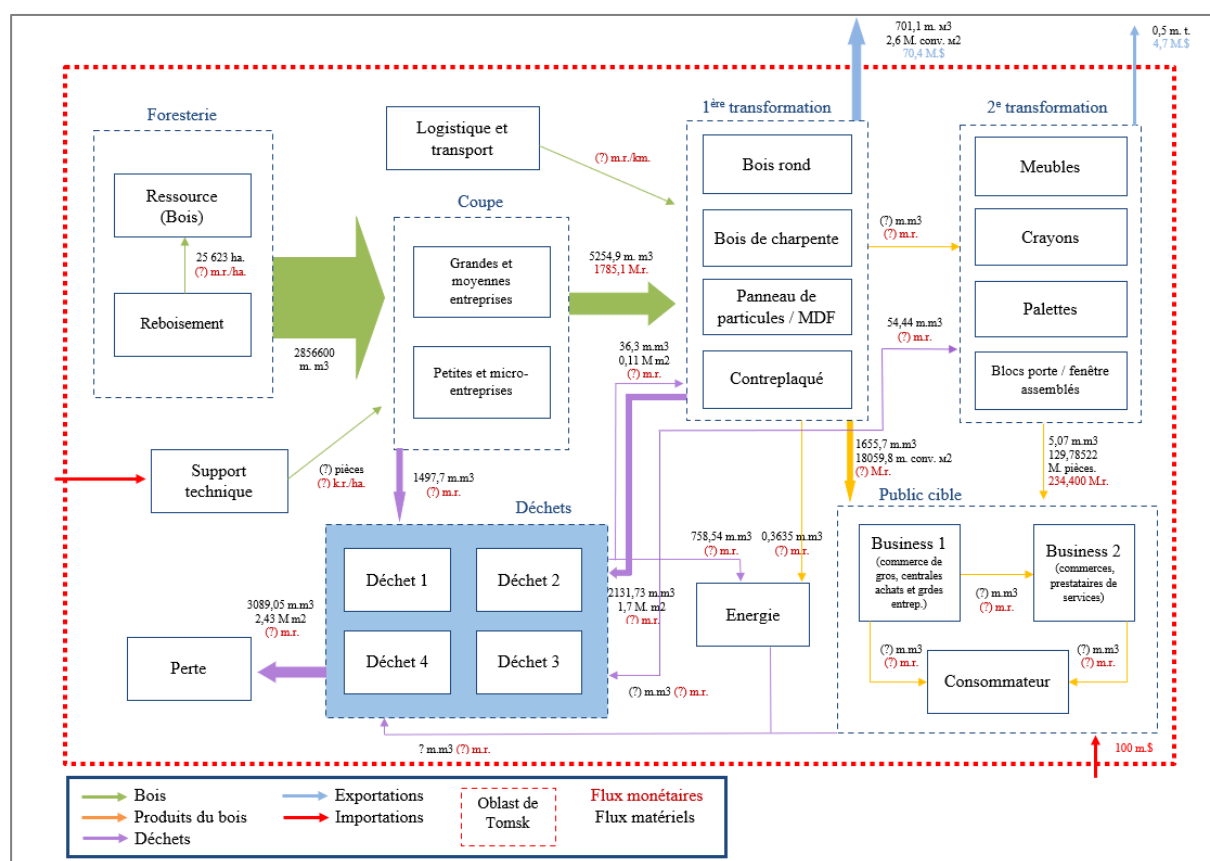
L'AFM est un outil largement utilisé dans la recherche académique, y compris dans les domaines du DD et de l'EC (Aurez et Georgeault, 2016), et également dans celui de la FB (Binder et al., 2004). L'AFM s'inspire directement de l'analyse systémique en se basant sur la loi de conservation de la matière. En ce sens, l'AFM permet de décrire et d'analyser les bilans matières d'un système en comptabilisant les flux d'entrée et de sortie du système étudié. Binder et al. (2004) utilisent l'AFM pour l'analyse de la FB du Canton d'Appenzell en Suisse et nous adoptons leur méthodologie : le modèle (fig.2.17) est délimité par :

- **une frontière**, ici l'Oblast de Tomsk ;
- **des processus**, ici la foresterie, la coupe, les transformations, le public cible et les déchets ;
- et **des flux**, ici à travers les flux de bois (matière-première), de produits-bois (produits finis), de déchets-bois et des exportations/importations qui sont quantifiés en volume (m³) et/ou en monnaie (dollars, roubles).

La frontière permet ainsi de « positionner » la FB régionale *via* ses flux d'importation et d'exportation. Nous pouvons faire émerger les résultats suivants. La région apparaît être plutôt dans une balance commerciale positive avec 75,1 millions de dollars en produits-bois exportés et 100 000 dollars de produits-bois importés. 95% des exportations concernaient des

produits-bois de première transformation destinées d'abord à la Chine, ce qui confirme les intérêts chinois pour la ressource régionale (Kalioujny et Monastyrnyy, 2020). Nous montrons également que nous pourrions arriver à analyser la consommation finale interne-régionale de l'Oblast, à condition qu'il existe des données et des statistiques disponibles. En ce sens, ce modèle rend possible le démarrage d'une analyse en précisant où le manque d'informations est le plus important.

Fig.2.17. Modèle 4 : Création de produits et biens-bois dans la Ch.App de la FB de l'Oblast de Tomsk selon le point de vue de l'EC



Source : adapté de Kalioujny et Monastyrnyy (2020), traduit par l'auteur

Le modèle permet aussi de mettre en perspectives d'autres informations importantes qui structurent le système. Ce modèle d'intrants-extrants propose donc par exemple de scinder les acteurs en tant que producteurs et/ou consommateurs, de poser la question des composantes techniques (selon leurs rôles en fonction des flux et de leur place dans la Ch.App.) ou encore la question des structures des entreprises. En effet, on peut ainsi souligner que près de 90% des contrats passés pour la coupe de bois le sont avec des petites ou micro-entreprises, qui semblent donc plus sensibles aux changements structurels qu'induisent une transition vers un système

EC-DD. L'émergence de tous ces éléments se révèle être essentielle pour l'analyse des choix des technologies circulaires (chapitre III).

REPRESENTATION FONCTIONNELLE-STRUCTURELLE DES DECHETS-BOIS

Cette modélisation permet d'avoir une représentation déjà quantifiée du sujet étudié : les déchets. Les informations collectées, calculées ou estimées sont nécessaires à l'analyse micro dédiée aux choix des technologies d'EC à mettre en œuvre sur les déchets. Ces informations seront donc exploitées dans le chapitre III (partie 3.1.2. « Classification des déchets-bois »).

On visualise (fig.2.17 : « déchets ») premièrement que les déchets se forment à 4 endroits clés de la Ch.App : au niveau de la coupe (déchet 1), des transformations (déchet 2 et 3) et après-consommation (déchet 4). Il apparaît également que certains déchets apparaissent comme des pertes, c'est à dire que ceux-ci sont :

- soit réutilisables/recyclables mais non réutilisés/recyclés (par ex. une grande partie des déchets de coupe)
- soit non réutilisables/recyclables (par ex. sciures de bois en petites quantités) ;
- soit réutilisables/recyclables mais qu'ils produisent alors des déchets finaux qui ne sont pas réutilisés/recyclés (par ex. les cendres après l'utilisation du bois-énergie).

Deuxièmement, on apporte des connaissances sur les volumes de déchets.

L'évaluation des quantités est soumise aux données disponibles. Pour les quantités de déchets et des pertes liées, celles-ci ont été calculées en utilisant la littérature qui incluent des « normes » (« *normativy* », tab.2.8). Ces normes ont été utilisées en fonction des données disponibles sur l'utilisation du bois dans l'économie régionale (Département des forêts de l'Oblast de Tomsk, 2009-2018, 2017) et dont les données ont été incluses dans le modèle 4.

En effet, dans le tab.2.8, est recensée la part en % de la production finale, des déchets et des pertes par rapport à l'utilisation de la matière première utilisée. Dans ce cas, un arbre dans l'environnement représente donc 100% de la matière-première exploitable. Au niveau de l'exploitation forestière et de la coupe, les déchets-bois (déchet 1) en Russie représentent de 20 à 37% de la part de la ressource exploitée avec 0% de pertes, c'est-à-dire que 100% des déchets issus de la coupe sont réexploitables dans un système d'EC. Au niveau des déchets de transformation (déchets 2 et 3), ceux-ci représentent de 5% (panneaux) à 52% (contre-plaqué) de la ressource-bois exploitable, avec un % de pertes variable et inévitable. Par exemple, pour

le sciage et usinage, 38 à 48% de la ressource-bois termine sous forme de déchets exploitables et 7% sous-forme inexploitable.

Tab.2.8. Normes russes en termes de productions finales, de déchets-bois générés et de pertes selon le type de production

Type de production	Part en % de la matière-première exploitable		
	Production finale	Déchets	Perte
1. Coupe et exploitation	63-80	20-37	0
2. Sciage et transformation			
2.1. Sciage et usinage	45-55	38-48	7
2.2. Panneaux (+ plastiques-bois)	85-90	5-10	5
2.3. Contre-plaqué	40-50	42-52	8
2.4. Production combinée	65-70	22-27	8
3. Produits chimiques-bois (pâte et papier, hydrolyse, alcool éthylique)	62-68	35-38	0

Source : adapté de Mokhirev et al. (2015), traduit par l'auteur

Pour la modélisation, les données retenues (tab 2.9.) correspondent donc à des valeurs moyennes en fonction des produits et biens-bois issus des entreprises de la région.

Par exemple, pour les déchets de coupe, c'est $28,5\% = (20+37) / 2$ de la ressource-bois qui termine sous-forme de déchets. Pour les déchets du sciage et usinage, soit pour la production de bois rond et du bois de charpente, c'est $43\% = (38+48) / 2$ de la ressource-bois qui termine sous-forme de déchets, et 7% sous-forme de perte.

On précise par ailleurs que la revue de littérature effectuée n'a pas permis de dégager les ordres de grandeur pour les industries régionales de seconde transformation en termes de déchets et de pertes, ceux-ci représentant une part trop peu importante pour être considérés comme exploitables. Au contraire, les productions de seconde transformation sous-formes de produits et biens finis, représentent une part importante des déchets finaux, qui eux peuvent être considérés comme des déchets exploitables. Au niveau des consommateurs finaux, aucune statistique disponible ne permet d'évaluer le taux de réutilisation/recyclage des déchets-bois. Au niveau national, seulement, il est estimé que les déchets-bois en fin de vie représentent 1 à 5% du total des déchets ménagers produits chaque année (Arrêté du Gouvernement de la Fédération de Russie N°84-r, 2018).

Tab.2.9. Volumes de production des principaux types de produits-bois en 2016 dans l'Oblast de Tomsk et part moyenne de déchets produits et de pertes induites

Type de production	Production finale (%)	Déchets (%)	Perte (%)
Coupe (10^3 m^3)	5254,9 (71,5%)	1497,7 (28,5%)	-
Bois rond (10^3 m^3)	2019,2 (50%)	1736,5 (43%)	282,7 (7%)
Bois de charpente (10^3 m^3)	374,9 (50%)	322,4 (43%)	52,5 (7%)
Panneaux de particules (10^3 m^3)	456,5 (87,5%)	39,13 (7,5%)	26,1 (5%)
MDF (10^6 m^2)	20,3 (87,5%)	1,7 (7,5%)	1,16 (5%)
Contreplaqué (10^3 m^3)	32,3 (45%)	33,7 (47%)	5,7 (8%)
Meubles (10^6 RUB)	234,4	?	?
Crayons (10^6 pièces)	129,7	?	?
Palettes (10^3 pièces)	85,22	?	?
Blocs porte / fenêtre (10^3 m^2)	5,07	?	?
Déchets et pertes	nd	3629,4 10^3 m^3	367 10^3 m^3
	nd	1,7 10^6 m^2	1,16 10^6 m^2
Dont réutilisés :	nd	907,35 10^3 m^3	nd
	nd	0,43 10^6 m^2	nd
- en énergie (22,5%)	nd	798,47 10^3 m^3	nd
- en pellets de bois (1,5%)	nd	54,44 10^3 m^3	nd
- en panneaux (1%)	nd	36,294 10^3 m^3	nd
		0,11 10^6 m^2	
TOTAL déchets / pertes	-	2722,05 10^3 m^3	367 10^3 m^3
		1,27 10^6 m^2	1,16 10^6 m^2

Source : composé par l'auteur, d'après Mokhirev et al. (2015) et Département des forêts de l'Oblast de Tomsk (2009-2018, 2017)

Enfin, toutes ces données sur la formation des déchets et pertes liés aux différentes productions régionales sont remises en perspectives avec les quelques industries existantes pour la réutilisation et le recyclage des déchets-bois. Ainsi, en 2013, il était estimé que 22,5% des déchets étaient réutilisés sous-forme d'énergie, 1,5% sous-formes de pellets de bois et 1% sous-forme de panneaux (Département des forêts de l'Oblast de Tomsk, 2009-2018).

Malgré des données assez partielles et issues d'unités de mesure différentes, les résultats finaux de l'analyse montrent ainsi, qu'environ :

- 907,35 milliers de m³ et 0,43 million de m² de déchets-bois sont réutilisés/recyclés, soit environ 25% des déchets-bois exploitables ;
- 2722,05 milliers de m³ et 1,27 million de m² de déchets-bois exploitables ne sont pas réutilisés/recyclés, soit environ 75% des déchets-bois exploitables et 50% de la ressource première-bois exploitable ;
- 367 milliers de m³ et 1,16 million m² de déchets-bois sont non exploitables (pertes).

Ces estimations permettent ainsi de conclure dans Kalioujny et Monastyrnyy (2020) **qu'environ 50% de la ressource-bois exploitable présente dans l'environnement termine sous forme de déchets non réutilisés ni recyclés**. Ce chiffre a été confirmé et retenu lors des entretiens semi-directifs organisés avec les experts forestiers.

Cette analyse englobant des données croisées permet également de proposer une nouvelle estimation, plus approfondie et à partir de données plus récentes, quant aux données sur les déchets-bois dans l'Oblast de Tomsk. En effet, les seules données jusque-là disponibles ne permettaient pas de mettre en lumière les différents types de déchets, exploitables/non exploitables, en fonction de leur place dans la Ch.App et mis en perspective avec les différents types de productions régionales.

FLUX FINANCIERS, LOGISTIQUE ET TRANSPORT

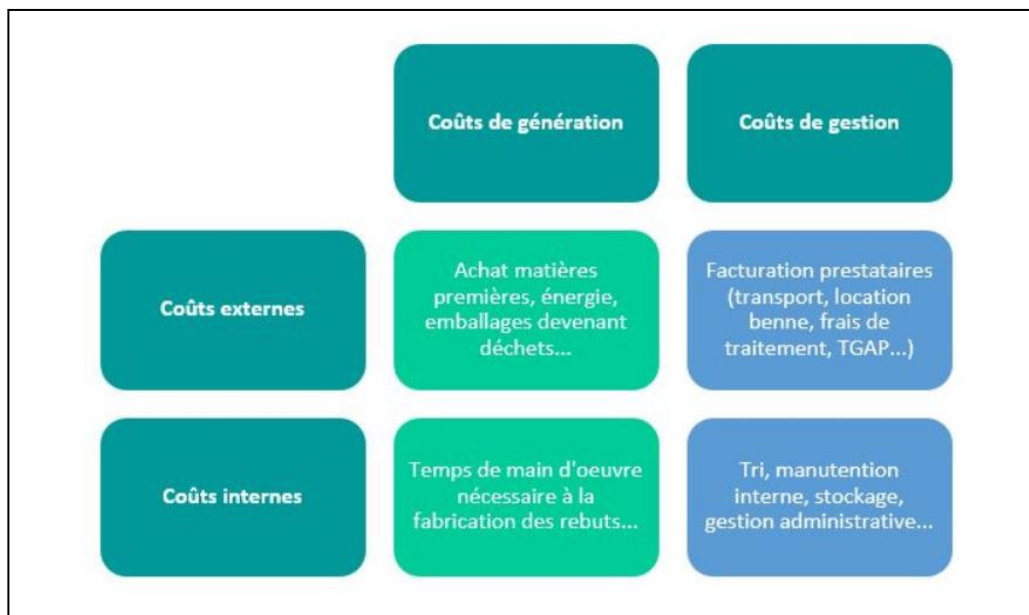
Cette dernière analyse complète la modélisation structurelle-fonctionnelle des déchets dans l'Oblast de Tomsk en étudiant les différents flux et processus qui leurs sont associés. L'objectif serait de produire une analyse en termes de coûts complet liés au déchets (fig.2.18).

Pour les flux monétaires, nous avons mis en évidence qu'il est aujourd'hui très difficile d'estimer leur valeur. En effet, la majorité des déchets n'étant pas réutilisés ou recyclés, et la composante logistique-transport étant très importante sur un tel territoire, il est aujourd'hui impossible d'établir une bonne estimation. Il serait nécessaire de mener des recherches plus approfondies sur chaque type de déchet produit et sur les coûts internes et externes que ceux-ci engendrent pour leur gestion (fig.2.18).

Les coûts internes font référence à des coûts de génération, comme le temps de main d'œuvre lié à la production des déchets, des coûts de gestion, comme le temps de main d'œuvre lié au tri et à la manutention des déchets. Les coûts de génération externes font référence eux

aux achats en matières-premières, en énergie, etc., et les coûts de gestion externe, ceux liés au transport, aux locations, aux bennes, etc.

Fig.2.18. Coût complet liés aux déchets



Source : ADEME (2020)⁵¹

Concernant la question des déchets-bois dans l'Oblast de Tomsk, il ressort que les facteurs liés au territoire et infrastructures vont avoir un impact très important. Par exemple, les coupes se faisant en majorité en hiver grâce aux routes gelées (« *zimniki* »), qui offrent de nouveaux passages, et grâce au fait qu'une large partie des ressources sont sèches et plus facile à exploiter. Or, avec une température pouvant frôler les -50°C en hiver, le temps de main d'œuvre peut être largement diminué, d'une part par les machines, et d'autre part par les employés.

Il sera donc également nécessaire de mettre en place les dispositifs d'observations et de collecte d'informations, voire les approches comptables lorsque se déploieront de telles activités.

⁵¹ <https://www.ademe.fr/entreprises-monde-agricole/reduire-impacts/reduire-cout-dechets/dossier/combien-content-dechets/calculer-cout-complet-dechets>

CONCLUSION DU CHAPITRE II

L'introduction d'un modèle d'Economie Circulaire (EC) dans la Filière-Bois (FB) de l'Oblast de Tomsk est élaborée par une Modélisation Intégrée (MI) comprenant 3 niveaux d'analyse (macro, méso et micro) et reposant sur 9 modèles. Une telle modélisation est tout à fait nouvelle et son processus d'élaboration ainsi que les résultats obtenus constituent un travail inédit à deux niveaux. Il s'agit tout d'abord d'un travail nécessaire pour comprendre les possibilités et faisabilités de la prise en compte du Développement Durable (DD) et de l'EC dans la FB. Ces processus et phénomènes ont été ainsi développés *via* le terrain d'étude, que constituent la FB russe et de l'Oblast de Tomsk, et plus précisément au travers des enjeux socio-économiques et environnementaux que ceux-ci représentent. Il s'agit, deuxièmement, de **produire une connaissance, encore jamais globalisée à ce niveau**, sur la FB et son développement *via* l'EC appliquée aux déchets-bois.

Nous avons consacré ce chapitre II aux 4 premiers modèles de la MI. Toutes les informations accumulées jusque-là, au travers des chapitres I et sur le terrain d'étude ont été « scellées » dans ces différents modèles. Ils permettent de représenter d'abord tous les enjeux EC-DD au plus haut niveau de généralisation (macro, modèles 1,2,3) et de transiter vers un modèle moyen de généralisation (méso, modèle 4) afin de représenter les enjeux EC-DD dans l'Oblast de Tomsk.

L'analyse du terrain d'étude permet de dire que :

- 1) **les déchets-bois en Russie sont bien considérés comme un enjeu stratégique permettant des avancées dans les 3 sphères DD ;**
- 2) le parallèle entre **les enjeux de DD et de l'économie de l'innovation sont bien liés en Russie**, c'est la cas notamment de la FB et de la stratégie de *clusterisation* des activités sylvicoles dans l'Oblast de Tomsk ;
- 3) **les paramètres environnementaux semblent être considérés comme majeurs pour le futur de la FB, mais pas encore intégrés aux stratégies de développement socio-économiques.**

Cette première partie est ainsi primordiale avant de présenter l'un des résultats majeurs acquis pendant le travail de recherche : une méthodologie du choix des technologies circulaires, construite à travers le cas de l'Oblast de Tomsk, et qui fait l'objet du chapitre III.

BIBLIOGRAPHIE DU CHAPITRE II

1. Ablaev I. Innovation Clusters in the Russian Economy: Economic Essence, Concepts, Approaches. *Procedia Economics and Finance*, Vol.24, 2015. P.3-12.
2. Administration de l'Oblast de Tomsk. Stratégie de développement socio-économique de l'Oblast de Tomsk jusqu'en 2030. Annexe N 2580 à la décision de la Douma législative de l'Oblast de Tomsk du 26 mars 2015. 62 p. (en russe)⁵².
3. Agence SGM (Sustainable Growth Management Agency). Évaluation du développement durable des villes de la Fédération de Russie pour 2018. N°7. 23 p. (en russe).
4. Andreyeva Y.V., Arbatskaya Y.V., Kireyenko A.P. et al. Conséquences de l'adhésion de la Russie à l'Organisation mondiale du commerce pour l'économie régionale. Maison d'édition de l'UEEDB, Irkoutsk, 2013. 252 p.
5. Arrêté du Gouvernement de la Fédération de Russie du 25 janvier 2018 N°84-r « sur l'approbation de la stratégie de développement de l'industrie pour le traitement, l'utilisation et l'élimination des déchets de production et de consommation pour la période allant jusqu'à 2030 ». (en russe).
6. Autorité territoriale du Service fédéral des statistiques de l'État de l'Oblast de Tomsk. Annuaire statistique « Tomskstat » 2016. Tomsk, 2016. (en russe).
7. Autorité territoriale du Service fédéral des statistiques de l'État de l'Oblast de Tomsk. Annuaire statistique « Tomskstat » 2019. Tomsk, 2019. (en russe).
8. Berthinier Poncet A. Gouvernance et innovation dans les clusters à la française : une approche par les pratiques institutionnelles. Gestion et management. Université de Grenoble, 2012. Français.
9. Bezrukova T.L., Borisov A.N., Shanin I.I. Classification of the estimation indicators of the industrial enterprise economic activity's efficiency. *Society: Politics, Economics, Law*, n°1, 2012. P.73-80. (en russe).
10. Binder C.R., Hofer C., Wiek A., Scholz R.W. Transition towards improved regional wood flows by integrating material flux analysis and agent analysis: the case of Appenzell Ausserrhoden, Switzerland. *Ecological Economics*, Vol.49, n°1, 2004. 17 p.
11. Département de l'entrepreneuriat et du secteur réel de la région de Tomsk. Rapport sur la stratégie de développement du complexe industriel forestier de l'Oblast de Tomsk jusqu'en 2025. Tomsk, 2013. 46 p. (en russe).
12. Département des forêts de l'Oblast de Tomsk, JSC "Centre scientifique d'État du complexe forestier". Le programme de développement du cluster de l'industrie du bois de l'Oblast de Tomsk jusqu'en 2020, Tom I, Tomsk, 2017. 133 p. (en russe).
13. Département des forêts de l'Oblast de Tomsk, Lesinvest OJSC. Le plan forestier de l'Oblast de Tomsk (2009-2018), livre 1. (en russe). 267 p.
14. Département d'économie de l'administration de l'Oblast de Tomsk. Résultats du développement socio-économique de la région de Tomsk pour janvier-décembre 2019. Tomsk, 2020. (en russe). 20 p.

⁵² Pour les références bibliographiques russes, si le titre en anglais n'était pas indiqué celui-ci a été traduit systématiquement en français. Dans la bibliographie générale (p.209), où les sources russes ont été regroupées, les titres en russe ont été rajoutés.

15. Département des ressources naturelles et de la protection de l'environnement de la région de Tomsk, OGBU Oblkompriroda. Surveillance environnementale : Rapport sur l'état et la protection de l'environnement de la région de Tomsk. Édité par A.M. Adam. Tomsk : deltaplane, 2014. 194 p. (en russe).
16. Développement durable : les défis de Rio. Rapport sur le développement humain en Fédération de Russie en 2013. Édité par S.N. Bobylev pour le Programme des Nations unies pour le développement (Russie). Moscou, 2013. 202 p. (en russe).
17. Dugast C. Net Zero Initiative un référentiel pour une neutralité carbone collective. Carbone 4, Net Zero Initiative, 2020. 92 p.
18. EMISS, département des statistiques des prix et des finances. Service fédéral des statistiques // <https://www.fedstat.ru>. (en russe).
19. Food and Agriculture Organization of the United Nations. The Russian Federation forest sector. Outlook study to 2030. Rome, 2012. 93 p.
20. Gouvernement de la Fédération de Russie. Décret du gouvernement de la Fédération de Russie n°417 du 30 juin 2007 « sur l'approbation des règles de sécurité incendie dans les forêts ». (en russe).
21. Kalioujny B. (b). Development problems analysis of the timber industry complex from the point of view of circular economy. A comparative analysis of the Tomsk region and France. Prospects of Fundamental Sciences Development: collection of scientific papers of the XVIII International Conference of Students and Young Scientists. Tomsk Polytechnic University, 2019, T.5. P.78-80. (en russe).
22. Kalioujny B., Monastyrny E.A. Analysis of development problems in the timber industry complex within the formation of circular economy on the example of the Tomsk Region. Innovations, n°3, 2019. P.86-93 (en russe).
23. Kalioujny B., Monastyrny E.A. Integrated modeling of forest industries in the paradigm of sustainable development and the formation of circular economy. Innovations, n°3, 2020. P.85-94. (en russe).
24. Kalioujny B., Monastyrny E.A., Kudrin V.Y. Choice of technologies for wood waste realization within the formation and the development of circular economy in the wood cluster. Innovations, n°5, 2020. (en russe).
25. Kaplinsky R., Morris M. A handbook for value chain research. IDRC, Ottawa, 2001. 109 p.
26. Khayrullina M. Innovative Territorial Clusters as Instruments of Russian Regions Development in Global Economy. Procedia Economics and Finance, Vol.16, 2014. P.88-94.
27. Kondratyuk V.A., Kozhemyako N.P., Kondratyuk A.V. Processus d'investissement dans le complexe de l'industrie du bois de la Fédération de Russie. Forestry Bulletin of Bauman Moscow State Technical University, n°4, 2013. P.51-56. (en russe).
28. Korobov V., Rushnov N. Transformation de matières premières de faible qualité (problèmes des technologies sans déchets). Ecologie, 1991. 288 p. (en russe).
29. Kozhukhov N., Kozhemyako N., Fitchin A. Conceptual Approaches to Formation of Wood Industry Cluster in Russia. Forest Engineering Journal (Voronezh State Forestry University G.F. Morozov), Vol.7, n°3. 2017. P.236-253. (en russe).
30. Lallemand F., Guérin A-J. Quel avenir pour la forêt européenne face au changement climatique et à l'objectif de neutralité carbone ? Revue forestière française, n°3, 2017.
31. List-Org : Catalogue des organisations russes // <https://www.list-org.com>. (en russe).

32. Loi fédérale « sur les déchets de production et de consommation de la Fédération de Russie » du 29 décembre 2014. (en russe).
33. Martel S., Casset L., Gleizes O. Forêts et carbone : comprendre, agir, valoriser. Institut pour le développement forestier, 2015.
34. Ministère de l'industrie et du commerce de la Fédération de Russie. Projet de stratégie pour le développement du complexe forestier de la Fédération de Russie jusqu'en 2030. Moscou, 2017. (en russe).
35. Ministère des ressources naturelles et de l'écologie de la Fédération de Russie. Rapport sur la condition et l'utilisation des forêts de la Fédération de Russie pour 2015. Moscou, 2016. 23 p. (en russe).
36. Mokhirev A.P., Bezrukikh J.A., Medvedev S.O. Recycling of wood wastes of timber industry, as a factor of sustainable resource management. Engineering journal of Don (Southern Federal University), n°2-2 (36), 2015. P.81. (en russe).
37. ONF (Office National des Forêts). Rapport d'activité, 2015. 84 p.
38. Organisation publique panrusse « Zelonyy patrol' ». Evaluation environnementale nationale des régions. Période de calcul 01.12.2019 – 29.02.2020. (en russe).
39. RIA Novosti (calculs RIA Rating selon Rosstat). Classement des régions selon le niveau de bien-être familial – 2019. RIA Rating pour MIA Russia Today, 2019. (en russe).
40. RIA Novosti (calculs RIA Rating selon Rosstat, Ministère de la Santé, Ministère des Finances, Banque centrale et autres sources ouvertes). Qualité de vie dans les régions russes - Classement 2019. RIA Rating pour MIA Russia Today, 2020. (en russe).
41. Rybakova T. Pénurie de personnel. Industrie du bois et emballage. Kommersant, n°52, 2013. (en russe).
42. Shvidenko A. Les forêts russes au début du troisième millénaire : situation et tendances. Mémoire soumis au XII Congrès forestier mondial, Québec City, Canada, 2003.
43. Sosnovskikh S. Industrial clusters in Russia: The development of special economic zones and industrial parks. Russian Journal of Economics, Vol.3, n°2, 2017. P.174-199.
44. Service fédéral des statistiques étatiques. La Russie en chiffres 2019. Résumé statistique Rosstat-M., 2019. 543 p. (en russe).
45. Stepanov S.V. Orientations et mécanismes de la participation de l'État au développement du secteur forestier de la Fédération de Russie. Bulletin forestier (Université d'État des forêts de Moscou), n°3 (102), 2014. P.50-55. (en russe).
46. Tabakaev R.B., Kazakov A.V., Zavori A.S. Les perspectives des combustibles de faible qualité dans la région de Tomsk pour une utilisation en génie thermique. Bulletin de l'Université polytechnique de Tomsk. T.323, n°4 : Energie, 2013. P.41-46. (en russe).
47. Tadyrova E.A. Analyse du développement de l'innovation dans la région de Tomsk. Université d'Etat de Tomsk, 2015. (en russe).
48. United Nations. Global Forest Resources Assessment 2020. Terms and definitions. Forest resources assessment FRA 2020 working paper 188. FAO, Rome, 2018. 26 p.
49. Valade A., Luyssaert S., Vallet P., Njakou Djomo S., Jesus Van Der Kellen I. et Bellassen V. Carbon costs and benefits of France's biomass energy production targets. Carbon Balance and Management, Vol.13, Article n°26, 2018.
50. Zaprudnov V.I., Pinyagina N. B., Gorshenina N.S. L'état actuel du secteur forestier de la Fédération de Russie, les tâches et les perspectives de développement des industries sylvicoles. Forestry Bulletin of Bauman Moscow State Technical University, T.1, n°3, 2014. P.81-101. (en russe).

CHAPITRE III. MODELISATION INTEGREE PARTIE

II – LA METHODE DU CHOIX DES TECHNOLOGIES

CIRCULAIRES

INTRODUCTION DU CHAPITRE III

Dans l'état actuel du développement économique de la Filière-Bois (FB) de l'Oblast de Tomsk, dans la perspective de la montée en puissance des enjeux du Développement Durable (DD) via le développement d'une économie de l'innovation dans la Fédération de Russie, le chapitre III répond à la question suivante : comment introduire une Economie Circulaire (EC) souhaitable et réalisable économiquement au niveau de la gestion des déchets-bois ?

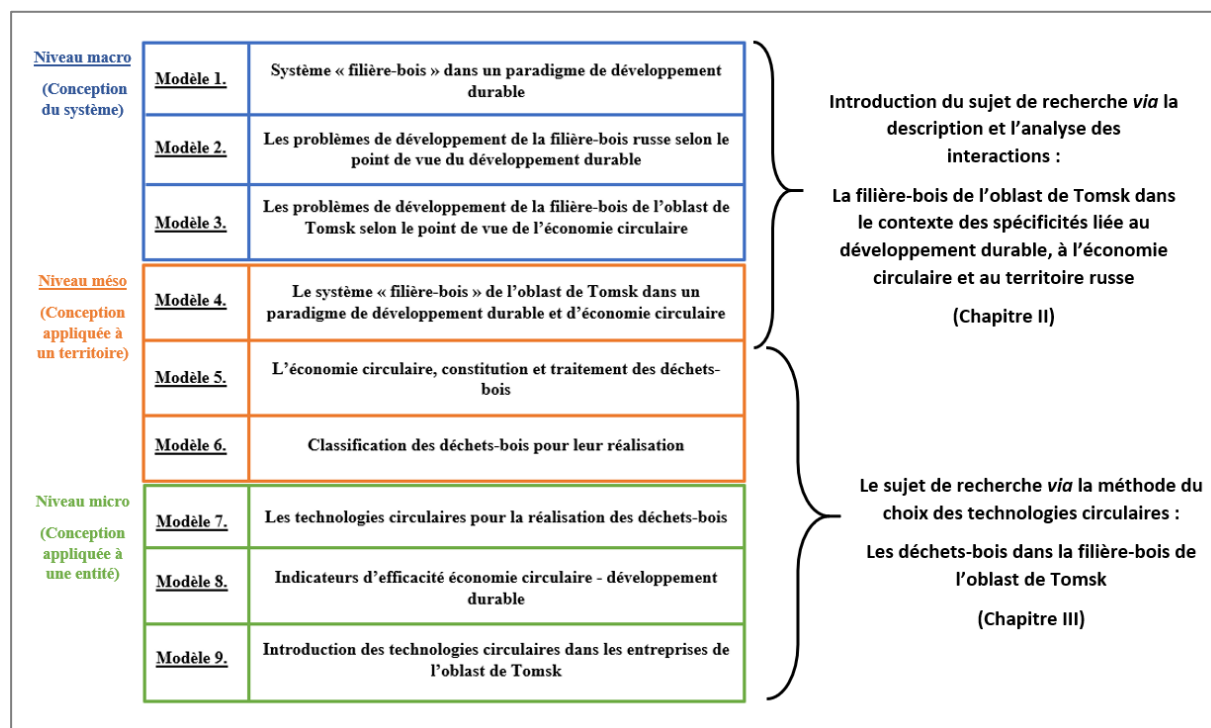
Le chapitre III développe donc la question micro-économique du choix des technologies circulaires et plus précisément propose une méthode pour identifier et insérer ces choix dans le système intégré DD ; EC ; Economie et Gestion forestière ; Fédération de Russie ; Oblast de Tomsk.

Trois éléments de cadrage doivent être rappelés et précisés. Premièrement, la Modélisation Intégrée (MI) complète comporte 3 niveaux d'analyses (macro, méso et micro) composés de 9 modèles, dont l'architecture est synthétisée dans la figure ci-dessous (fig.3.1). Deuxièmement, le chapitre II a été consacré aux 4 premiers modèles. Troisièmement, les analyses présentées dans le chapitre III reprennent une partie des recherches et résultats de Kalioujny et Monastyrnyy (2020) et Kalioujny et al. (2020).

Par ailleurs, nous rappelons le contexte général de nos recherches. Les méthodologies utilisées dans ce chapitre, comme dans les chapitres I et II de la thèse ou dans les articles que nous avons publiés, visent non seulement à identifier une voie d'évolution économique pour la gestion des déchets dans la FB, mais elles sont nécessaires à la production d'une connaissance, assez pauvre actuellement, de ce sujet. Nos analyses ont pour premiers résultats l'accroissement du niveau des connaissances spécifiques, par exemple à la FB ou à l'Oblast de Tomsk. Ensuite, sur des connaissances globales, par exemple par rapport aux articulations des différents systèmes économiques, environnementaux et sociaux. Le chapitre III constitue une nouvelle

marge de progression dans cette connaissance et par conséquent dans l'identification de solutions réalisables.

Fig.3.1. Vision globale de la MI lors des travaux de recherche



Source : composé par l'auteur

La finalité vise à proposer un choix de technologies circulaires adaptées à un territoire donné. Elle s'appuie sur deux niveaux d'analyses, qui font l'objet des deux parties du chapitre : dresser une typologie du choix des technologies circulaires (3.1), étudier la faisabilité des technologies possibles et leur mode d'introduction dans le système forestier de l'Oblast de Tomsk (3.2).

Comme l'indique la figure 3.1, trois modèles (5 à 7) sont développés dans la première partie et deux modèles (8 et 9) constituent la deuxième partie :

- d'abord isoler la question des déchets (modèle 5) afin de construire un système théorique circulaire autour des déchets/ressources et d'en comprendre les fondements ;
- engager une analyse afin d'approfondir la compréhension du système circulaire d'un point de vue plus « pratique » (modèle 6), c'est à dire comprendre comment créer les nouvelles boucles de création de valeurs socio-économiques et environnementales ;
- proposer une typologie de toutes les technologies circulaires disponibles permettant de créer un système circulaire (modèle 7) ;

- proposer un ensemble d'indicateurs circulaires afin de diriger ce choix vers un système « circulaire-durable » (modèle 8) ;
- présenter l'exemple du parc forestier *Asinovsky* (modèle 9) comme base de recherche pour l'introduction de technologies circulaires et ainsi discuter d'un scénario possible d'évolution dans la dernière sous-partie de ce chapitre.

Comme pour la première partie de la MI, à ces stades de recherche des évaluations expertes ont été sollicitées, toutes sous la forme d'entretiens semi-directifs (cf. partie 2.2.1. « Conceptualisation et architecture des savoirs accumulés », p.121). Cela s'est avéré nécessaire étant donné **qu'il existe un manque évident d'informations sur la conception de l'EC en Russie et sur la problématique des déchets-bois**. Comme exposé dans le chapitre I (cf. 1.2.5. « L'économie circulaire en Russie », p.61) aucun travail approfondi n'a été réalisé à ce jour en Russie sur l'application du modèle de l'EC, ni à la FB ni à travers l'exemple d'une région du pays. De plus, **alors même que les déchets-bois sont considérés comme un élément stratégique pour l'évolution de la filière et que 4 établissements d'enseignement supérieur, secondaire et professionnel sont affiliés au cluster-bois de la région, on déplore une absence de recherche et travaux scientifiques sur le sujet des déchets-bois dans l'Oblast de Tomsk** (cf. partie 2.1.3. « Stratégie organisationnelle et développement de l'économie forestière dans l'Oblast de Tomsk », p.114).

Les entretiens semi-directifs ont été organisés avec différents acteurs représentant des acteurs de la filière, du monde académique et institutionnel :

- le directeur du cluster-bois et un bureau d'étude spécialisé chargé initialement de mener une étude complète sur la question des déchets-bois dans la région. Ont été ainsi échangées des informations concernant les normes globales en termes de déchets-bois (présentées dans le modèle 4 de la MI, chap. II, p.134), des technologies ou des stratégies organisationnelles plausibles, tout cela dans l'optique de mener des recherches conjointes dans le futur. L'étude n'ayant finalement pas été réalisée, aucun projet de partenariat n'a pu aboutir ;
- Yuri Shabsovich Blam, chercheur à l'Institut d'économie et d'organisation de la production industrielle (Division sibérienne de l'Académie des sciences de Russie) dont les recherches portent sur l'analyse et la prévision du développement des systèmes industriels, notamment appliquées au cas de la FB. Cet entretien avait ainsi pour but de mieux comprendre les problèmes de développement liés à la FB russe et de discuter de possibles partenariats de

recherche sur la question des déchets-bois qui font partie des modèles d'évaluation intégrée proposés par l'auteur (cf. Modèle 5, p.148) ;

- des fonctionnaires publics territoriaux russes de l'Oblast de Tomsk et du Kraï de Krasnoïarsk afin de discuter et débattre de différentes techniques et technologies, des capacités de leur mise en œuvre au vue des 3 piliers du DD et des perspectives de développement futures. Il s'est avéré par exemple que l'entreprise *TomLesDrev* constitue un exemple remarquable en Russie d'utilisation de techniques et technologies circulaires au niveau de la coupe des arbres (cf. Modèle 7, p.159) ;

- le directeur du cluster-bois de l'Oblast de Tomsk en la personne de Vadim Yurievitch Kudrin, afin d'entretenir des discussions tout au long du processus de recherche (qui englobe également les informations de la MI présentées au chapitre II) sur les hypothèses et résultats issus des modèles réalisés, notamment à travers le cas d'entreprises du cluster-bois. Ces discussions ont alimenté la recherche publiée et co-signée avec V.Y. Kudrin (Kalioujny et al., 2020), sur laquelle s'appuient les informations présentées dans le chapitre III.

3.1. TYPOLOGIE DU CHOIX DES TECHNOLOGIES CIRCULAIRES

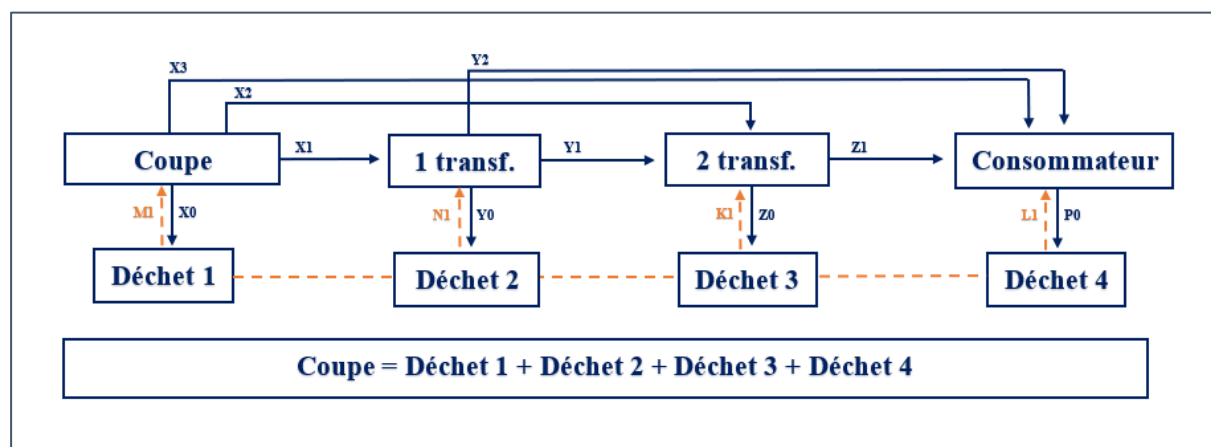
Le processus de choix des technologies circulaires nécessite tout d'abord de comprendre comment est formé un système circulaire dans la Filière-Bois (FB), c'est à dire comment celui-ci est articulé autour des déchets qui en constituent « les tenants et les aboutissants » (cf. partie 3.1.1., Modèle 5). Cela nous permet ensuite d'analyser comment aborder une stratégie d'EC grâce au principe des 4R et d'en discuter les fonctions (cf. partie 3.1.2., Modèle 6), afin de proposer par la suite une typologie des technologies sous l'angle de l'EC et d'en examiner leurs finalités (cf. partie 3.1.3., Modèle 7).

3.1.1. CONSTRUCTION D'UN SYSTEME CIRCULAIRE DANS LA FILIERE-BOIS

Le modèle 5 (fig.3.2) décrit la formation et la réalisation des déchets tout au long de la Chaîne d'Approvisionnement (Ch.App), de la coupe au consommateur en passant par les étapes de 1^{ère} et 2^{nde} Transformation du bois. Ce modèle reprend la visualisation des déchets présentée dans la fig.2.17 (p.134) dans laquelle sont décrits les 4 « endroits clés » de la formation des déchets.

La modélisation permet de faire remonter plusieurs catégories d'informations. Premièrement, elle permet de décrire les **processus plausibles de « réalisation » en fonction des types de déchets créés** (Déchet 1, 2, 3, 4) et en référence au **concept des 4R**. Le terme « réalisation », traduit du russe « *realizatsiya* », fait référence au concept des 4R de l'EC, à savoir la part totale des déchets ayant été Réduits, Réutilisés, Réhabilités et / ou Recyclés (Kalioujny et al., 2020).

Fig.3.2. Modèle 5 : EC, formation et réalisation des déchets dans la Ch.App de la FB



Source : d'après Kalioujny et Monastyrnyy (2020), traduit par l'auteur

Deuxièmement, elle donne une **vue globale et complète des interactions entre les éléments du système circulaire** :

- chaque type de déchet créé pouvant être ainsi considéré comme un flux de matières sortant (X0, Y0, Z0, P0), ou comme flux intrant (M1, N1, K1, L1) ;
- chaque élément de la Ch.App pouvant être relié les uns aux autres par des échanges sous-forme de produits-bois, et où les déchets peuvent permettre d'augmenter ces échanges.

On peut donc constater que la somme totale des déchets créés est égale au volume total de coupe. Cela fait directement référence au principe d'équilibre entrées-sorties, sous des unités de mesure naturelles (Kalioujny et Monastyrnyy, 2020).

Troisièmement, elle permet de **scinder les types de déchets en deux catégories** : ceux « industriels » (déchets 1,2,3) et ceux « de consommation » (déchet 4), ce qui permet de mettre en évidence les **responsabilités différentes** quant à la mise en place d'une stratégie d'EC (Modèle 6). Nous rappelons, à ce propos, qu'à partir du modèle 4 (cf. chap. II, p.137-138), nous avons pu estimer, grâce aux chiffres disponibles et présentés que les déchets et pertes liés à l'exploitation et la transformation du bois (déchets industriels) représentent près d'un arbre sur

deux coupé. Alors, les déchets post-consommation formeraient donc en moyenne en bout de chaîne 50% des déchets totaux du système, soit la part la plus importante de tous les types de déchets-bois.

Enfin, **la construction théorique du système circulaire FB doit permettre par la suite de le transposer d'un point de vue mathématique afin de projeter et de tester l'influence de changements possibles futurs dans le système**, par exemple dans la consommation des ménages ou des entreprises pour donner suite à l'introduction de nouveaux produits-bois. Cela est considéré par ailleurs indispensable pour l'évolution du secteur forestier en Russie (Blam et Mashkina, 2018), mais aussi en France et en Europe (Rougieux, 2017), particulièrement en termes de gestion des déchets et de durabilité des systèmes. Cela fait référence aux modèles numériques de quantification et d'évaluation de scénarios possibles ou d'analyses coûts-avantages (cf. chapitre I, partie 1.3.3., p.77).

MODELES DE GESTION APPLIQUES, DECHETS ET DURABILITE

En termes de modèles de gestion appliqués on peut noter d'abord les travaux de Blam et Mashkina (2007, 2018, 2019) qui représentent un projet russe engagé depuis un certain temps par l'Institut d'économie et d'organisation de la production industrielle (Division sibérienne de l'Académie des sciences de Russie, Novossibirsk) sur la construction d'un modèle d'évaluation intégré économique intersectoriel, incluant le secteur industriel forestier. Les auteurs montrent qu'il existe une absence de lien direct entre les actions menées par les entreprises et les prévisions économiques et macroéconomiques. Leur modèle « d'optimisation interdistrict et interindustriel » (OMMM, en russe « *Optimizatsionnaya Mezhotraslevaya Mezhrayonnaya Model'* ») permet ainsi d'inclure plusieurs blocs décrivant le développement de l'économie des régions, et qui sont liés par des conditions d'utilisation : droit de propriété, réalisation d'objectifs généraux, développement du transport, etc. *In fine*, il devient alors possible d'étudier les relations entre les politiques économiques nationales et le développement d'un ou plusieurs secteurs industriels afin d'harmoniser les décisions à des niveaux de généralisation différents.

Concernant la FB, cela donne par exemple la possibilité de donner des précisions sur les coûts de production et de transport des produits-bois, dans lesquels les déchets peuvent être inclus. Les produits et sous-produits-bois sont ainsi comptés en fonction des moyens de production et en unités naturelles (kg, g), ce qui permet de convertir la charge et la distance en coût. En fonction des consommateurs finaux (intrarégionaux, extrarégionaux, internationaux) le nombre de paramètres peut évoluer, par rapport aux taxes, impôts, allègements fiscaux ou par rapport au prix de vente par exemple. En termes de déchets (Blam et Mashkina, 2019), le

modèle montre que les principaux déchets-bois (coupe, sciage, contreplaqué) ne peuvent être intégrés de manière globale et rentable en Russie à des processus de recyclage comme les panneaux de particules ou les granulés de bois, les coûts de logistique et transport étant encore bien trop élevés.

Pour ce qui est de la question des déchets-bois dans des modèles de « gestion forestière circulaire », il n'a pas pu être trouver de travaux scientifiques spécifiques. Par ailleurs on peut noter que dans son travail de thèse, Rougieux (2017) précise qu'il existe un manque de modèles économiques théoriques sur l'utilisation des déchets et sous-produits bois⁵³, alors même que ceux-ci jouent un rôle clé dans les industries forestières, notamment dans l'industrie du papier qui fait l'objet du dernier chapitre de son travail. Ainsi, l'auteur compare d'abord 5 modèles du secteur forestier, dans le but d'étudier le rôle de la demande en produits-bois dans un contexte mondial où ceux-ci sont amenés à jouer des rôles de plus en plus importants (source d'énergie renouvelable, puits de carbone etc.) :

- 2 modèles de portée mondiale. Le modèle mondial des produits forestiers – GFPM (*The Global Forest Products Model*) et le modèle de commerce mondial de l'Institut européen des forêts – EFI-GTM ;
- et 3 modèles de portée nationale. Le modèle du secteur forestier français – FFSM (*French Forest Sector Model*), le modèle du secteur forestier finlandais – SF-GTM et le modèle d'optimisation du secteur forestier et agricole Américain – FASOM (*Forest and Agricultural Sector Optimization Model*).

De plus, dans son dernier chapitre l'auteur étudie l'impact des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) sur la demande en papier et doit donc intégrer le fait que chaque année les taux de recyclage des papiers en fin de vie augmentent, ce qui aura potentiellement un impact également sur l'utilisation du bois comme matière-première pour la production de pâte à papier.

Plus en termes de durabilité globale, on pourra également noter que le modèle français FFSM (*French Forest Sector Model*) prend en compte les impacts des politiques publiques sur l'atténuation des émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) au niveau national. Dans Caurila et

⁵³ « In fact, for sawmill operators saw dust is not a waste, but they prefer to call it a “by-product”. There is a lack of theoretical economic model on the reuse of by-products. Most forest sector model, even those which include multiple products do not consider the flows of by-products » (Rougieux, 2017, p.9).

Delacote (2013), les auteurs montrent qu’une politique ambitieuse de substitution énergétique (mobilisation de bois-énergie ou production de chaleur à base de biomasse) peut devenir une source de tension sur les marchés du bois et qu’une politique plus ambitieuse en termes de séquestration du carbone pourrait présenter un intérêt bien supérieur à l’horizon 2020, notamment grâce à la mise en place d’une taxe carbone généralisée. D’un point de vue d’EC, cela fait donc référence à l’utilisation et à la régénération des ressources-bois dans l’environnement.

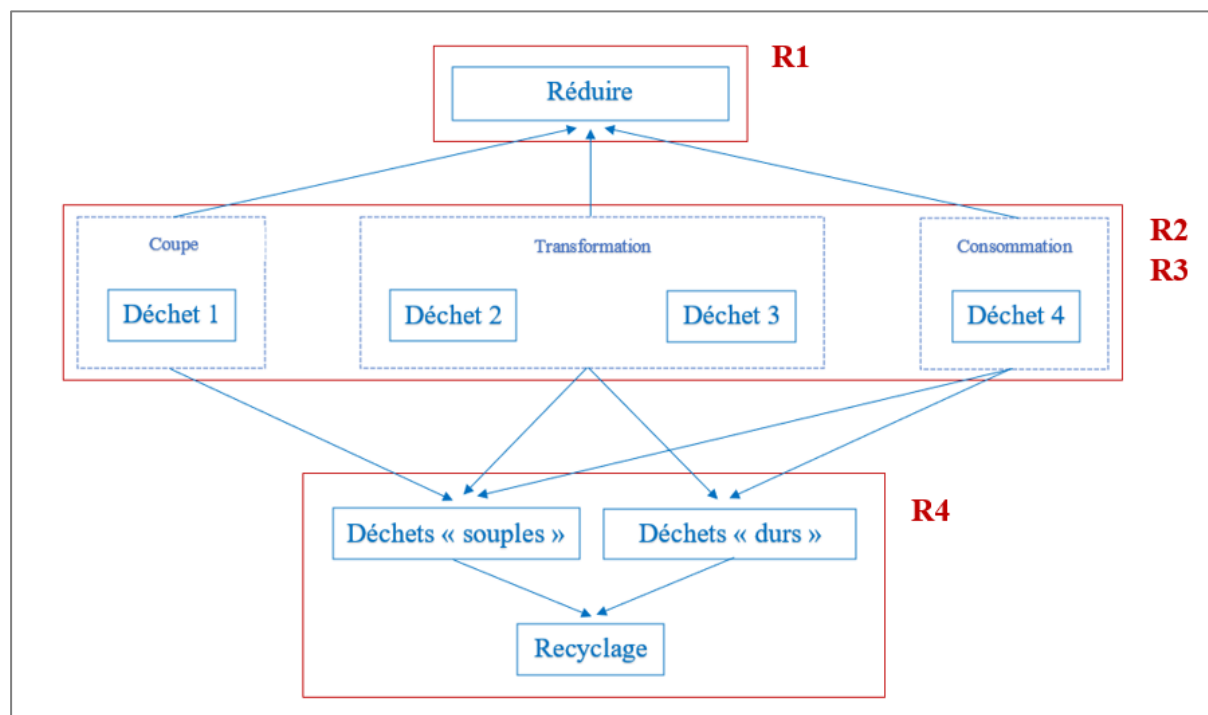
A partir de la formalisation du modèle 5, la prochaine étape consiste donc à décrire les étapes de formation d’un système circulaire, c’est à dire à répondre aux questions fondamentales de l’utilisation des déchets-bois selon le principe des 4R : où et comment réduire, réutiliser, réhabiliter et recycler les différents déchets-bois ?

3.1.2. CLASSIFICATION DES DECHETS-BOIS

Dans le modèle 6 (fig.3.3) le principe des 4R sont appliqués aux segments de la Ch.App (coupe, 1^{ère}/2^{nde} transformation, consommation) de la Filière-Bois (FB). On met en évidence que le Recyclage joue un rôle encore plus central que les autres R dans un système circulaire pour deux raisons principales. *De facto* tout type de produit-bois finira un jour par devenir un déchet final, d’une part, et, d’autre part, selon sa place dans la Ch.App et ses propriétés physico-mécaniques (qui définissent la qualité de la ressource) les technologies ne sont pas les mêmes. C’est pourquoi il est apparu nécessaire de rajouter une classification des déchets-bois au modèle.

Ce modèle devient donc une condition préalable pour comprendre comment analyser les technologies d’un point de vue circulaire, c’est à dire pour en comprendre leurs finalités. L’analyse des 4R se fait tout d’abord au niveau des trois segments de la Ch.App : Coupe, Transformation et Consommation. Nous rappelons que « **R1** » fait référence au besoin de Réduire la quantité de déchets générés. « **R2** » (Réutiliser) et « **R3** » (Réhabiliter) sont des opérations qui nécessitent une action de réinjection des déchets dans le système, c’est-à-dire en principe sans en changer les fonctions de consommation. Enfin « **R4** » (Recyclage) indique que les produits fabriqués subissent un traitement en vue de leur réutilisation sous un autre produit. Cette dernière activité est traitée de manière transversale (pour l’ensemble des segments) à la fin.

Fig.3.3. Modèle 6 : EC et classification des déchets-bois selon les lieux d'origine, les filières de réalisation et les propriétés physico-mécaniques



Source : adapté de Kalioujny et Monastyrnyy (2020)

LA COUPE

La réduction de la quantité de déchets générés interroge la valorisation de cette action. En effet, la première piste est la diminution de l'exploitation des ressources en bois afin de baisser le nombre de déchets finaux dans le système. Néanmoins, cette opération peut remettre entre autres la question de la possibilité de réguler la production d'oxygène et la séquestration du carbone. En effet, plus de 50% des ressources-bois sont en passe de devenir du bois mort sur pied dans l'Oblast de Tomsk. Il n'y a donc plus de séquestration de carbone et au contraire une augmentation d'émission. Parallèlement, l'augmentation du nombre de coupes aggrave la question du traitement des déchets. La balance amène plutôt à penser qu'il faut ainsi augmenter le nombre de coupes et créer des filières de réutilisation (R2) /réhabilitation (R3) /recyclage (R4). Par voie de conséquence, il faut également se poser la question du renouvellement des ressources-bois dans l'environnement et des choix de « technologie » pour y parvenir. Faut-il :

- une régénération naturelle ou artificielle ?
- replanter les mêmes types d'essences d'arbres ou bien les mélanger ?

Cette question du renouvellement entraîne des questions économiques par rapport à la rentabilité des activités (types de produits vendus *in fine*) mais aussi des questions

environnementales en fonction des services écosystémiques (bilans hydriques, puits de CO₂ etc.) : qu'est-ce que les nouveaux arbres peuvent apporter dans un système tourné sur le DD de la filière, en termes de valeurs créées et de baisse des risques ?

L'analyse aborde ensuite la question de la réduction des déchets générés par la décision de procéder à l'exploitation forestière (déchet 1). Dans le cas de l'Union Soviétique, Korobov et Rushnov (1991) proposaient déjà des pistes d'actions. Ils estimaient qu'au niveau de l'exploitation, en fonction du type de bois et des conditions de croissance des arbres, il serait possible de réduire les déchets jusqu'à 5-7% du volume total de récolte (contre 20 à 37% actuellement), notamment grâce à la « technologie » d'enlèvement des troncs sans traitement préalable, c'est-à-dire avec leurs branches⁵⁴.

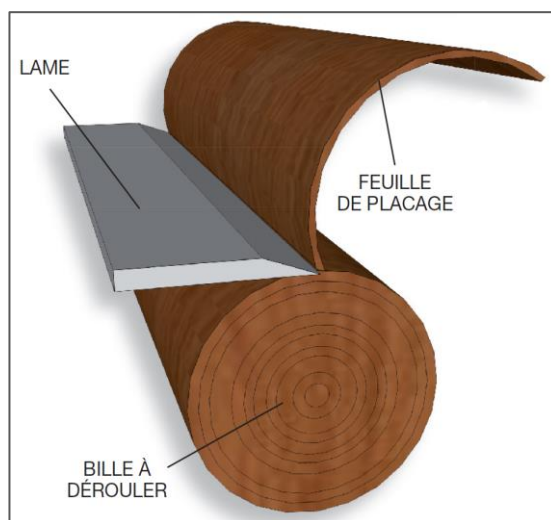
Le fait de réduire ces déchets de coupe suggère ainsi non pas le fait d'envoyer plus de matière-première sous-forme de grumes vers la transformation, mais que les déchets de coupe doivent être centralisés directement sur site de transformation, ce qui va avoir un impact notamment sur la logistique et le transport.

1-ERE ET 2-EME TRANSFORMATION

Au niveau de la Réduction des déchets-bois issus de la transformation (déchets 2 et 3), toujours selon Korobov et Rushnov (1991), les paramètres affectant la quantité de déchets sont : le volume de sciage, le type et la taille des matières premières traitées et les technologies utilisées. En Russie, étant donné l'âge très avancé des forêts par exemple, cela veut dire que les arbres ont formé un grand nombre de couches dures contenant de la résine autour du cœur de l'arbre, ce qui peut compliquer leur transformation à cause de l'apparition de fentes ou de déformation et/ou de l'usure des machines comme c'est le cas avec les mélèzes (cf. chapitre II, p.94). Ensuite, il est nécessaire de se concentrer sur les produits-bois que l'on veut vendre aux consommateurs, pour lesquels des dimensions sont réglementées/standardisées nationalement et internationalement, et pour lesquels existent différentes techniques et machines. On parlera ainsi de « déroulage » (fig.3.4) pour la production de contre-plaqué, où le procédé consiste à faire tourner un billon et à le dérouler à l'aide d'une lame afin d'obtenir des feuilles de placage dont les épaisseurs varient entre 0,5 à 10 mm suivant le type de bois.

⁵⁴ Cette technologie, et toutes les autres qui correspondent à l'application des 4R dans ce modèle, seront décrites de manière plus approfondie dans le prochain modèle dédié aux technologies circulaires.

Fig.3.4. « Le déroulage » (contre-plaqué)



Source : blb-bois (2021)⁵⁵

Fig.3.5. Différents types de débits de bois en Russie

Débit « en plot » (« v razval »)	Débit varié « poutre » (« pri 100% brusovke »)	Débit varié « ½ poutre » (« pri 50% brusovke »)

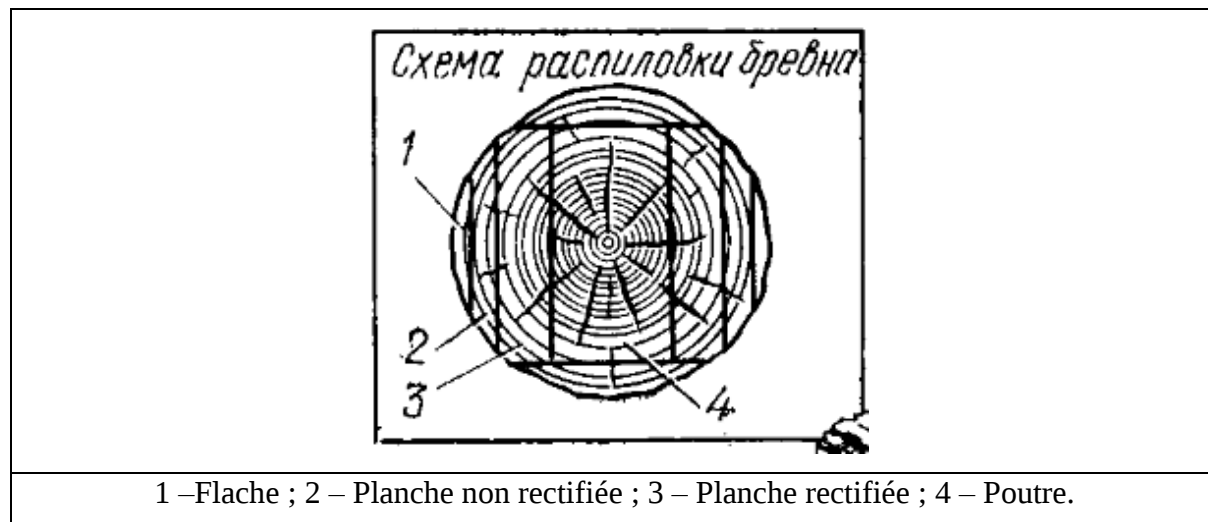
Source : composé par l'auteur, d'après Korobov et Rushnov (1991) et Bokshchanin et al. (1987)

On parlera encore par exemple de « débitage » du bois pour décrire les opérations de sciage du bois, qui consistent à découper le bois de manière longitudinale. Cela fait référence à la question du débit du bois, c'est à dire à la façon d'orienter la pièce de bois avant de la découper afin d'obtenir un aspect ou une caractéristique particulière. Dans la fig.3.5. il est présenté les exemples russes du débit « en plot », débit le plus courant permettant de scier toutes les planches selon le même plan longitudinal ; et de deux débits « variés » permettant de

⁵⁵ www.blb-bois.com

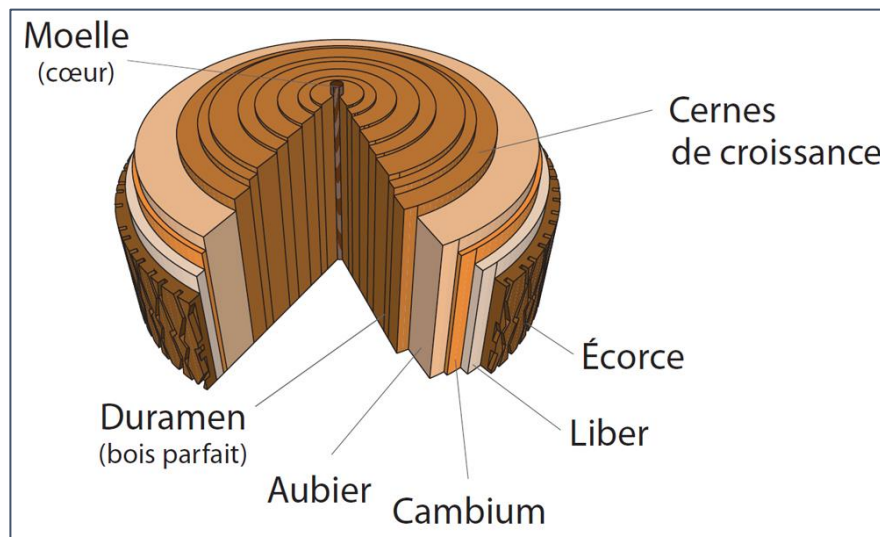
produire des poutres et des demi-poutres, qui correspondent à des standards russes et dont les équivalents français n'ont pas été trouvés.

Fig.3.6. Les produits-bois en fonction des débits et selon la classification russe



Source : d'après Bokshchanin (1987), traduit par l'auteur

Fig.3.7. Les différentes parties du bois



Source : blb-bois (2021)⁵⁶

La fig.3.6 montre maintenant quels types de produits-bois il est possible d'avoir en fonction des débits présentés précédemment. Cela dépendra donc également du type d'arbre utilisé (l'âge, contenance en résine etc.), de la taille des troncs et des machines utilisées. Ainsi pour tous les débits, il y a des « flaches », qui présente de l'aubier et de l'écorce (fig.3.7), et qui

⁵⁶ www.blb-bois.com

sont assimilées à des déchets. Il y a également la possibilité de produire des planches non rectifiées, et des planches rectifiées pour le débit en plot. On peut noter également que l'aubier est la partie « vivante » de l'arbre et représente l'endroit où est transportée la sève. Plus l'arbre vieillit, plus l'aubier se transforme en duramen, partie du bois la plus dure, compacte, dense et sèche.

On peut également rajouter qu'il existe plusieurs « états » du bois :

- le bois « vert », qui vient d'être abattu et qui possède un taux d'humidité moindre (35-120%) ;
- le bois « saturé », c'est à dire gorgé d'eau après un stockage humide avec un taux d'humidité élevé (200%).

Pour le bois d'œuvre (bois destiné au sciage, déroulage, tranchage) le taux d'humidité doit être de 20%. En outre, plus le taux d'humidité est faible, c'est-à-dire que la quantité d'eau présente sous forme liquide ou de vapeur dans le bois est moindre, moins le coefficient de frottement bois-acier est élevé ce qui permet un meilleur taux d'utilisation des équipements. Dans une région comme l'Oblast de Tomsk, les taux d'humidité sont très élevés étant donné qu'une grande partie des ressources-bois sont situées sur des terres marécageuses. Très souvent le bois nécessite donc des opérations de séchage, opération durant laquelle le bois scié va perdre une partie de son volume, ce qui rajoute par la même occasion de nombreux coûts.

Ces différentes caractéristiques montrent quelles combinaisons techniques sont associées à la spécificité de la ressource et à son exploitation immédiate plus ou moins aisée ou demandant au contraire des adaptations techniques, logistiques et en ressources humaines.

CONSOMMATION

Pour les déchets post-consommation (déchets 4), ce modèle permet de comprendre que la réduction des déchets suggère la nécessité d'augmenter la durée de vie des produits finis bois, entre autres grâce à une amélioration de la qualité des produits-bois et à une plus grande capacité de réutilisation et réhabilitation (« R2 », « R3 »). On pourra noter ici que cette vision de réutiliser et de réhabiliter les déchets-bois dans l'économie n'est pas développée en Russie car celle-ci implique des modifications structurelles du système en termes de technologies disponibles, mais aussi de cadre réglementaire et de mentalité (ADEME et FCBA, 2015 ; Kalioujny et Monastyrnyy, 2020), ce qui fait référence aux problèmes globaux que rencontre

l'EC en Russie (cf. chapitre I). Les différentes approches et technologies disponibles sont également décrites dans le prochain modèle.

RECYCLER

« **R4** » fait référence au recyclage des déchets sous formes de matières premières, d'énergie ou de produits et biens-bois. Cette filière comprend à la fois les déchets industriels et ménagers et suppose qu'il existe une organisation pour la collecte, le transport, le traitement et la vente des déchets recyclés. **Les possibilités de recyclage sont déterminées en grande partie par les propriétés physico-mécaniques et celles-ci doivent donc être introduite dans le modèle.**

Ainsi les « déchets 1 » se présentent sous la forme de résidus (branches primaires et secondaires, flèches terminales, chicots, rejets etc.), de sciure de bois, de souches, de racines, de bois de mauvaise qualité ou non exploitable et peuvent être classés comme des déchets « souples ». Ce sont en général des déchets qui ont le moins de valeur et une utilisation limitée. Très souvent, ils sont utilisés pour des besoins ménagers en tant que carburant ou engrais (Mokhirev et al., 2015 ; Mokhirev et Zyryanov, 2015).

Les « déchets 2 » et « déchets 3 », générés par la transformation du bois dans les entreprises, peuvent être classés comme des déchets « souples » ou « durs ». Issus des scieries et d'autres transformations mécaniques ils peuvent apparaître sous la forme d'écorces, de sciures de bois, de lattes, de dalles, de bois fissuré, de copeaux ou de plaquettes. À la suite d'une production de panneaux, ceux-ci peuvent prendre également la forme de projections de copeaux, de poussières de broyage et de déchets de coupes formatées. Dans la production chimique du bois, les déchets prennent la forme de lignine. Généralement, ces déchets ont un large spectre d'utilisations pour leur recyclage et sont souvent utilisés dans de petites productions de bois sciés et collés, dans la fabrication de cellulose, d'éthanol ou de levure fourragère (Mokhirev et al., 2015 ; Mokhirev et Zyryanov, 2015).

Concernant **les exemples des débits bois** présentés précédemment, Korobov et Rushnov (1991) apportent des données en termes de déchets suivant les types de débit (tab.3.1). Si on peut remarquer que pour ces types de sciages les déchets sont les mêmes (flaches, lattes, chutes) et représentent plus ou moins le même nombre de déchets produits, en revanche, ce sont les tailles qui diffèrent nettement : **ce qui corrobore la nécessité de scinder les déchets en deux catégories (souples, durs).**

Tab.3.1. Rendement et caractéristiques des déchets-bois de sciage en fonction des différents débits du bois

Types de déchet	Déchets en %, en fonction des différents débits du bois			Taille des déchets, mm		
	<i>Débit en plot</i>	<i>Débit varié « ½ poutre »</i>	<i>Débit varié « poutre »</i>	<i>Longueur</i>	<i>Largeur</i>	<i>Epaisseur</i>
- <i>Flashes</i>	6%	8%	10%	3000-6500	3000-6500	20-50
- <i>Lattes</i>	14%	10%	7%	2000-6500	2000-6500	25-100
- <i>Chutes</i>	2%	2%	2%	25-150	25-150	18-250
- <i>Total</i>	22%	20%	19%			

Source : d'après Korobov et Rushnov (1991), traduit par l'auteur

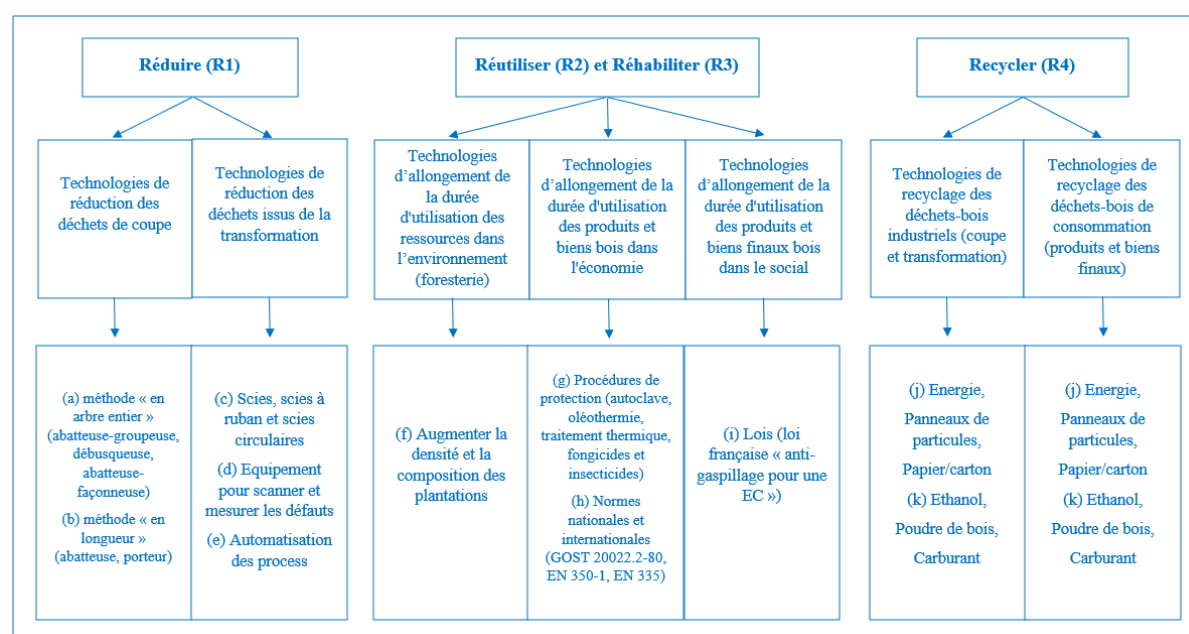
Enfin les « déchets 4 » font référence aux déchets post-consommation ou déchets ménagers. L'exemple de la France permet de dire qu'ils se forment au niveau des entreprises (hubs logistiques, centres commerciaux, chantiers) ou auprès de particuliers, qu'ils sont collectés *via* divers canaux (réseaux municipaux, sites spéciaux d'accumulation) et qu'ils sont triés pour leur traitement ultérieur (Kalioujny, 2019b). Ils existent donc d'abord sous la forme « dure » mais peuvent également prendre la forme « souple » grâce à un traitement antérieur. Le cas de la France permet de penser que le fort taux de recyclage des déchets ménagers a été rendu possible car des filières de traitement de déchets industriels existaient déjà et que la question des déchets ménagers y était largement systématisée depuis longtemps. En Russie, on peut remarquer que les premières filières de recyclage modernes commencent seulement à apparaître et que la question de la gestion des déchets ménagers est encore trop peu engagée (cf. chapitre I, p.61).

Le modèle 6 (fig.3.3) permet donc une meilleure compréhension de ce que représente un système circulaire au sein d'une FB en montrant les niveaux et nœuds de décisions, en révélant les interactions avec la mise en place d'un DD et d'une EC en Russie et en faisant ressortir les potentialités. Ce modèle est donc un préalable à l'utilisation de technologies à chaque étape et que nous développons maintenant.

3.1.3. CLASSIFICATION DES TECHNOLOGIES CIRCULAIRES

L'objectif du modèle 7 (fig.3.8) est de présenter une visualisation permettant de décrire le processus de sélection de technologies pour la réalisation (au sens des 4R) des déchets-bois. En effet, notre la revue de littérature effectuée a permis de constater qu'il existe un éventail très étendu de technologies et techniques qui permettent de réaliser les déchets-bois. **N'étant pas possible d'énumérer toutes les technologies existantes, le modèle propose de mieux comprendre comment les sélectionner via une typologie des technologies circulaires qui peut être ainsi transformée en fonction du sujet de recherche (autres types de déchets, autre territoire etc.).** Cette typologie est construite à travers la classification des technologies en fonction des filières de réalisation (4R) et de leur place dans la Ch.App, ainsi qu'en fonction des liens entre les technologies et les 3 sphères du DD (écologie, économie, social). Enfin le modèle présente des exemples concrets de technologies et techniques disponibles pour la réalisation des déchets.

Fig.3.8. Modèle 7 : EC et technologies circulaires⁵⁷



Source : d'après Kalioujny et Monastyrnyy (2020), traduit par l'auteur

⁵⁷ Les lettres entre parenthèses du tableau renvoient à la description de la technologie dans les paragraphes qui suivent.

REDUCTION DES DECHETS

Réduire les déchets de coupe

Les technologies utilisées dans la coupe n'ont pas toutes le même impact en matière de réduction des déchets (**R1**). Notre recherche a permis de distinguer deux grandes technologies : « en arbre entier » et « en grande longueur ». **(a) La méthode de débardage « en arbre entier »** (en russe « *khlystovyy metod zagotovki* ») est utilisée par l'entreprise *Tomlesdrev* via sa filiale *Siblesprom* dans l'Oblast de Tomsk (Plan de gestion forestière de Tomlesdrev, 2018). Contrairement aux méthodes « en grande longueur » (« *sortimentnyy metod zagotovki* »), largement plus populaire dans le pays, le principal avantage de la méthode « en arbre entier » réside dans sa capacité à minimiser la quantité de déchets de coupe et de la centraliser soit sur le site de transformation, soit dans un entrepôt intermédiaire, où leur traitement devient plus accessible et donc potentiellement rentable. Le processus technologique est simple et ne nécessite pas l'utilisation d'un équipement spécial ou sophistiqué. En effet, cette méthode était déjà utilisée en URSS et s'est avérée très efficace. La technique est composée de trois étapes-clés (fig.3.9) :

- 1) la coupe de l'arbre à la racine grâce à une abatteuse-groupeuse, qui permet également de tenir et empiler les arbres ;
- 2) le transport des arbres par une débusqueuse vers le site de tronçonnage ;
- 3) le tranchage par une abatteuse-façonneuse, qui permet d'ébrancher et de trancher toutes les parties de l'arbre non nécessaires (déchets) pour la transformation.

Fig.3.9. Les technologies utilisées par la méthode de débardage « en arbre entier »

Abatteuse-groupeuse	Débusqueuse	Abatteuse-façonneuse
		

Source : composé par l'auteur à partir des images disponibles sur www.google.com (2021)

(b) La méthode « en grande longueur » est issue des technologies d'exploitation forestière européenne, dites « scandinaves » car développées en Suède et en Finlande. Cette

méthode implique une coupe en longueur et l'utilisation d'équipements puissants. Elle est composée de deux étapes clés (fig.3.10) :

- 1) la coupe de l'arbre effectuée par une abatteuse-façonneuse (« *harvester* »), qui effectue par la même occasion les opérations d'ébranchage / tranchage ;
- 2) le transport effectué par un transitaire (« *forwarder* »).

Fig.3.10. Les technologies utilisées par la méthode de débardage « en grande longueur »

<i>Harvester</i>	<i>Forwarder</i>
	

Source : composé par l'auteur à partir des images disponibles sur www.google.com (2021)

Plus globalement, les techniques d'abattage choisies dépendent d'une combinaison de plusieurs facteurs. En effet, cela dépend de facteurs tels que les caractéristiques naturelles des plantations, des caractéristiques liées à la gestion municipale des forêts et des caractéristiques liées aux entreprises (Zaprudnov et al., 2017). En termes de déchets, la principale différence est l'endroit où ceux-ci sont produits, soit sur le lieu de coupe soit sur le lieu de transformation (ou un lieu intermédiaire). Selon Zaprudnov et al., 2017, il est cependant important de souligner que les composantes environnementales sont particulièrement importantes et encore mal comprises par les entreprises, notamment en termes de densité des plantations, de relief, de conditions des sols et sous-sols, des compositions spécifiques des peuplements etc. Celles-ci seront donc amenées à jouer un rôle de plus en plus central dans le choix des technologies.

On pourra également noter que :

- la méthode « en longueur » (b) permet de réduire les étapes et utilise des machines moins lourdes, ce qui permet de réduire les coûts en termes de personnel et de capital. Néanmoins, la réutilisation des déchets étant devenue obligatoire, des opérations de récupération, tri et transport des déchets est désormais à rajouter. De plus, les déchets étant mêlés à de la terre, des cailloux et/ou du sable, le niveau de qualité des déchets peut être réduit ;

- la méthode « en arbre entier » (a) pourra permettre de gagner ou de perdre en productivité suivant le taille des troncs, entre 500 et 1000 m³ en moyenne journalière, alors que la méthode « en longueur » permettra une moyenne stable de 600 m³ pour tous les types d'arbres.

Réduire les déchets de transformation

Au niveau de la transformation du bois, les principaux défis pour réduire la quantité de déchets générés consistent principalement à augmenter l'efficacité des **lignes de sciage et de déroulage (c)**, c'est-à-dire à atteindre un traitement en profondeur maximal des matières premières. Une forte valeur ajoutée est créée notamment grâce à une production intensive obtenue avec une consommation minimale de matières premières, d'énergie et de matériaux. Ainsi, les scies, scies à ruban et scies circulaires peuvent être utilisées pour assurer le traitement de matières premières fines, courtes et de mauvaise qualité, pour limiter la consommation d'énergie, pour obtenir le rendement quantitatif optimal des produits sciés ou pour limiter les déchets et maximiser leur réutilisation et recyclage (Prokofiev et al., 2016). Par exemple, **(d) un équipement pour scanner et mesurer les différents défauts** du bois peut également être employé, ce qui garantit une qualité stable et des pertes minimales. On peut noter ici que les facteurs de reconstruction et de rééquipement technique des entreprises dépendent directement des caractéristiques de taille et de qualité des matières premières obtenues au niveau de l'exploitation forestière, c'est-à-dire en fonction des facteurs liés au bois et aux machines disponibles (Gazizov et Islamamuratov, 2017).

Dans Gazizov et Islamamuratov (2017), les auteurs exposent l'exemple de l'entreprise *Bashlesprom*, située dans la République de Bachkirie et qui dont les principaux produits-bois transformés sont des planches et des poutres. L'entreprise rencontre des problèmes de gestion liés au tri des matières-premières. En effet, en raison des gros volumes d'approvisionnement, le convoyeur de tri n'est plus en mesure de trier correctement les grumes⁵⁸ ce qui provoque des temps d'arrêt des équipement de plus en plus fréquents. L'objectif ici est donc de trier au mieux les grumes en fonction des débits et des volumes à scier pour répartir de manière efficace les process de transformation dans le temps. Les outils de coupe étant plus adaptés aux types de grumes en fonction des produits-bois, le nombre déchets est également réduit.

Pour cela l'entreprise prévoit d'utiliser des convoyeurs **de tri automatisés (e)**, c'est à dire permettant de scanner automatiquement les grumes et de les trier en fonction de diamètres

⁵⁸ Tronc d'arbre encore couvert de son écorce.

nominaux mais également en prenant en compte la forme des troncs. Cette nouveauté technologique pourrait augmenter la « sortie volumétrique » des grumes jusqu'à +6% en moyenne et faire baisser de nombreux coûts en manœuvre et en énergie. Néanmoins, l'utilisation de nouvelles machines pour le balayage électronique (mesure des diamètres) et le traitement des informations dans les ordinateurs de contrôle nécessite d'automatiser toutes les lignes de tri et de former les employés, ces opérations nécessitant des investissements lourds et sur le long terme. Ce résultat est illustratif de l'intérêt de la modélisation intégrée car le choix des technologies n'est bien sûr pas indépendant des analyses macro (modèle 1,2,3) et méso (modèles 4,5,6) présentées dans le chapitre II et précédemment.

REUTILISATION ET REHABILITATION DES DECHETS

Réutilisation et réhabilitation des ressources-bois

Les process liés à la réutilisation (**R2**) et à la réhabilitation (**R3**) font appel à la nécessité de prolonger la durée de vie des produits mais aussi des ressources-bois. En effet, au niveau de la sphère écologique, c'est la question du renouvellement et donc des politiques de foresterie qui est centrale afin de maximiser les externalités positives :

- les fonctions écologiques *via* les bilans hydriques des arbres ou la captation du carbone etc. ;
- les fonctions sociales *via* les lieux de récréations, la chasse ou la pêche etc. ;
- les fonctions économiques *via* la livraison d'une matière première la plus qualitative possible etc.

Aujourd'hui, cette approche de durabilité en Russie se reflète, uniquement, au travers du Code forestier fédéral (2006), qui divise les forêts en trois catégories :

- 1) les forêts « en exploitation » (« *ekspluatatsionnyye lesa* »), qui font référence aux forêts destinées à assurer une production durable et la plus efficace en termes de haute qualité du bois et des autres ressources forestières produites par leur transformation, tout en assurant la préservation des fonctions utiles des forêts (sociales et environnementales). Celles-ci représentent 51% des forêts en Russie ;
- 2) les forêts « de protection » (« *zashchitnyye lesa* »), dont les premières caractéristiques sont de protéger divers territoires contre les impacts naturels indésirables (précipitations atmosphériques, vents, avalanches) ou d'origine anthropiques (pollutions). Ainsi, leur valeur sociale et écologique dépasse celle économique. Celles-ci représentent 26% des forêts russes ;

3) les forêts « de réserve » (« *rezervnye lesa* »), dans lesquelles il n'est pas prévu de récolter du bois pendant une période de vingt ans, à l'exception des récoltes opérées par les citoyens locaux pour leurs propres besoins. Celles-ci représentent 23% des forêts russes.

Dans le cas des forêts en général, surtout dans le contexte du changement climatique, il est nécessaire de renouveler mais aussi de protéger les ressources face aux différents risques d'attaques d'insectes, d'incendies et de tempêtes, qui augmentent. Les intervenants en foresterie, avec l'aide des scientifiques, doivent dans ces conditions mener des recherches et trouver de nouveaux moyens d'accroître la durabilité des forêts. D'après la FAO (2012), cela réside fondamentalement dans la **densité et la composition des plantations (f)**. Ainsi, on peut citer en exemple le projet français « *Giono* » lancé comme une expérience de soutien à la migration des essences d'arbre. Des semences de diverses provenances ont été sélectionnées dans le sud de la France pour y être plantées dans la forêt de Verdun, au nord du pays.

Cette approche vise à lutter contre l'extinction d'espèces d'arbres, ce qui permettrait de continuer à alimenter les processus de production mais également de continuer de profiter des autres services rendus par les forêts. Une analyse du comportement de 700 arbres plantés à partir des essences sélectionnées permet de mieux comprendre les processus d'adaptation et ainsi de déployer la migration auxiliaire des peuplements du sud (ONF, 2015). Il est également argumenté qu'il est nécessaire de planter moins d'arbres et avec une distance plus élevée entre eux afin d'augmenter la stabilité du bilan hydrique global. La sélection de diverses essences d'arbres permet *in fine* aux forêts d'augmenter leur résistance face aux phénomènes météorologiques extrêmes et de réduire le risque d'une forte baisse de productivité. Cependant, cela peut également entraîner une baisse du taux de rotation des exploitations pour le développement accéléré des propriétés adaptatives des essences d'arbres et d'expériences à long terme. Cet aspect pourrait donc remettre en partie en question certaines organisations de productions et/ou la projection de projets industriels de court et moyen terme.

Il est ainsi primordial d'avoir une stratégie éclairée quant aux approches de gestion durable des ressources dans la nature et de leur utilisation dans les cycles de production et de consommation. Toutes ces composantes s'inspirent ainsi de l'éco-conception et de l'approvisionnement durable du modèle de l'EC (cf. chapitre I). A ce titre, les types d'arbres et d'essence n'ont pas les mêmes caractéristiques ni les mêmes « qualités » environnementales. Par exemple, les feuillus sont considérés par exemple en Russie comme moins importants économiquement en raison des plus petites réserves en bois qu'ils représentent et aussi en raison

de leur tendance à se décomposer plus facilement dans leur environnement (Bokshchanin et al., 1987). Prendre en compte tous les aspects environnementaux et disposer d'estimations qualitatives et quantitatives permet de répondre à la démarche d'EC et renvoie au modèle suivant (cf. modèle 8, indicateurs EC-DD, p.179).

Réutilisation et réhabilitation des produits-bois

Pour les produits et biens issus du bois dans la **sphère économique**, les risques liés aux attaques d'insectes, aux champignons et bactéries et à la pourriture sont également élevés et dépendent directement de leur teneur en humidité. La durabilité du bois est déterminée soit par ses propriétés naturelles, soit par ses procédures de protection (g). Les procédures préventives dépendent beaucoup du type de produit final consommable, et donc de son utilisation. Par exemple, certains bois sont utilisés dans une pièce sèche alors que d'autres sont immergés régulièrement dans de l'eau salée.

Afin de mieux les protéger, les « technologies » utilisées le sont sous-forme de procédures et de normes de sécurité (h) (FCBA INFO, 2010 ; Trutko et Snopkov, 2010).

Parmi les **procédures de protection (g)**, il est possible de trouver :

- le traitement du bois en autoclave impliquant une imprégnation profonde sous pression pour les produits et biens-bois employés dans des conditions difficiles ;
- le traitement oléothermique du bois impliquant l'imprégnation sous pression par un conservateur contenant des huiles végétales, permettant de remplacer l'eau évaporée par de l'huile rendant ainsi le bien insensible aux micro-organismes ;
- le traitement thermique du bois consistant à entreposer du bois à une température moyenne de 190°C pendant 25 à 50 heures, permettant ainsi d'améliorer les propriétés des essences locales et d'éviter l'utilisation de bois exotiques ;
- l'utilisation de fongicides, insecticides, décapants et autres nettoyants impliquant l'utilisation de produits chimiques rendant possible la destruction des insectes ravageurs et des champignons pathogènes, la protection contre les rayons ultraviolets et l'humidité, ou permettant encore de retirer diverses peintures etc. On peut noter que de plus en plus de nouvelles formules « bio » se créent, permettant d'augmenter la durabilité environnementale de ces produits.

De plus, il existe **des normes (h)** de durabilité du bois et de ses matériaux dérivés, qui permettent de garantir une certaine durée de vie des produits et biens issus du bois. En Russie, le standard « *GOST 20022.2-80* » classe :

- 1) les essences par leur résistance à la décomposition et leur étanchéité ;
- 2) les objets de protection en fonction de leur vitesse de renouvellement et de leur vulnérabilité ;
- 3) et les équipements de protection selon leur type d'action (antiseptiques, ignifuges).

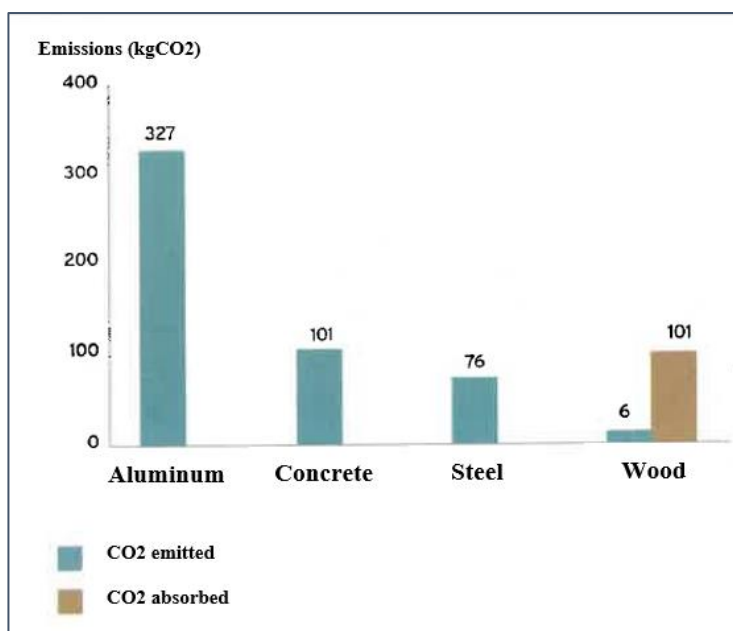
Notons que cette classification peut s'avérer insuffisante car elle ne couvre pas toutes les essences d'arbre du monde. Ainsi, il est possible d'utiliser les normes de l'Union européenne « EN 350-1 » sur les exigences générales pour la durabilité du bois et « EN 335 » pour la classification des facteurs de dommages biologiques (FCBA et IRABOIS, 2015 ; Norme inter-États, 2019 ; Trutko et Snopkov, 2010).

Dans la sphère sociale, le prolongement de la durée de vie des produits et biens-bois concerne l'utilisation qu'en fait le consommateur final **(i)**, qui peut être une personne ou une organisation. Par exemple, la France s'est engagée à réduire sa consommation d'énergie finale de 38% dans son parc résidentiel et commercial d'ici 2020 par rapport à 2010 et à réduire de 75% ses émissions de gaz à effet de serre d'ici 2050 par rapport à 1990. Dans ce cas, l'utilisation du bois comme matériau est l'un des meilleurs moyens (FCBA et IRABOIS, 2015) d'y parvenir en particulier pour la rénovation des logements. En effet, le bois est un matériau renouvelable qui favorise l'isolation thermique, qui a un poids limité facilitant les surélévations et les extensions et un excellent bilan carbone.

C'est également un matériau qui peut s'adapter à n'importe quel type d'industrie (navale, construction, énergie etc.) et dont la gestion des déchets peut-être plus simple étant donné les propriétés physico-mécaniques du bois et des technologies disponibles. C'est pourquoi le bois présente de très bonnes performances environnementales notamment liées à sa capacité de stocker du carbone, à sa faible consommation en énergie et à son recyclage (Martel et al., 2015). En effet, la production d'une poutre en bois (fig.3.11) permet une absorption de 95 kg CO₂ alors qu'une poutre en aluminium, à caractéristiques équivalentes, est à l'origine d'une émission de 327 kg de CO₂. Ce constat est confirmé en termes de consommation des produits et biens-bois

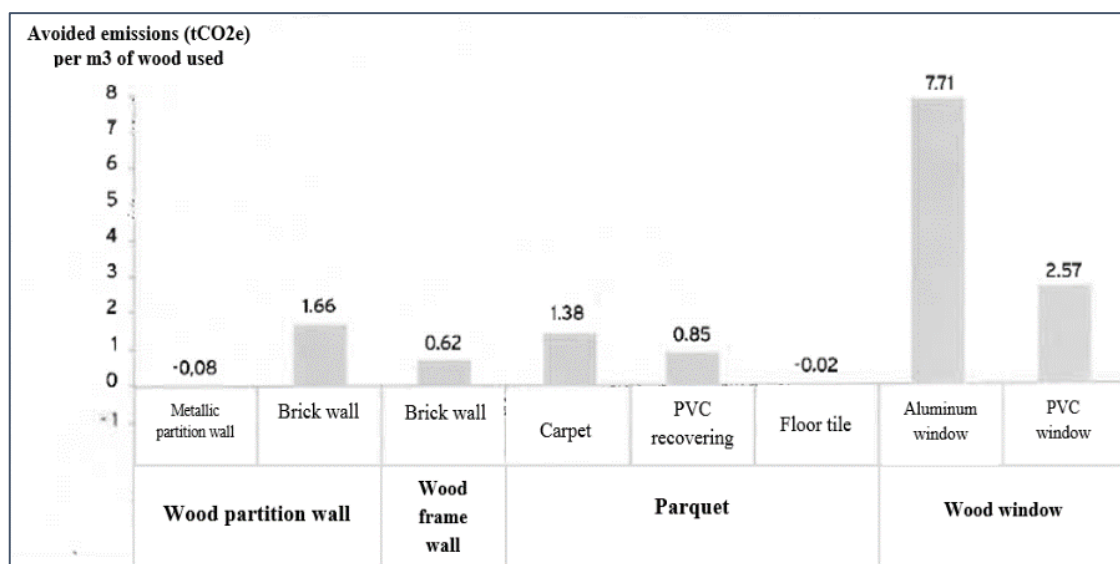
(fig.3.12). Par exemple, l'utilisation de fenêtres en bois, comparée à des fenêtres en aluminium, permettrait d'éviter en moyenne l'émission de 7,71 tCO₂e⁵⁹ par m³ de bois.

Fig.3.11. Comparaison des émissions de CO₂ liées à la réalisation d'une poutre de caractéristiques équivalentes en aluminium, acier, béton armé et bois massif



Source : adapté de Martel et al. (2015)

Fig.3.12. Exemples d'effets de substitution pour 1 m³ de bois utilisé



Source : adapté de Martel et al. (2015)

⁵⁹ L'unité de mesure des émissions de GES est la tonne équivalent CO₂ (tCO₂e), qui mesure la quantité de dioxyde de carbone pour un gaz en appliquant un facteur de conversion, c'est-à-dire le potentiel de réchauffement global, qui dépend de la longueur de la période considérée.

Toujours en France, en février 2020 la loi relative à la lutte contre le gaspillage et à l'économie circulaire (i) a été adoptée afin de stimuler la réparation et l'utilisation de pièces détachées (LOI n°2020-105, 2020). Ainsi, l'article L.111-4 du code de la consommation a été modifié afin que le consommateur dispose d'informations sur la disponibilité des pièces détachées lors de l'achat de mobilier. Cette approche permet d'une certaine manière de faire évoluer les mentalités dans l'économie et la société et de tendre vers une transition pour une utilisation rationnelle maximale des ressources et de soutien aux initiatives telles que le projet « Mon atelier en ville » (Mon atelier en ville, 2020). Cette initiative apparue en 2014 propose la location à l'heure de locaux, d'outils ou de savoir-faire pour l'autoproduction, le réglage ou la réparation de produits, dont ceux en bois.

Dans le cas de la Russie, à l'heure actuelle, ce type d'initiative n'a pas encore émergé. Actuellement, seul un nouveau système de gestion des déchets solides municipaux vient d'être lancé. L'un des problèmes majeurs, outre la procédure d'introduction de nouvelles règles, est qu'il n'y a pas suffisamment d'installations industrielles pour le traitement et l'élimination de ces déchets. Les questions liées au prolongement de vie des produits et biens, issus du bois mais pas seulement, semblent ne pas être considérées encore sérieusement par la société dans son ensemble.

Même si des processus efficaces de réduction des déchets et de prolongement de vie des ressources, produits et biens-bois peuvent être mis en place, on ne peut pas exclure le fait que :

- 1) des déchets et pertes, notamment au niveau de la coupe, sont inévitables ;
- 2) n'importe quel produit ou bien finira un jour par devenir un déchet ultime (final).

C'est pourquoi les technologies liées au recyclage dans la FB semblent être le pilier central d'un modèle d'EC.

RECYCLAGE DES DECHETS

En France, où l'EC est considérée comme déjà largement développée dans la FB, il est démontré que les productions **d'énergie, de panneaux de particules, de papier et de carton (j)** jouent un rôle central (Kalioujny, 2019b). Grâce à celles-ci les taux de recyclage sont d'environ 95% pour les déchets-bois industriels et de 80% environ pour celui les déchets-bois ménagers (ADEME et FCBA, 2015 ; Agreste Primeur, 2018).

Néanmoins, il faut rappeler que ces types de production engendrent plusieurs problèmes. En effet, elles nécessitent d'abord de lourds financements dont les retours sur

investissements doivent être *a minima* garantis. Ainsi, si la production de déchets n'est pas assez importante, ces industries devront utiliser d'autres sources de matières premières pour continuer à faire tourner leurs machines. Ensuite, ces activités sont en général regroupées sous la gouvernance de grands groupes internationaux, ce qui rend nécessaire de poser les questions sur les pollutions induites et sur les origines et destinations de ces productions. En effet, en matière de GES, les émissions doivent être limitées au niveau international afin de respecter les objectifs fixés par le GIEC et l'Accord de Paris (Nations Unies, 2015).

Concernant le « bois-énergie », on pourra souligner son importance en termes de DD car le secteur peut constituer une base d'énergie neutre en carbone, dans l'hypothèse où le reboisement des peuplements est garanti, notamment grâce aux certifications forestières. En Russie, la stratégie étatique énergétique pour la période jusqu'en 2035 se base sur un scénario où les énergies renouvelables (EnR) constitueront 4,5% du bilan énergétique national. Dans ce bilan EnR, la biomasse et le biogaz devront en constituer la première source d'énergie avec près de 46% de la puissance énergétique renouvelable (Makarov et Aniskina, 2018). Dans ce mix EnR, une place importante est réservée à la production de pellets de bois étant donné la simplicité des technologies liées à leur combustion, mais aussi par leur fort potentiel d'exportation, ce qui peut permettre d'une part d'améliorer les indicateurs économiques mais également d'autre part ceux écologiques chez les clients (cf. partie 2.2.2. Modèle conceptuel d'un système « filière-bois », p.123). Ainsi, en Russie leur production a été multipliée par presque 7 entre 2009 et 2017, passant environ de 1 million à 7 millions de tonnes par an, sachant qu'on estime que les usines fonctionnent en moyenne seulement à 50% de leurs capacités. Cela indique donc la possibilité d'augmenter largement leurs cadences en y incluant plus de déchets-bois.

Parallèlement à des industries « classiques » de recyclage des déchets-bois, il existe un grand nombre de **productions diverses (k)**, qui pourraient permettre à de petites échelles de recycler les déchets-bois. On peut par exemple y trouver :

- la production d'éthanol, utilisé dans l'industrie agroalimentaire pour la confection de spiritueux, dans la parfumerie, dans la pharmacie galénique comme solvant ou encore comme biocarburant (Karpov, 2008) ;

- la production de poudre de bois, servant entre autres comme composant pour la fabrication de plastiques phénoliques⁶⁰ (Podgorny, 2017) ;
- la réutilisation des déchets-bois comme carburant pour le transport des grumes dans le complexe forestier, ce qui constitue un exemple très intéressant d'une activité en cycle fermé (fig.3.13, Matsuk, 2016).

Fig.3.13. Modèle « Gaz-42 » équipé d'un gazogène



Source : National Gas Vehicle Association (2011)

Ce dernier exemple fait référence au système de gazogène, inventé au XIXe siècle, permettant de produire un gaz combustible par pyrolyse de matières solides et combustibles : bois (gaz de bois), charbon de bois, coke, anthracite, etc. En Union soviétique, le transport au gazogène occupait une place très importante dans les années 30, notamment dans le complexe forestier, qui a utilisé ce type d'appareil jusque dans les années 50 pour le transport des grumes par camions ou tracteurs (Matsuk, 2016). Cela permet de mettre en lumière le fait qu'à l'époque les déchets-bois étaient utilisés pour pallier les difficiles conditions russes liées à l'exploitation des ressources-bois.

Même si cet exemple de réutilisation des déchets-bois n'est plus vraiment d'actualité aujourd'hui, surtout en Russie avec un prix des hydrocarbures bas, les progrès technologiques dans le futur pourraient permettre de revenir à ce type de modèle. On peut noter par exemple le projet suisse « PNR66 Ressource bois » dans lequel le bioéthanol tiré du bois est considéré comme stratégique pour remplacer les carburants fossiles et ainsi faire baisser drastiquement

⁶⁰ Ils font partie de la famille des polymères thermodurcissables, qui peuvent être utilisés comme poudre à mouler pour fabriquer du matériel électrique ou encore comme résines, liants, adhésifs, peintures etc.

les émissions de CO₂ (Poldervaart, 2017). Néanmoins, la perspective d'une application industrielle et commerciale de ce projet implique la construction de bioraffineries et de mener des recherches plus approfondies sur coûts induits et sur les possibilités de proposer un produit fini compétitif, face à l'électrification des infrastructures et des transports par exemple.

RECYCLAGE DES DECHETS-BOIS EN RUSSIE

L'avantage du système soviétique à travers le système de gazogène est que le processus de recyclage des déchets était réalisé directement sur place pour un besoin essentiel du processus économique : le transport, notamment pour un territoire aussi grand que celui de la Russie. Alors que la Russie veut augmenter et diversifier ses filières de recyclage, la problématique d'acheminement des matières jusqu'aux lieux de production est toujours aussi centrale, surtout pour les déchets-bois de coupe. Aujourd'hui, c'est la production de plaquettes forestières obtenues grâce au déchiquetage des rémanents qui est privilégiée (Mokhirev et al., 2015). Généralement, les copeaux de bois sont utilisés pour obtenir de l'énergie thermique et électrique, produite dans les propres centrales thermiques des organisations. Les principaux avantages d'une telle énergie sont qu'elle est 2 à 3 fois moins chère que celle fournie par l'extérieur et qu'elle répond aux exigences de la transition vers une économie « verte » (Shegelman et Vasilev, 2013).

Cette nécessité de trouver des moyens rentables pour mettre en place des processus de recyclage (et plus globalement de réalisation) des déchets se retrouvent également dans la conception de nouvelles technologies « hybrides », c'est-à-dire permettant le croisement de plusieurs techniques comme dans celles présentées par Tabakaev (2013). L'auteur montre que des nouvelles installations permettent, par des systèmes de pyrolyse par exemple, de produire des produits comme des briquettes, directement sur la zone d'exploitation et donc de disposer d'un produit fini à plus forte valeur ajoutée dont les coûts de transport et de logistique deviennent plus supportables pour une entreprise.

De ce fait, le traitement efficace des déchets nécessite une nouvelle fois de préciser qu'il est nécessaire prendre en compte un grand nombre de facteurs : espèces d'arbres, saisonnalité des processus, méthodes de récolte, types d'abattage, types de technologies utilisées, etc. Il est également nécessaire de préciser que la combinaison de plusieurs technologies en vue d'une EC peut également affecter l'organisation des processus. Ainsi avec la méthode de débardage « en grande longueur » par exemple, il existe plusieurs façons de produire les copeaux. C'est à

dire que la collecte, le concassage et le transport des déchets vers le consommateur peuvent avoir lieu à différents endroits (Sukhanov et al., 2011) :

- soit directement sur la parcelle (« à la souche ») ;
- soit sur la zone de chargement (« près de la route ») ;
- soit dans un terminal (« entrepôt en aval ») ;
- ou soit directement chez le consommateur.

Ce dernier modèle (modèle 7) a donc été associé à un niveau micro (fig.3.1) de généralisation étant donné que ce sont les entreprises qui décident d'utiliser ou de ne pas utiliser certaines technologies. Dans ce contexte il est également important de rappeler que toutes les entreprises n'ont pas les mêmes responsabilités et intérêts, et que leurs choix peuvent plus ou moins impacter directement ou indirectement la filière. Ainsi, certaines technologies vont pouvoir bénéficier à toute la chaîne de valeurs alors que d'autres pourront en augmenter les risques associés.

En effet, une politique forte en termes de densité et de composition des plantations devrait avoir un impact durable positif pour toute la chaîne alors que de nouveaux types de production issus du recyclage et destinés à l'exportation pourrait avoir des impacts économiques positifs mais remettre en question des éléments sociaux et / ou économiques. C'est pourquoi conformément au modèle de l'EC, il est primordial d'y rajouter des critères d'évaluation liés à la sélection des technologies. Ce niveau très fin d'analyse nécessite d'être au plus près de la réalité, que ce soit en termes techniques, réglementaires ou des mentalités (Kalioujny et al., 2020). Il est présenté dans la seconde partie de ce chapitre.

3.2. DEVELOPPEMENT DURABLE ET TECHNOLOGIES CIRCULAIRES

Si l'introduction de technologies circulaires permettent de tendre vers un Développement Durable (DD), le processus de choix requière un ensemble d'informations sur la portée et les résultats auxquels on peut s'attendre. Dans cette optique, on peut recourir à des indicateurs. Nous développons tout d'abord ce point (3.2.1.) dans le modèle 8 de la modélisation intégrée. Enfin, la mise en œuvre de notre recherche sera réalisée sur un cas concret et fera l'objet d'un dernier modèle (3.2.2). Il s'agit du cas du parc forestier *Asinovsky*, présenté et étudié, afin de mettre en évidence les opportunités et les réactions du système dans son ensemble en termes de circularité et de durabilité.

3.2.1. SYSTEME CIRCULAIRE ET INDICATEURS

La modélisation que nous proposons a été jugée indispensable à la suite de deux constats que, d'une part, beaucoup de modèles d'Economie Circulaire (EC) n'étaient pas interprétés comme un moyen de parvenir à un DD (cf. chapitre I, partie 1.2.3. p.54) et que, d'autre part, il existait une insuffisance d'indicateurs dans le cas particulier de la Russie. C'est ce qui ressort de la revue de la littérature que nous présentons avant de développer notre modèle 8.

REVUE DE LITTERATURE

La revue de littérature effectuée a permis essentiellement de relever des informations concernant une « véritable EC globale », c'est-à-dire incluant le DD comme objectif ultime à atteindre mais aussi des informations associés à des objectifs plus spécifiques et tournés sur le principe de circularité, comme au travers du principe des 4R. Ainsi, deux études ont été notamment retenues, Moraga et al. (2019) et De Pascale et al. (2021), qui soulignent qu'il n'existe pas de définition normalisée de l'EC, ce qui corrobore le constat selon lequel le lien entre EC et DD n'est pas systématique. Cela est surtout dû au fait que le concept est jeune et qu'il ne fait pas encore l'objet de réglementations strictes au niveau mondial. Dans Moraga et al. (2019), comme dans plusieurs autres travaux dédiés à l'EC, les auteurs expliquent que l'EC peut être vu comme un mot « à la mode » (« *buzzword* »), derrière lequel il est possible de mettre beaucoup de concepts. Comme il est encore possible de trouver plusieurs définitions de l'EC, le mot « économie circulaire » peut ainsi créer une confusion et compliquer la sélection et le développement d'indicateurs appropriés. Seuls certains de ses piliers ou instruments, comme l'écoconception ou l'Analyse de Cycle de Vie (ACV), possèdent une norme ISO⁶¹ par exemple.

Dans Moraga et al. (2018) à travers 319 articles sélectionnés sur la question des indicateurs d'EC, les auteurs proposent une analyse et une classification de 20 indicateurs circulaires au niveau européen. La classification s'effectue selon l'approche de l'ACV et à travers des stratégies communes d'EC (*le quoi*) et les portées de mesure (*le comment*).

⁶¹ ISO pour « *International Organization for Standardization* » (Organisation internationale de normalisation). Il est nécessaire de préciser que depuis 2018 est en cours un projet d'élaboration d'une norme ISO sur l'EC. Celui-ci inclut deux points centraux : le cadre de l'EC (aspects généraux, principes, terminologie) et ses outils opérationnels et de mesure. La future norme internationale sera référencée ISO/TC 323.

Le *quoi* se concentre sur la préservation des matériaux comparé à un scénario de référence d'une économie « linéaire » (prélever-produire-jeter).

Le *comment* se concentre sur différentes portées de mesure (*scope*) :

- *scope 0* : comprend les technologies « sans approche ACV », soit une stratégie spécifique (ex. le taux de recyclage) ;
- *scope 1* : comprend les technologies « avec ACV » (ex. taux potentiel de réutilisation, de recyclage et de valorisation d'un produit) ;
- *scope 2* : comprend des analyses de causes à effets avec ou sans technologies-ACV (ex. calcul des effets indirects d'un cycle technologique sur l'environnement).

Cette matrice permet *in fine* de faire ressortir plusieurs différences dans la manière de percevoir et de compter l'EC. Ainsi, les auteurs soulignent plusieurs faits :

- il n'existe pas à ce jour d'indicateurs prenant en compte la dématérialisation de l'EC comme à travers l'économie de la fonctionnalité avec les plateformes de partage ou l'adoption de nouveaux modèles de consommation qui tendent à refuser certains produits ou services pas assez écologiques ou sociaux ;
- certains modèles incluent une différence entre le recyclage et le décyclage⁶², alors que d'autres incluent ce dernier comme un process à part entière de recyclage ;
- la plupart des indicateurs se concentrent sur la préservation des matériaux avec des stratégies notamment basées sur le recyclage, dont plusieurs limites ont été soulignées dans notre recherche.

Enfin, les auteurs expliquent que le cadre de l'EC suppose qu'un ensemble d'indicateurs devrait être utilisé plutôt qu'un seul. C'est le cas de Pakhomova et al. (2017b) (voir ci-après), en proposant notamment des indicateurs « directs » et « indirects », c'est à dire intégrant les différents *scopes*. Ce travail de typologie des indicateurs est donc très intéressant car il permet de mettre en avant les conceptions que l'on peut se faire du concept d'EC à travers la manière de le comptabiliser.

⁶² Le recyclage étant perçu comme un procédé de traitement de déchets qui permet de réintroduire certains de leurs matériaux dans la production de nouveaux produits du même type (du verre pour la fabrication d'une nouvelle bouteille en verre) ; et le décyclage comme un procédé par lequel on transforme un déchet en un nouveau matériau ou produit (de l'acier issus des carrosseries de voitures pour la construction de bâtiments). Certains modèles marquent également une différence entre le « décyclage » et le « surcyclage » pour marquer la transformation des matériaux en un produit-fini de meilleur qualité (sur-) ou de moins bonne qualité (dé-).

La plupart des résultats trouvés dans cette étude sont corroborées par le travail de De Pascale et al. (2021), où les auteurs proposent également une classification des indicateurs d'EC mais cette fois sur un spectre géographique plus grand (monde entier) et selon les niveaux d'analyse de l'EC (micro, méso, macro, voir chap. I, p.46), les principes de réduction-réutilisation-recyclage et selon leurs interactions avec les 3 sphères du DD, ce qui a amené les auteurs à analyser 61 indicateurs d'EC. Il en ressort 29 « micro indicateurs », 16 « méso » et 16 « macro » (fig.3.14).

Fig.3.14. Récapitulatif des indicateurs d'EC dans De Pascale et al. (2021), à un niveau microéconomique, mésoéconomique et macroéconomique

MICRO

N.	INDICATOR	ACRONYM	YEAR	REFERENCE	PRESENTED CASE STUDIES	COUNTRY	APPROACH	APPLICATION LEVEL	CORE CE PRINCIPLES	SUSTAIN. DEVELOP. DIMENSIONS
1	Disassembly Effort Index	DEI	2000	Das et al. (2000)	—	—	1	Product Components	R2; R5	EN; EC
2	CE Toolkit	CET	2013	Evans and Bocken (2013)	—	—	2	Product	R2; R3; R5; R6	EN; EC
3	End-of-Life Index	EoL	2014	Lee et al. (2014)	Power tool.	—	1	Product/Components	R2; R3; R4; R5	EN; EC
4	Recycling indicator set	—	2014	Nelen et al. (2014)	Recycling of LCD televisions	—	1	Product	R3	EN; EC
5	Reuse Potential Indicator	RPI	2014	Park and Chertow (2014)	Coal combustion by-products (CCBs). CCBs are solid residues produced in electricity generation.	Usa	1	Resource Waste	R1 R2 (potential)	EN; EC
6	CE Index	CEI	2015	Di Maio and Rem (2015)	Recycling of a car materials	EU	1	Material Waste streams	R3 R3 R1 (impacts)	EN; EC; SC
7	Material Circularity Indicator	MCI	2015	Ellen MacArthur Foundation and Granta Design (2015)	—	Europe	1	Product/Materials Energy	R1; R2; R3; R4 R4	EN; EC
8	Recyclability Benefit Rate	RBR	2015	Huysman et al. (2015)	A closed-loop recycling and an open-loop recycling, in Flanders	Belgium	1	Product/Materials	R3	EN; SC
9	Eco-cost Value Ratio	EVR	2016	Scheepens et al. (2016)	An application of a business model for sustainable water recreation in Friesland.	Netherlands	1	Product	R1	EN; EC
10	CE Indicator Prototype	CEIP	2017	Cayzer et al. (2017)	—	—	1	Product	R1; R2; R3; R4	EN; EC
11	Synthetic Economic Environmental Indicator	—	2017	Fregonara et al. (2017)	Multifunctional building glass frontage project, in Northern Italy	Italy	1	Product	R6	EN; EC
12	Longevity Indicator	—	2016	Franklin-Johnson et al. (2016)	Mobile phone product system.	—	3	Product/Materials	R2; R3	EN; SC
13	Material Reutilization Score	MRS	2016	Cradle to Cradle Products Innovation Institute (2016)	—	—	1	Product/Materials	R3	EN; EC; SC
14	Recycling Indices	RI	2016	Van Schaik and Reuter (2016)	To calculate the recycling performance for LED lamps and LCD/LED screens.	—	2	Product	R3; R6	EN; EC
15	CE Performance Indicator	CEPI	2017	Huysman et al. (2017)	Post-industrial plastic waste treatment.	Belgium; England	1	Materials Embodied Energy	R3 R4	EN
16	Product-level Circularity Metric	PLCM	2017	Linder et al. (2017)	To calculate the circularity of a plastic toy product and of used engines.	—	1	Product Materials	R2; R5 R3	EC
17	Value-based Resource Efficiency Indicator	VRE	2017	Di Maio et al. (2017)	Several Dutch industries was evaluated and compared with a traditional mass-based approach.	Netherlands	1	Product Materials Resource-efficient sector	R2; R5 R3 R1 (impacts)	EN; EC; SC
18	End-of-life Indices: - Reuse index - Remanufacture index - Recycling index - Incineration index (with energy recovery)	End-of-life Indices I _{EOL} -Re I _{EOL} -Rem I _{EOL} -Re I _{EOL} -Inc	2017	Favi et al. (2017)	Sub-assemblies and parts of two mechatronics products.	—	1	Product Energy	R2; R3; R5 R4	EN; EC
19	Recycling Desirability Index	RDI	2017	Mohamed Sultan et al. (2017)	Electronic devices	UK; EU; Usa; India	1	Materials	R3	EN; SC
20	Sustainable Circular Index	SCI	2017	Azevedo et al. (2017)	—	—	1	Product system Energy	R2; R5 R4	EN; EC; SC
21	Global Resource Indicator	GRI	2017	Adibi et al. (2017)	Wind turbine	—	1	Materials	R3	EN; EC; SC
22	- Linear Flow Index for Product Families	—	2018	Mesa et al. (2018)	A family of prosthetic fingers.	—	1	Materials	—	EN; EC; SC

A. De Pascale, R. Arghetto, K. Szepiel-Dezrychalska et al.

Journal of Cleaner Production 381 (2021) 126962

(continued on next page)

CHAPITRE III. MODELISATION INTEGREE PARTIE II – LA METHODE DU CHOIX DES TECHNOLOGIES CIRCULAIRES

Table 6 (continued)

N. INDICATOR	ACRONYM	YEAR	REFERENCE	PRESENTED CASE STUDIES	COUNTRY	APPROACH	APPLICATION LEVEL	CORE CE PRINCIPLES	SUSTAIN. DEVELOP. DIMENSIONS
- Potential Index; Reuse									
- Potential Index; Recycle							Components	R3	
- Product Families							Product families	R2	
- Reconfiguration Index							Waste streams	R3	
- Functional Index; Range									
- Functional Index; Variety									
23 Circular Design Guidelines	CDG	2018	Bovea and Pérez-Belis (2018)	A selected group of products that are classified in the stee category.	Spain	2	Product	R6	EN
24 Combination Matrix	—	2018	Figge et al. (2018)	Cellular phone as material and gold as resource.	—	4	Product system	R3	EN
25 Effective Disassembly Time	—	2018	Marconi et al. (2018)	Washing machine and coffee machine	—	1	Product	R2; R3; R5	EC
26 ease of Disassembly Metric	eDIM	2018	Vanegas et al. (2018)	Recycling facility in Belgium that processes approx. 30,000t of WEEE collected in the Country.	Belgium	1	Product/Components	R2; R5	EC
27 End-of-use Product Value Recovery	—	2019	Cong et al. (2019)	A hard disk drive	—	4	Product	R3	EC
28 REManufacturing with the aid of the PROduct PROfiles tool	REPRO ²	2006	Zwolinski et al. (2006)	—	—	2	Product	R5	EC
29 Circularity Calculator	—	2016	IDEAL&CO Explore (2016)	—	—	2	Product	R2; R3; R5; R6	EN; EC

Approach: Quantitative: (1); Qualitative: (2); Value based indicator: (3); Analytical tool (4). Core CE principles: Reduce (R1); Reuse (R2); Recycle (R3); Recover (R4); Remanufacture (R5); Redesign (R6). Sustainable development dimensions: Environmental (EN); Economic (EC); Social (SC).

MESO

Table 7
CE indicators at meso-level.

N. INDICATOR	ACRONYM	YEAR	REFERENCE	PRESENTED CASE STUDIES	COUNTRY	APPROACH	APPLICATION LEVEL	CORE CE PRINCIPLES	SUSTAIN. DEVELOP. DIMENSIONS
1 Quantitative Assessment of Economic and Environmental Aspects	—	2006	Jacobsen (2008)	Kalundborg IS complex	Denmark	1	IS	R1; R2; R3	EN; EC
2 Method for analysis of INDUSTRIAL energy systems	MIND	2008	Karlsson and Wolf (2008)	Diverse systems of integration in the forest sector.	—	1	IS	R1	EN; EC
3 Energy based Indices	—	2010	Geng et al. (2010)	The Dalian Economic Development Zone (DEDZ)	China	1	EIPs	R2; R3	EN; EC; SC
4 Resource Productivity	—	2010	Wen and Li (2010)	Highway Traffic Systems (HTS)	China	1	IS	R1; R3	EN
5 MEP indicators system	MEP	2008–2013	Su et al. (2013)	Indicator standards for sector integrated EIPs	China	3	EIPs	R1; R2; R3	EN; EC; SC
6 NDCR evaluation indicator system	NDCR	2012–2013	Geng et al. (2008)	Printed Circuit Boards (PCB)	China	3	EIPs	R1; R2; R3	EN; EC; SC
7 Comprehensive evaluation index system	—	2011	Su et al. (2013)	Jiangsu eco-industrial parks	China	2	EIPs	R1; R2; R3; R4; R5	EN; EC; SC
8 Evaluation Index System	—	2012	Li and Su (2012)	Chemical enterprises	Beijing - China	1	IS	R1; R2; R3	EN; EC; SC
9 Resource Productivity Indicator	RP	2014	Wen and Meng (2015)	Food web for the Shenyang Tiesi eco-industrial park	China	1	EIPs	R1; R2; R3; R6	EN; EC; SC
10 Eco-Efficiency Indicator	—	2014	Park and Behera (2014)	Ulsan EIP	South Korea	1	EIPs	R1; R2; R3; R4	EN; EC
11 Eco-Efficiency Performance	—	2015	Pagotto and Halog (2015)	Agri-food industry	Australia	1	IS	R1; R3	EN; EC; SC
12 Industrial Symbiosis Indicator	ISI	2016	Felicio et al. (2016)	—	—	1	EIPs	R1; R2	EN; EC
13 Best-Worst Method	BWM	2017	Zhao et al. (2017)	Five eco-industrial parks	China	1	EIPs	R1; R2; R3	EN; EC; SC
14 Wastewater Circumstances Index	—	2018	Kayal (2018)	Wastewater industry	Jordan	1	IS	R1; R2; R3	EN; EC; SC
15 Eco-Connectance and By-product and Waste Recycling Rate	—	2010	Tiejun (2010)	Shenyang Tiesi eco-industrial park	China	1	EIPs	R1; R3	EN; EC

Approach: Quantitative: (1); Qualitative: (2); Evaluation indicator system: (3); Analytical tool (4). Application level: eco-industrial parks systems (EIPs) and industrial symbiosis districts and networks (IS). Core CE principles: Reduce (R1); Reuse (R2); Recycle (R3); Recover (R4); Remanufacture (R5); Redesign (R6). Sustainable development dimensions: Environmental (EN); Economic (EC); Social (SC).

MACRO

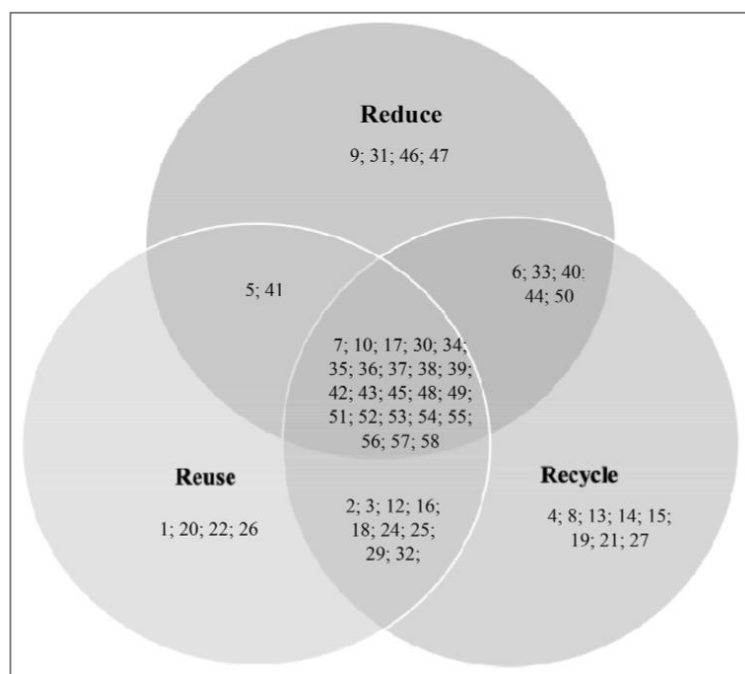
Table 8
CE indicators at macro-level.

N. INDICATOR	ACRONYM	YEAR	REFERENCE	PRESENTED CASE STUDIES	COUNTRY	APPROACH	APPLICATION LEVEL	CORE CE PRINCIPLES	SUSTAIN. DEVELOP. DIMENSIONS
1 Material Flow Analysis and Accounting at macro level	MFA	—	Eurostat (2001)	National level experiences	EU; Usa; Japan	1	National	R1; R2; R3	EN; EC; SC
2 Multi-scale integrated analysis of societal metabolism	MSIASM	2011	Pintér (2006)	30 Chinese regions	China	1/2	Regional	R1	EN; EC; SC
3 The evaluation index system of circular economy development level	—	2010–2018	Moriguchi (2007)	Jiangsu, Heilongjiang, Qinghai	China	1	Regional	R3	EN; EC; SC
4 Comprehensive index of Circular Economy	—	2011	Geng (2011)	Beijing, Anhui, Sichuan	China	1	Regional	R1; R2; R3	EN; EC; SC
5 Index system for evaluating the circular economy development	—	2011	Chun-rong and Jun (2011)	Shaanxi Province	China	1	Provincial	R1; R2; R3	EN; EC; SC
6 Efficiency evaluation index system of circular economy development	—	2011	Qing et al. (2011)	Jiangsu Province	China	1	Provincial	R1; R3	EN; EC; SC
7 The Chinese National CE Evaluation Indicator System	NDCR	2012	Xiong et al. (2011)	China	China	3	National	R1; R2; R3	EN; EC; SC
8 Super-efficiency DEA model	—	2014	Geng et al. (2012)	30 regions Mainland China	China	1	Regional	R1; R2; R3	EN; EC; SC
9 Circularity Indicators based on the MFA approach	EW-MFA model	2015	Wu et al. (2014)	EU-27	EU Members	1	EU	R1; R2; R3	EN; EC; SC
10 MFA of the Swiss waste management system	—	2016	Haas et al. (2015)	Swiss Waste Management System	Switzerland	1	National	R1; R2; R3	EN; EC; SC
11 The Global Multiregional Waste-Input-Output Model	—	2017	Haupt et al. (2016)	The solid waste account for forty-eight worldwide regions.	World Regions	1	World Regions	R1; R2; R3	EN; EC
12 CE monitoring framework	—	2018–2019	Tisserant et al. (2017)	—	—	4	EU	R1; R2; R3	EN; EC; SC
13 Regional indicators of eco-innovation	—	2017	EC (2018)	—	EU Members	5	EU	R1; R2; R3	EN; EC; SC
14 Establishment of monitoring tools of material flows in a CE at the macro level	—	2018	Eurostat (2018)	EU28 economy in 2014	EU Members	1	EU	R1; R2; R3	EN; EC; SC

Approach: Quantitative: (1); Qualitative: (2); Evaluation indicator system: (3); Analytical tool (4); Theoretical results (5). Core CE principles: Reduce (R1); Reuse (R2); Recycle (R3); Recover (R4); Remanufacture (R5); Redesign (R6). Sustainable development dimensions: Environmental (EN); Economic (EC); Social (SC).

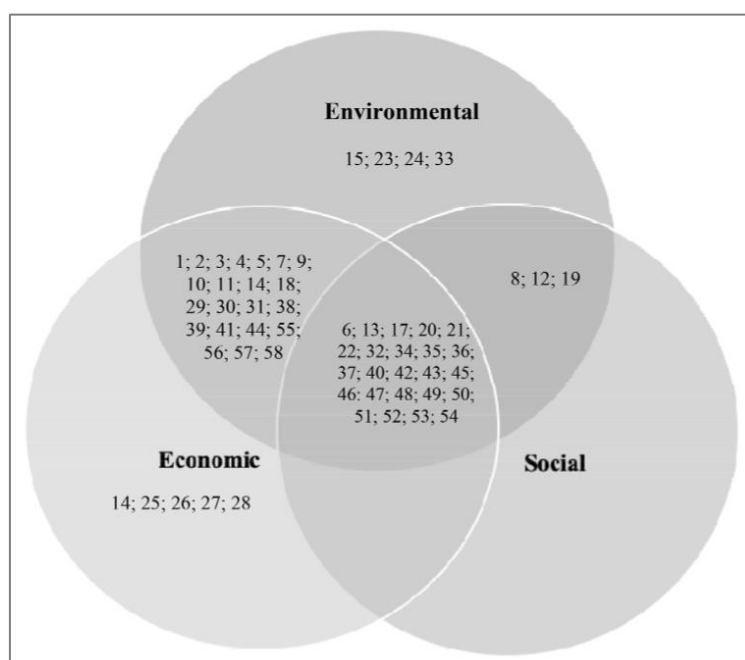
Source : De Pascale et al. (2021), p.6-10

Fig.3.15. Classification des indicateurs d’EC selon les principes de réduction-réutilisation-recyclage dans De Pascale et al. (2021)⁶³



Source : De Pascale et al. (2021), p.24

Fig.3.16. Classification des indicateurs d’EC selon les sphères du DD dans De Pascale et al. (2021)



Source : De Pascale et al. (2021), p.23

⁶³ Les chiffres des fig.3.15 et 3.16 correspondent aux indicateurs de la fig.3.14.

Les auteurs montrent que le manque de mesures structurées et standardisées amène donc une nouvelle fois à privilégier des métriques et des stratégies basées sur le recyclage. On peut noter par exemple que le principe de recyclage seul compte ainsi 8 indicateurs alors que ceux de la réduction et de la réutilisation (seules) en compte 4 chacun⁶⁴ (fig.3.15). Enfin, en termes de durabilité, il est souligné que c'est la sphère sociale du DD qui est la moins incluse dans les différents indicateurs car aucun d'entre eux n'analyse la dimension sociale seule ou même en combinaison avec la sphère économique⁶⁵ (fig.3.16).

Tab.3.2. Facteurs de pondérations pour une EC dans Pakhomova et al. (2017b)

Éléments de l'EC	Économie des ressources (%)	Réduction des émissions de CO ₂ (%)	Rentabilité (%)	Total	Poids (i1, 2, 3, 4)
Maintenance du produit (i1)	P1	P2	P3	ΣP_n	$i_1 = \frac{\Sigma P_n}{S_{\max}}$
Réutilisation du produit (i2)	K1	K2	K3	ΣK_n	$i_2 = \frac{\Sigma K_n}{S_{\max}}$
Réhabilitation du produit (i3)	T1	T2	T3	ΣT_n	$i_3 = \frac{\Sigma T_n}{S_{\max}}$
Recyclage des produits usagés et des déchets (i4)	H1	H2	H3	ΣH_n	$i_4 = \frac{\Sigma H_n}{S_{\max}}$
Valeur totale maximale				$S_{\max} = \max(\Sigma P_n; \Sigma K_n; \Sigma T_n; \Sigma H_n)$	

Source : d'après Pakhomova et al. (2017b), traduit par l'auteur

Du côté russe, comme exposé dans le chapitre I, seul le travail de Pakhomova et al. (2017b) propose une recherche originale sur l'EC avec une évaluation du niveau de développement d'une EC basée sur trois composantes et calculée à partir de facteurs de pondération prenant en compte le pourcentage de la somme de ces composantes (tab.3.2) :

1) l'économie de ressources ;

⁶⁴ D'ailleurs cette étude permet également de montrer que certains indicateurs prennent en compte conjointement les principes de réutilisation et de recyclage (15%), de réduction et de recyclage (9%) et de réduction et de réutilisation (3%).

⁶⁵ En termes de durabilité globale, seul 39% des indicateurs couvrent toutes les dimensions de la durabilité, 36% combinent les aspects économiques et environnementaux et 5% examinent les aspects environnementaux et sociaux.

- 2) la réduction des émissions de CO₂ ;
- 3) et la rentabilité économique.

L'indice produit par les auteurs varie ainsi de 0 à 100%, 100% étant le niveau de développement le plus élevé pour une EC. En utilisant la méthode proposée et en tenant compte de la variation possible des poids, il est possible d'évaluer le niveau de développement d'une EC à la fois au niveau d'une entreprise et au niveau d'une industrie.

MODELISATION DES INDICATEURS

Compte tenu de ces enseignements, l'approche employée dans Kalioujny et al. (2020) est la suivante : établir un ensemble d'indicateurs d'évaluation, directs et indirects, intégrant les 3 sphères du DD de la FB. La méthodologie vise à sélectionner des technologies circulaires selon des processus et objectifs propres à un territoire tout en répondant aux objectifs de DD.

Fig.3.17. Modèle 8 : EC-DD, un ensemble d'indicateurs pour toute la FB

ENVIRONNEMENT	ECONOMIE	SOCIAL
<u>Valeurs</u> : régulation des écosystèmes (O ₂ /CO ₂ , débits d'eau, etc.), renouvellement des ressources naturelles, biodiversité	<u>Valeurs</u> : mise à disposition, production et livraison de biens et produits	<u>Valeurs</u> : répondre aux besoins des hommes et de la société dans son ensemble
<u>Menaces</u> : changement climatique, rareté et vieillissement des ressources disponibles	<u>Menaces</u> : déchets, réduction des ressources, pollutions industrielles et des transports	<u>Menaces</u> : surconsommation, déchets
INDICATEURS	INDICATEURS	INDICATEURS
- niveau d'absorption et d'accumulation de CO ₂ , volume d'émissions et volume d'émissions évitées de gaz à effet de serre etc. - niveau de destruction de la biodiversité, aires protégées, niveau de déforestation, etc.	- niveau de valeur ajoutée, nombre d'emplois créés, etc. - quantité de déchets industriels réalisés	- quantité de déchets issus de la consommation réalisés - niveau de satisfaction de la population

Source : adapté d'après Kalioujny et Monastyrnyy (2020), traduit par l'auteur

Cette modélisation est donc basée sur 2 précédents modèles de la MI.

D'abord sur le modèle 1 (chap. II, p.124) qui décrit le « processus de création de valeur » afin de prendre en compte la dynamique globale des changements de valeurs et des menaces

lors du choix des technologies, ce qui fait référence aux indicateurs indirects et au DD plus largement (*scope 2* dans Moraga et al., 2018).

Ensuite, sur le modèle de classification des technologies circulaires (modèle 7, p.159), afin de prendre en compte les grands principes de l'EC, ce qui fait référence aux indicateurs directs et à la question des déchets plus précisément (*scopes 0 et 1* dans Moraga et al., 2018). La modélisation des indicateurs est représentée à travers la fig.3.17 qui regroupe tous les indicateurs EC-DD en fonction des 3 sphères du DD et des valeurs/menaces induites par la chaîne d'approvisionnement de la FB. Les indicateurs directs sont intégrés aux sphères économique et sociale où les déchets se créés. Ils sont plus largement détaillés par la suite (fig.3.17).

INDICATEURS DE DURABILITE (INDIRECTS)

Conformément au DD, les différents indicateurs ont une portée environnementale, économique et sociale. C'est cependant par l'entrée environnementale que le changement de paradigme de ces dernières décennies s'est consolidé. En effet, de nombreux processus du domaine environnemental affectent la sphère sociale, et aggravent les conditions de vie des sociétés (cf. chap. I, partie 1.1). L'un des plus importants et pertinents est le processus du changement climatique, qui est pris en compte dans la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (Accord de Paris, COP 21) ; convention qui propose des mesures pour réduire la teneur en dioxyde de carbone dans l'atmosphère à partir de 2020, et qui a été ratifiée par la Fédération de Russie en 2019. L'accord stipule que tous les pays doivent s'efforcer d'atteindre un pic global d'émissions de gaz à effet de serre dès que possible, afin de parvenir à un équilibre entre les émissions anthropiques et les absorptions par les puits de carbone (Nations Unies, 2015). Pour atteindre cet objectif, la Fédération de Russie a adopté un « plan national d'adaptation au changement climatique », qui comprend 3 blocs stratégiques (Arrêté n°3183-r du Gouvernement de la Fédération de Russie, 2019) :

- un premier bloc fédéral visant à harmoniser un soutien organisationnel, réglementaire, méthodologique, informationnel et scientifique pour tout le territoire, et visant également à garantir l'intégrité et la sécurité du pays ;
- un deuxième bloc « sectoriel » prévoyant une approbation des plans départementaux d'adaptation dans les secteurs de l'économie dépendants du climat comme le complexe énergétique, l'agriculture ou la FB. Le but étant de comprendre les risques et opportunités liés au changement climatique et l'élaboration de scénarios de développement ;

- un troisième et dernier bloc « régional », au sein duquel les documents de planification stratégique fédéraux doivent être clarifiés par rapport à chaque unité administrative du pays selon leurs spécificités, par exemple par rapport aux principaux secteurs industriels, du niveau de développement socio-économique etc.

Ainsi d'ici fin 2022, doit être remis le « Troisième rapport d'évaluation sur les changements climatiques et leurs impacts sur le territoire de la Fédération de Russie » et les plans régionaux des unités administratives de la Fédération de Russie. Toutes ces évaluations visant à caractériser la vulnérabilité des territoires face au changement climatique et à formaliser des scénarios d'adaptation, ce qui constituera la base scientifique d'une seconde étape du plan pour la période 2023-2025 et au-delà, durant laquelle toutes les régions seront en mesure de présenter un « passeport sur la sécurité climatique » et pour lesquelles des moyens de réalisation des objectifs seront délivrés.

Environnement : indicateurs pour les émissions de GES

Dans le cadre de la FB et du projet de création d'une EC, il serait ainsi nécessaire de prendre en compte le bilan carbone global de l'industrie forestière, c'est-à-dire définir un équilibre entre la productivité des forêts russes, la consommation totale d'énergie carbonée pour le fonctionnement de la Ch.App (machines, transports, etc.) et l'impact des produits et biens-bois sur le budget des GES (développement de nouvelles sources d'énergies renouvelables, accumulation et séquestration du CO₂ sur toute la durée de vie des biens et produits-bois). C'est en partie les questions qui sont posées par l'utilisation en cascade et de l'EC (cf. chapitre I, partie 1.2.4), mais également dans les travaux de Valade et al. (2018) et Cevallos et al. (2019) dédiés à la question des GES dans la FB et à la relocalisation des activités dans les territoires.

En effet, Valade et al. (2018) montrent, dans le cas de la France, qu'une augmentation massive de l'exploitation forestière augmente les émissions de CO₂ dans l'atmosphère pendant au moins trois décennies : ce qui ne permet pas d'atteindre les objectifs de l'Accord de Paris. Ce postulat est d'autant plus intéressant que la France connaît un taux de recyclage très élevé des déchets-bois industriels (95%) et ménagers (80%), et que la biomasse est la principale source d'énergie renouvelable⁶⁶, celle-ci en représentant plus de 55% de la production d'énergie finale (Kalioujny, 2019b).

⁶⁶ D'après le Ministère de la Transition Ecologique (2020), les énergies renouvelables représentent 11,7% de la consommation d'énergie primaire et 17,2% de la consommation finale brute d'énergie en France en 2019.

La méthode de calcul du bilan carbone utilisée dans Valade et al. (2018) permet de mettre en avant la spécificité de la France *via* les scénarios d'intensification pour la production de bois-énergie et les types de gestion forestière, incluant la question du vieillissement de la forêt. En effet, la France qui veut mobiliser plus de bois-énergie dans le futur a la particularité d'avoir une majorité de sa forêt étant privée (75%), et dont 2,4 millions de propriétaires possèdent moins d'un hectare de terres forestières (Kalioujny, 2019a). Cette répartition amène à plusieurs situations :

- de nombreuses zones d'exploitation forestière ne peuvent pas atteindre une taille critique pour se livrer à une exploitation économique rentable ;
- beaucoup de propriétaires ne réagissent pas au signal prix censé les encourager à exploiter leurs ressources-bois.

Le travail réalisé propose donc de découper la forêt française en 4 groupes distincts :

- 1) celui où les forêts sont inexploitable, c'est-à-dire ni « coupées à blanc » ni « éclaircie »⁶⁷ en raison de contraintes physiques d'accessibilité ou d'exploitabilité (11%) ;
- 2) celui où la « récolte est retardée », c'est-à-dire où les forêts ne sont ni éclaircie ni coupées à blanc pour des raisons de gestion (propriétés privées de petite taille) (15%) ;
- 3) celui où il existe un « surstockage », c'est-à-dire où les forêts ne sont pas régulièrement éclaircies mais sont susceptibles d'être coupées à blanc lorsqu'elles atteignent un diamètre moyen suffisant (11%) ;
- 4) et enfin celui où la gestion forestière reste « active », c'est-à-dire à la fois régulièrement éclaircies et coupées à blanc (63%).

Dans ce travail, les auteurs mettent ainsi en lumière la question des moyens pour la mise en œuvre d'une politique d'intensification de l'exploitation des forêts, c'est-à-dire les types de forêts à exploiter, les politiques d'incitation face aux propriétaires et enfin l'objectif de l'Accord de Paris.

Parallèlement, le second travail (Cevallos et al., 2019) apporte également des informations importantes sur la question des GES « importés ». Dans le cas de la FB française, alors que le secteur connaît un déficit commercial structurel de 6 milliards d'euros – notamment marqué par une exportation de produits bruts et une importation de produits-bois finis et semi-

⁶⁷ L'« éclaircie » est une opération consistant à supprimer un certain nombre d'arbres sur une parcelle au profit de ceux laissés en place, et la « coupe à blanc » (ou « coupe rase ») une opération consistant à abattre la totalité des arbres sur une parcelle.

finis, les auteurs avancent qu'une relocalisation de l'activité de transformation du bois permettrait d'éviter une grande quantité de GES et de valoriser un plus grand nombre de déchets ; les GES évités étant analysés par rapport au transport international et aux mix-énergétiques des pays-partenaires, la France présentant un bon bilan en cette matière. La relocalisation permettrait ainsi d'éviter environ 12 millions tCO₂ en France et dans les pays voisins. Concernant la question de la mobilisation de la biomasse, la relocalisation pourrait représenter jusqu'à 16 % de l'objectif, soit un prélèvement supplémentaire de 12 millions m³/an en 2026.

Environnement : indicateurs pour la biodiversité, la déforestation et la préservation

En termes de biodiversité, en 2010, en réponse à la Convention des Nations Unies sur la diversité biologique (cf. chap. I, p.32), une stratégie et des plans d'action pour la conservation de la diversité biologique pour la période 2011-2020 ont été adoptés (tab.3.3, Organisation des Nations Unies, 2011-2020). Ces 20 objectifs, appelés également « Objectif d'Aichi » du nom de la préfecture d'Aichi au Japon, ont été identifiés notamment pour réduire au moins de moitié le taux de perte d'habitats naturels, y compris les forêts ainsi que pour établir un objectif de sauvegarde de la biodiversité : pour 17 % des zones terrestres et des eaux continentales et pour 10 % des zones marines et côtières. **En termes de biodiversité et de gestion durable des forêts, ce sont les objectifs 5 et 7 (B.5 et B.7)** qui intègrent un certain nombre d'actions possibles à entreprendre. (Organisation des Nations Unies, 2011-2020).

Tab.3.3. Les 20 objectifs de la Convention des Nations Unies sur la diversité biologique pour la période allant jusqu'en 2020

<u>But stratégique A3</u>	
S'attaquer aux causes sous-jacentes de la perte de biodiversité, en intégrant ces problèmes aux préoccupations des gouvernements	
Objectif A.1	« D'ici à 2020 au plus tard, les individus sont conscients de la valeur de la diversité biologique et des mesures qu'ils peuvent prendre pour la conserver et l'utiliser de manière durable »
Objectif A.2	« D'ici à 2020 au plus tard, les valeurs de la diversité biologique ont été intégrées dans les stratégies et les processus de planification nationaux et locaux de développement et de réduction de la pauvreté, et incorporées dans les comptes nationaux, selon que de besoin, et dans les systèmes de notification »

Objectif A.3

« D’ici à 2020 au plus tard, les incitations, y compris les subventions néfastes pour la diversité biologique, sont éliminées, réduites progressivement ou réformées, afin de réduire au minimum ou d’éviter les impacts défavorables, et des incitations positives en faveur de la conservation et de l’utilisation durable de la diversité biologique sont élaborées et appliquées, d’une manière compatible et en harmonie avec les dispositions de la Convention et les obligations internationales en vigueur, en tenant compte des conditions socioéconomiques nationales »

Objectif A.4

« D’ici à 2020 au plus tard, les gouvernements, les entreprises et les parties prenantes, à tous les niveaux, ont pris des mesures ou ont appliqué des plans pour assurer une production et une consommation durables, et ont maintenu les incidences de l’utilisation des ressources naturelles dans des limites écologiques sûres »

But stratégique B3

Réduire les pressions directes exercées sur la biodiversité et encourager son utilisation durable

Objectif B.5

« D’ici à 2020, le rythme d’appauvrissement de tous les habitats naturels, y compris les forêts, est réduit de moitié au moins et si possible ramené à près de zéro, et la dégradation et la fragmentation des habitats sont sensiblement réduites »

Objectif B.6

« D’ici à 2020, tous les stocks de poissons et d’invertébrés et plantes aquatiques sont gérés et récoltés d’une manière durable, légale et en appliquant des approches fondées sur les écosystèmes, de telle sorte que la surpêche soit évitée, que des plans et des mesures de récupération soient en place pour toutes les espèces épuisées, que les pêcheries n’aient pas d’impacts négatifs marqués sur les espèces menacées et les écosystèmes vulnérables, et que l’impact de la pêche sur les stocks, les espèces et les écosystèmes reste dans des limites écologiques sûres »

Objectif B.7

« D’ici à 2020, les zones consacrées à l’agriculture, l’aquaculture et la sylviculture sont gérées d’une manière durable, afin d’assurer la conservation de la diversité biologique »

Objectif B.8

« D’ici à 2020, la pollution, notamment celle causée par l’excès d’éléments nutritifs, est ramenée à un niveau qui n’a pas d’effet néfaste sur les fonctions des écosystèmes et la diversité biologique »

Objectif B.9

« D’ici à 2020, les espèces exotiques envahissantes et les voies d’introduction sont identifiées et classées en ordre de priorité, les espèces prioritaires sont contrôlées ou éradiquées et des mesures sont en place pour gérer les voies de pénétration, afin d’empêcher l’introduction et l’établissement de ces espèces »

Objectif B.10

« D’ici à 2015, les nombreuses pressions anthropiques exercées sur les récifs coralliens et les autres écosystèmes vulnérables marins et côtiers affectés par les changements climatiques ou l’acidification des océans sont réduites au minimum, afin de préserver leur intégrité et leur fonctionnement »

But stratégique C3

Améliorer l’état de la biodiversité en sauvegardant les écosystèmes, les espèces et la diversité génétique

Objectif C.11

« D’ici à 2020, au moins 17 % des zones terrestres et d’eaux intérieures et 10 % des zones marines et côtières, y compris les zones qui sont particulièrement importantes pour la diversité biologique et les services fournis par les écosystèmes, sont conservées au moyen de réseaux écologiquement représentatifs et bien reliés d’aires protégées gérées efficacement et équitablement et d’autres mesures de conservation efficaces par zone, et intégrées dans l’ensemble du paysage terrestre et marin »

Objectif C.12

« D’ici à 2020, l’extinction d’espèces menacées connues est évitée et leur état de conservation, en particulier de celles qui tombent le plus en déclin, est amélioré et maintenu »

Objectif C.13

« D’ici à 2020, la diversité génétique des plantes cultivées, des animaux d’élevage et domestiques et des parents pauvres, y compris celle d’autres espèces qui ont une valeur socio-économique ou culturelle, est préservée, et des stratégies sont élaborées et mises en œuvre pour réduire au minimum l’érosion génétique et sauvegarder leur diversité génétique »

But stratégique D3

Accroître les avantages pour tous de la biodiversité et des écosystèmes

Objectif D.14

« D'ici à 2020, les écosystèmes qui fournissent des services essentiels, en particulier l'eau et contribuent à la santé, aux moyens de subsistance et au bien-être, sont restaurés et sauvegardés, compte tenu des besoins des femmes, des communautés autochtones et locales, et des populations pauvres et vulnérables »

Objectif D.15

« D'ici à 2020, la résilience des écosystèmes et la contribution de la diversité biologique aux stocks de carbone sont améliorées, grâce aux mesures de conservation et restauration, y compris la restauration d'au moins 15 % des écosystèmes dégradés, contribuant ainsi à l'atténuation des changements climatiques et l'adaptation à ceux-ci, ainsi qu'à la lutte contre la désertification »

Objectif D.16

« D'ici à 2015, le Protocole de Nagoya sur l'accès aux ressources génétiques et le partage juste et équitable des avantages découlant de leur utilisation est en vigueur et opérationnel, conformément à la législation nationale »

But stratégique E3

Renforcer la mise en œuvre grâce à la planification participative, à la gestion des connaissances et au renforcement des capacités

Objectif E.17

« D'ici à 2015, toutes les Parties ont élaboré et adopté en tant qu'instrument de politique générale, et commencé à mettre en œuvre une stratégie et un plan d'action nationaux efficaces, participatifs et actualisés pour la diversité biologique »

Objectif E.18

« D'ici à 2020, les connaissances, innovations et pratiques traditionnelles des communautés autochtones et locales qui présentent un intérêt pour la conservation et l'utilisation durable de la diversité biologique, ainsi que leur utilisation coutumière durable, sont respectées, sous réserve des dispositions de la législation nationale et des obligations internationales en vigueur, et sont pleinement intégrées et prises en compte dans le cadre de l'application de la Convention, avec la participation entière et effective des communautés autochtones et locales, à tous les niveaux pertinents »

Objectif E.19

« D'ici à 2020, les connaissances, la base scientifique et les technologies associées à la diversité biologique, ses valeurs, son fonctionnement, son état et ses tendances, et les conséquences de son appauvrissement, sont améliorées, largement partagées et transférées, et appliquées »

Objectif E.20

« D’ici à 2020 au plus tard, la mobilisation des ressources financières nécessaires à la mise en œuvre effective du Plan stratégique 2011-2020 pour la diversité biologique de toutes les sources et conformément au mécanisme consolidé et convenu de la Stratégie de mobilisation des ressources, aura augmenté considérablement par rapport aux niveaux actuels. Cet objectif fera l’objet de modifications en fonction des évaluations des besoins de ressources que les Parties doivent effectuer et notifier »

Source : composé par l’auteur à partir de Organisation des Nations Unies (2011-2020)

L’objectif B.5 « D’ici à 2020, le rythme d’appauvrissement de tous les habitats naturels, y compris les forêts, est réduit de moitié au moins et si possible ramené à près de zéro, et la dégradation et la fragmentation des habitats sont sensiblement réduites » tient du fait que « tous les habitats naturels, y compris les forêts, ont été réduits au moins de moitié ». En raison de la nécessité urgente de les conserver, il a été identifié 200 écorégions mondiales caractérisées par des communautés naturelles devenues des habitats de certaines espèces biologiques.

Pour les zones forestières, des territoires intacts sont examinés en détail. Ces territoires se distinguent par des espaces naturels d’une superficie de plus de 50 000 hectares et n’ayant ni de résidents permanents, ni de voies de communication, ni d’activité économique intensive. Selon ce même document, afin d’évaluer la mise en œuvre de cet objectif, l’ensemble d’indicateurs suivant est proposé :

- a) la superficie forestière de la Fédération de Russie et des différentes unités administratives ;
- b) la superficie des zones forestières où aucune activité économique intensive n’est avérée ;
- c) la superficie des zones protégées du parc forestier national de la Fédération de Russie ;
- d) la superficie des écosystèmes steppiques et herbeux proches dans la zone d’expansion du biome steppique⁶⁸;
- e) la superficie estimée des gisements géologiques dans l’aire de répartition du biome steppique.

L’objectif B.7 « D’ici à 2020, les zones consacrées à l’agriculture, l’aquaculture et la sylviculture sont gérées d’une manière durable, afin d’assurer la conservation de la diversité biologique » fait référence globalement aux problèmes écologiques que rencontre la Russie

⁶⁸ Le biome steppique fait référence aux principales communautés, animales et végétales, de la steppe et à leurs adaptations. Elle inclut des étendues d’herbes dépourvues d’arbres, pouvant être denses ou clairsemées, sous des latitudes diverses (tempérées à tropicales).

dans le développement de sa FB (cf. chap. II, p.39). Par exemple, les problèmes liés à la faible certification des produits-bois et de lutte et de lutte contre l'exploitation forestière illégale peuvent être réglés par l'augmentation du nombre d'inspecteurs qui pourra permettre d'organiser une protection efficace des zones forestières. Afin d'évaluer l'accomplissement de cet objectif, les indicateurs suivants peuvent être proposés (Organisation des Nations Unies 2011-2020) :

- a) le nombre (part en %) des unités administratives de la Fédération de Russie qui ont adopté des actes juridiques réglementaires pour la protection de la biodiversité dans les zones rurales et terres agricoles ;
- b) la superficie des zones incendiées en dehors du fonds forestier ;
- c) l'augmentation du reboisement artificiel ;
- d) le nombre d'unités administratives de la Fédération de Russie qui incluent des informations concernant la biodiversité et les mesures pour leur conservation dans les documents normatifs et stratégiques forestiers (par ex. les plans de gestion forestière) ;
- e) La superficie des « zones naturelles spécialement protégées »⁶⁹ créée pour la conservation de la diversité biologique et des habitats naturels ;
- f) la superficie des forêts certifiées conformément aux exigences des systèmes internationaux de certification volontaire de gestion forestière ;
- g) les volumes d'abattage illégal ;
- i) le volume de bois récolté dans les forêts protégées ;
- j) la superficie des zones incendiées dont l'origine est anthropique (humaine).

Pour l'ensemble des indicateurs proposés, il existe d'ores et déjà un grand nombre de données, plus ou moins complètes selon les années et / ou les régions. Par exemple dans le plan de gestion forestière de la région de Tomsk (Département des forêts de l'Oblast de Tomsk, 2009-2018), il est inclus entre autres :

- un taux de détection d'exploitation forestière illégale (actuellement de 29,8%) ;
- le nombre de violations forestières détectées, les dommages causés en roubles, le nombre de protocoles administratifs établis ou encore le nombre d'amendes administratives imposées et perçues ;

⁶⁹ Les « zones naturelles spécialement protégées » (en russe *Osobo okhranyayemyye prirodnyye territorii*) font référence à la loi éponyme de 1995 de la Fédération de Russie, qui catégorise les aires protégées du pays (parcs nationaux, parcs naturels, monuments naturels etc.).

- ou encore une large analyse sur le nombre et le type d'incendies de forêt, permettant de détecter les zones les plus à risques⁷⁰.

Enfin, comme le montrent Lukina et al. (2020), les questions de biodiversité sont *de facto* liées à celle du changement climatique, qui lui-même est lié au développement de l'économie et du bien-être humain. En effet d'une part le changement climatique affecte la biodiversité, d'autre part, c'est la biodiversité qui sous-tend les mécanismes d'adaptation des forêts et de la société à ces changements, puisqu'elle est le pourvoyeur de toutes les fonctions de l'écosystème. Les auteurs expliquent ainsi que les études disponibles, en Russie et ailleurs, sur l'influence des espèces végétales et animales sur les fonctions écosystémiques des forêts, y compris la régulation du climat, sont globalement assez nombreuses et documentées. Cependant, sur les effets combinés de la diversité de la faune et de la flore à constituer de la matière organique et énergétique à différents stades de leur évolution pour réguler les écosystèmes forestiers, ce sont les estimations qualitatives et quantitatives qui sont manquantes. Les auteurs affirment qu'il est ainsi primordial pour tendre vers un DD des forêts de prendre en compte la taxonomie et la structure des forêts afin de comprendre les effets de synergie / compromis (interactions positives et négatives) entre les services écosystémiques et la biodiversité pour la future évolution des pratiques de foresterie.

Indicateurs socio-économiques

La perturbation des écosystèmes forestiers peut avoir d'énormes conséquences sur l'économie et la société (cf. chapitre I) comme c'est le cas avec l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des événements météorologiques extrêmes, qui peuvent se traduire par une paupérisation d'une partie de la société et donc en une augmentation des tensions sociales, par exemple. Concernant les indicateurs économiques, il en existe un très grand nombre qui peuvent être classés de différentes manières, par exemple selon la taille du système étudié – macro, méso, micro (Koroleva et al., 2015). Ceux-ci peuvent inclure par exemple le PIB par habitant d'un pays (macro), qui permet de quantifier en moyenne la valeur totale de la production de richesse (biens et services) par tête, ce qui permet d'indiquer une mesure du développement du territoire en question. Ce même indicateur peut être quantifier pour une région (méso) *via* le PRB (Produit Régional Brut). On peut y rajouter, au niveau micro, des indicateurs sur le nombre d'emplois créés dans une activité ou une économie ou encore le niveau de valeur ajoutée créée

⁷⁰ En 2013, 59 incendies étaient recensés dont 10% d'origine anthropique (20% en 2012, 40% en 2011 et 2010, 50% en 2010).

(pour refléter la différence entre la valeur finale de production (achats de composants, opérations de transformation) et la valeur de consommation (vente d'un produit ou service). On peut également coupler les indicateurs économiques et écologiques, en comptabilisant en pertes financières les dégâts liés à un environnement naturel : perte en matière première, augmentation des coûts des activités forestières, augmentation des risques d'assurance dans l'industrie, etc.

Enfin, c'est si l'on veut faire référence au DD tous ces indicateurs doivent permettre *in fine* à mesurer le niveau de satisfaction des populations ou celui de « bien-être humain », thème central du concept (Shelkunova, 2014).

Ainsi, les questions portant sur des facteurs subjectifs deviennent de plus en plus pertinentes. Pour mesurer le bien-être humain, le revenu et le bien-être matériel ne peuvent plus être considérés aujourd'hui comme les principaux indicateurs. Selon Shelkunova (2014), il est également nécessaire d'inclure des indicateurs qui identifient les problèmes sociaux sous d'autres angles que celui économique.

Concernant la FB, Gagarin et Lebedeva (2010) proposent par exemple d'inclure, dans l'évaluation économique des espaces forestiers, certaines fonctions, considérées comme d'abord sociales, mais ayant également un impact économique. Cet ensemble comprend 4 types de fonctions sociales :

- 1) une fonction récréative, qui doit répondre aux besoins des populations en matière de loisirs, et qui intègrent *de facto* les forêts, spécialement dans un pays comme la Russie. Cela nécessite donc des normes étatiques ou régionales en termes de zones forestières récréatives accessibles ;
- 2) une fonction de bien-être, qui consiste à déterminer le degré d'ionisation de l'oxygène dans l'air et de libération de substances organiques volatiles chimiquement actives ;
- 3) Une fonction éducative, dans laquelle est incluse le développement de la vie spirituelle des personnes. Cette fonction peut intégrer des indicateurs plutôt « philosophique » comme le sens moral ou la spiritualité ; plutôt en termes de « mentalité des personnes », comme le niveau de conscience environnementale, de continuité historique, de perception holistique personnelle de la nature ; ou plutôt en termes de « formation des caractéristiques individuelles des personnes », comme l'imagination créatrice, la sympathie ou la compassion ;
- 4) Une fonction esthétique, qui peut différer selon le relief, le nombre, la qualité et la répartition spatiale des arbres et des arbustes, leur classe d'âge, la composition des peuplements, la proximité du couvert forestier ou encore la configuration des espaces ouverts.

Il est clair que les fonctions socio-écologiques font surtout appel à des critères subjectifs qui diffèrent selon les individus ou groupes d'individus. **L'idée est ici justement de dire que le développement des forêts ne peut pas être réduit qu'à une estimation en termes de coûts économiques.** Gagarin et Lebedeva (2010) argumentent par exemple que dans la littérature russe, les forêts sont omniprésentes et qu'elles ont ainsi façonné directement la vision et le caractère des populations russes. Même si certaines fonctions des forêts, esthétique notamment, sont reprises aujourd'hui dans le Code forestier russe et dans les lois relatives aux zones naturelles spécialement protégées, **il serait néanmoins fructueux d'y intégrer la perception des populations sur leur futur développement.**

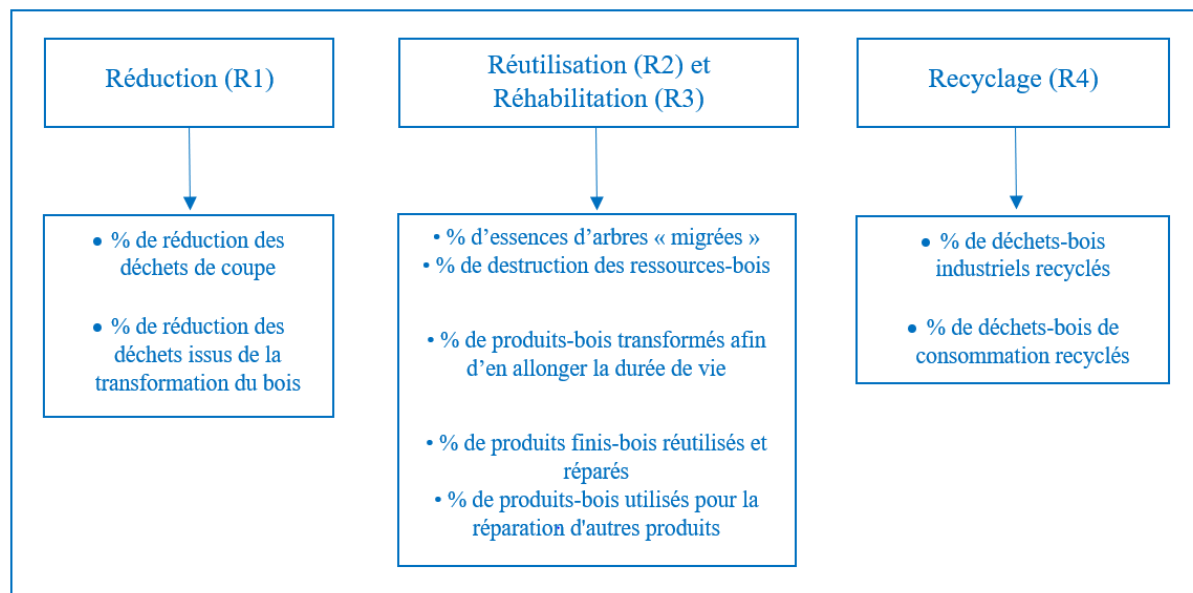
Il est important de préciser que les recherches effectuées ont permis également de mettre en avant un autre problème : le cas de la France, où la forêt est majoritairement privée et où de nombreux propriétaires à l'inverse ne considèrent que les fonctions subjectives, esthétiques et spirituelles notamment, en négligeant ouvertement les apports économiques et environnementaux liés à une gestion anthropique de la forêt.

INDICATEURS DE CIRCULARITE (DIRECTS)

Tous ces indicateurs proposés précédemment peuvent donc être utilisés séparément ou en combinaison afin d'évaluer la formation ou la perte de valeurs en termes de DD. L'idée principale est ici de stimuler la perception qu'une personne ou qu'une organisation pourrait se faire d'un modèle EC-DD tournée vers l'industrie forestière. Afin d'inclure la « circularité » dans la gestion des ressources dans le système, il est possible de proposer un ensemble minimal d'indicateurs permettant d'évaluer les technologies en termes de circularité (fig.18). Dans Kalioujny et al. (2020), cela est fait en partant des 4 filières de réalisation des déchets qui prend en compte des ressources et des produits et biens-bois selon les 3 sphères du DD. Conformément aux connaissances accumulées dans la modélisation intégrée et plus particulièrement dans les modèles 5 et 6 (fig.3.2 et 3.3, p.148 et p.152), les déchets industriels et les déchets de consommation sont traités séparément : ils relèvent de différentes responsabilités et donc de différentes approches stratégiques de mise en œuvre des technologies.

Notons également que la stratégie de réduction des déchets de consommation, normalement affiliée à la filière « R1 » (fig.3.3) reflète en réalité la nécessité d'une stratégie de réutilisation et / ou de réhabilitation, et qui est donc affiliée à la filière « R2 / R3 ».

Fig.3.18. Exemple d'un ensemble d'indicateurs pour l'évaluation d'une stratégie de réalisation des déchets-bois selon le principe des 4R de l'EC



Source : d'après Kalioujny et Monastyrnyy (2020), traduit par l'auteur

Compte-tenu du principe des 4R (modèle 6) et de la possibilité d'utiliser différentes technologies (modèle 7) pour augmenter la circularité des ressources dans le système, le but des indicateurs présentés ci-dessus est de proposer une première estimation de ce qui est fait et de qui pourrait être fait. Les indicateurs indirects viendraient compléter l'analyse sur les impacts de ces technologies. Ainsi, il est possible de calculer la part des déchets industriels au niveau de la région ou d'une entreprise (« % de déchets-bois industriels recyclés ») et d'en calculer ensuite les impacts en termes de GES si ceux-ci sont revalorisés sous forme d'énergie.

Que ce soit d'un point de vue plus du DD (indirect) ou de l'EC (direct), il convient de préciser que le choix des indicateurs peut être largement altéré par la complexité du système à l'étude. En effet, chaque territoire possédant son propre ensemble de caractéristiques, tous les indicateurs proposés ici ne constituent qu'une première itération d'une procédure qui doit être testée en pratique (Kalioujny et al., 2020).

C'est pourquoi, la dernière partie de notre modélisation intégrée a pour but de considérer le cluster-bois de l'Oblast de Tomsk, et plus précisément le parc forestier *Asinovsky*.

3.2.2. PREMIERE SIMULATION D'UNE ECONOMIE CIRCULAIRE : LE CAS DU PARC FORESTIER ASINOVSKY

REPRESENTATION STRUCTURELLE-FONCTIONNELLE

L'objet de cette dernière modélisation est **premièrement de représenter le système « parc forestier Asinovsky » sous l'angle de l'Economie Circulaire (EC) et deuxièmement d'appréhender les possibles stratégies en termes de circularité/durabilité, cela conformément à la modélisation intégrée réalisée jusqu'ici.** Ce modèle reprend largement les bases :

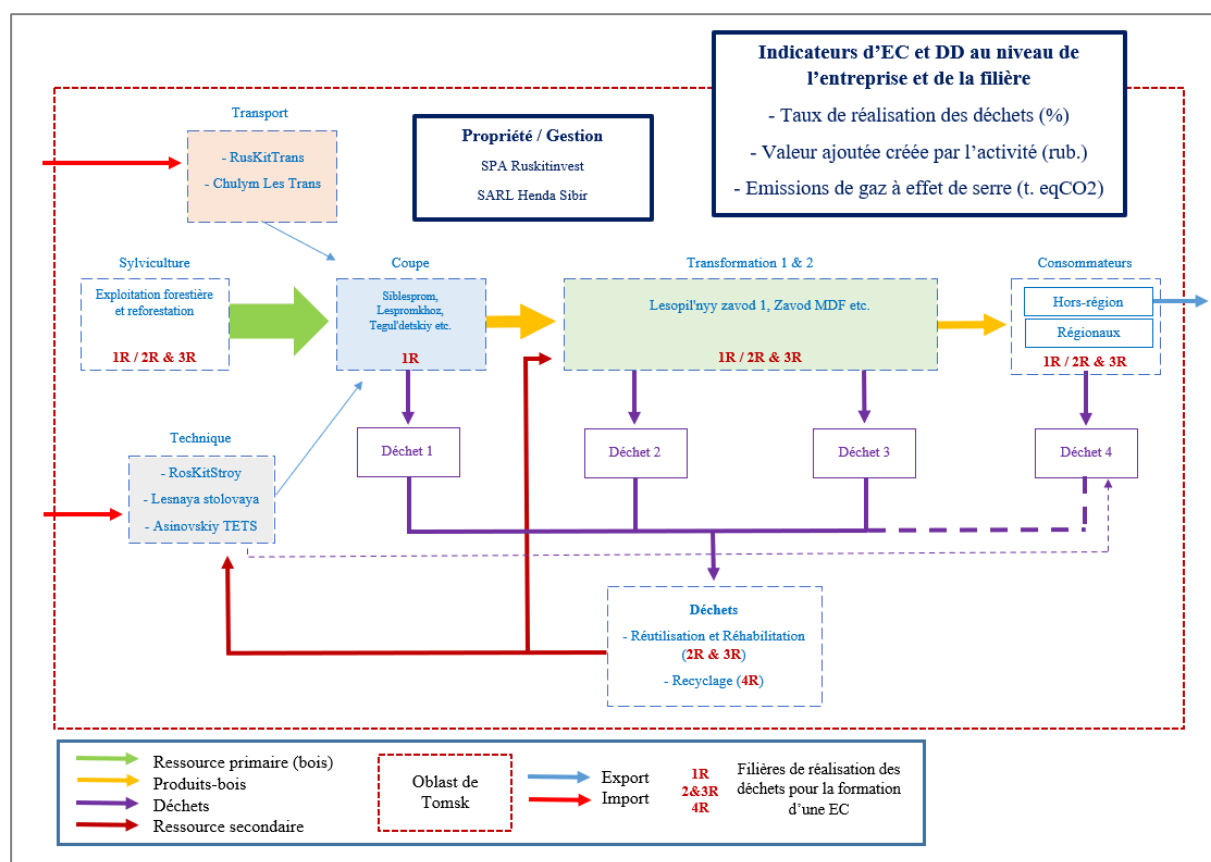
- du modèle 4 (chap. II, p.134), qui propose une première représentation existante du système « Filière-Bois » (FB) de l'Oblast de Tomsk d'un point de vue d'EC en termes de Chaîne d'Approvisionnement (Ch.App) et de Chaîne de Valeurs (Ch.Val) d'abord et ensuite en termes de leviers via les acteurs, les flux financiers les flux de matières associés ;
- et du modèle 8 (chap. III, p.179), qui propose un système d'indicateurs pour pouvoir diriger les processus de circularité et de durabilité.

Cette modélisation de nature structurelle-fonctionnelle du parc s'inspire donc de l'outil « Analyse de Flux de Matière » et intègre des analyses statistiques et empiriques. La modélisation (fig.3.19) a été réalisée dans Kalioujny et al. (2020) où le parc est considéré comme le « noyau économique » du cluster formé par un groupe d'entreprises tout au long de sa Ch.App et Ch.Val, et où le développement du cluster-bois de l'Oblast de Tomsk a été considéré du point de vue des principaux acteurs, à savoir le gouvernement, les organes de gestion régionaux et les principales entreprises de la FB régional.

Etant donné que le cluster de l'Oblast de Tomsk s'applique à un projet réel et ambitieux, notamment en termes de déchets, et que celui-ci connaît un développement et une croissance rapide⁷¹, le but de la modélisation est donc de **proposer une première analyse en termes de résultats**. Il est important de préciser que dans ce contexte, la modélisation s'est néanmoins révélée être compliquée, notamment par le manque d'informations disponibles et un degré très réduit de leur divulgation.

⁷¹ Pour plus de détails on pourra se reporter au chapitre II dans la partie 2.1.3. « Stratégie organisationnelle et développement de l'économie forestière dans l'Oblast de Tomsk, p.114).

Fig.3.19. Modèle 9 : Le cas du parc forestier Asinovsky d'un point de vue d'EC



Source : d'après Kalioujny et Monastyrnyy (2020), traduit par l'auteur

La modélisation du parc forestier *Asinovsky* propose également une délimitation du système qui consiste à concevoir un système d'indicateurs pertinent afin de pouvoir piloter la transition vers une EC. Ces caractéristiques peuvent prendre la forme par exemple d'un taux de réalisation des déchets, d'un taux d'émissions de GES ou la valeur ajoutée économique créée par les activités. Conformément au modèle 8 et au concept de l'EC, l'idée centrale ici est de poser la question suivante : qu'apportent les technologies employées par le cluster en termes de circularité et de durabilité ?

Nous rappelons ici que le cluster (cf. chapitre II, partie 2.1.3, p.114) inclue à ce jour dans sa stratégie deux principales filières de réalisation des déchets, associées aux composantes « Technique » et « Transformation » dans la fig.3.19 :

- 1) une filière de production de chaleur et d'électricité combinées *via* l'entreprise *Asinovskaya TETS* ;
- 2) une filière de production de panneaux composites de fibres de bois à densité moyenne *via* l'entreprise *Asinovskiy zavod MDF*.

OPPORTUNITES

Ainsi, au sein du parc forestier *Asinovsky*, trois blocs opèrent :

- un bloc lié à la **logistique et au transport** (en rouge sur la fig.3.19) *via* les entreprises « *RusKitTrans* » et « *Chulym Les Trans* » ;
- un bloc pour **l'exploitation forestière** (en vert), *via* les entreprises « *Siblesprom* » et « *Lespromkhoz teguldetsky* » (en bleu), et pour la **transformation du bois**, *via* les entreprises « *Lesopil'nyy zavod 1* » et « *Asinovskiy zavod MDF* » ;
- et un bloc pour **le commerce et les entreprises de service**, de construction ou de restauration par exemple (en gris), *via* les entreprises « *ALP Kar'yer* », « *Torgovyy dom LPK* », « *Asinovskaya TETS* » et « *Lesnaya stolovaya, Ruskitstroy* ».

La liste des entreprises (statut pour 2019) est loin d'être complète et est en constante évolution. Cependant, elle permet de refléter globalement la structure du parc. **D'un point de vue économique, mais également de celui de la formation d'une EC**, les résultats possibles d'un tel regroupement d'entreprises peuvent être associés à différents effets (Kondratyuk, 2007, 2008) :

- des économies d'échelle, soit l'augmentation de la production afin de diminuer le coût unitaire moyen des produits-bois ;
- des effets d'intégration, apparemment très utilisés et qui permettent d'optimiser les structures des filiales à des fins commerciales (par exemple en utilisant l'intégralité des dividendes reçus d'une de ses filiales et d'en imputer les intérêts d'emprunt sur le bénéfice d'une autre) ;
- des effets de diversification, en proposant de nouveaux types de produits et biens et donc en prenant part à des nouveaux marchés. A la fois pour développer leur chiffre d'affaires, réduire des coûts mais aussi afin de diminuer des risques (comme ceux de volatilité des prix, comme c'est le cas avec beaucoup de ressources naturelles) ;
- et des effets de coopération, qui sont à la base même du principe de cluster économique.

On peut noter que le fait de concentrer des déchets-bois au sein du cluster et du parc pourraient donc permettre d'effectuer des économies d'échelle afin de rendre les activités de réutilisation/recyclage un maximum rentable d'un point de vue d'organisation (ressources, personnel, logistiques etc.). De plus *via* une stratégie de symbiose industrielle par exemple (cf. chap. I, p.52), où les déchets d'une entreprise deviennent les matières-premières d'une autre, une diversification dans les systèmes de productions et de consommation pourrait être envisagée, permettant de stimuler les effets de coopération par la même occasion.

LIMITES

La principale limite est le manque d'informations qui n'a pas permis d'approfondir l'étude du système et la simulation d'un système circulaire durable. Il serait par exemple nécessaire de pouvoir :

- définir les coûts induits en termes de tri, de transport et de traitement des déchets ;
- estimer les coûts d'équipements supplémentaires pour le traitement des déchets ;
- et évaluer les avantages supplémentaires (revenus) des produits issus de la réalisation des déchets.

Par ailleurs, la modélisation se heurte à la mise en œuvre des mécanismes représentés par les parties prenantes impliquées.

En effet, au niveau micro, le processus de réalisation des déchets est considéré comme un projet d'investissement, que les entreprises ont la liberté ou non de mettre en pratique. Parallèlement, c'est à l'Etat de proposer des évaluations sur les avantages et menaces éventuelles, non seulement au niveau de l'entreprise et du cluster (niveau micro), mais également au niveau régional (niveau méso) et national (niveau macro).

PREMIERE ESTIMATION DU TAUX DE REALISATION DES DECHETS

Du strict point de vue de la gestion des déchets la structure et le territoire du cluster, notamment grâce au parc *Asinovsky*, pourrait permettre l'établissement d'une EC. Dans cette dernière sous-partie, il est même montré – selon les données disponibles – que la diversification des possibilités de recyclage des déchets-bois pourrait permettre d'en augmenter le taux, aujourd'hui estimé à 25% (fig.3.20), jusqu'à 100% de déchets recyclés à l'horizon 2025 (fig.3.21, tab.3.4).

En effet, le Département des forêts de l'Oblast de Tomsk (2009-2018) montre qu'à l'horizon 2025 le volume de coupe sera de près de $7500 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ par an. Selon les estimations retenues dans ce travail et selon lesquelles 50% des ressources terminent sous la forme de déchets, ceux-ci représenteront donc environ $3750 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ en 2025 (cf. modèle 4, p.134).

Il est également mentionné par le Département des forêts de l'Oblast de Tomsk que la production de panneaux de particules devrait y représenter $1150 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ par an, celle de panneaux MDF – $460 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ et celle de panneaux OSB – $450 \cdot 10^3 \text{ m}^3$.

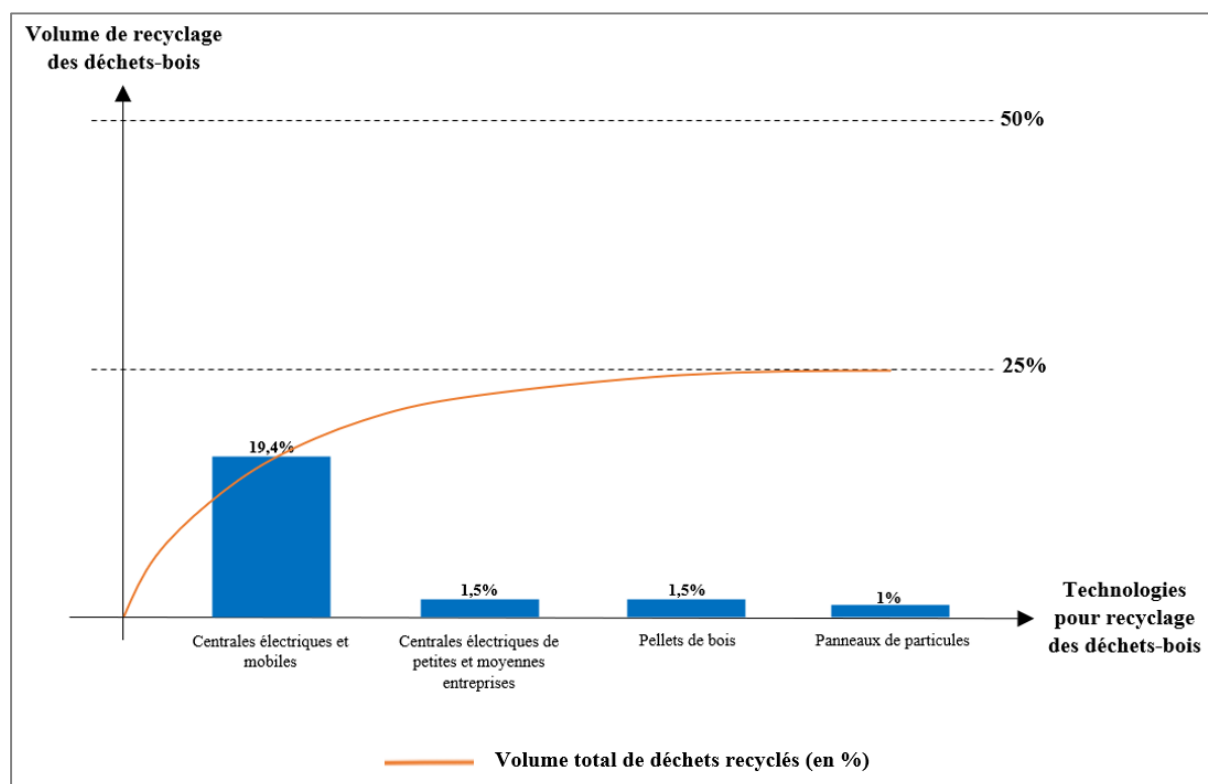
Enfin, l'entreprise *Asinovskiy TETS* – usine de cogénération du parc forestier – ainsi que la nouvelle usine de production de pellets de bois prévue pour 2021 (cf. chap. II, p.114) et les

technologies hybrides (cf. chap. III, p.171) pourraient venir compléter un système de recyclage des déchets.

Le tableau 3.4 montre que pour arriver à 100% de déchets recyclés

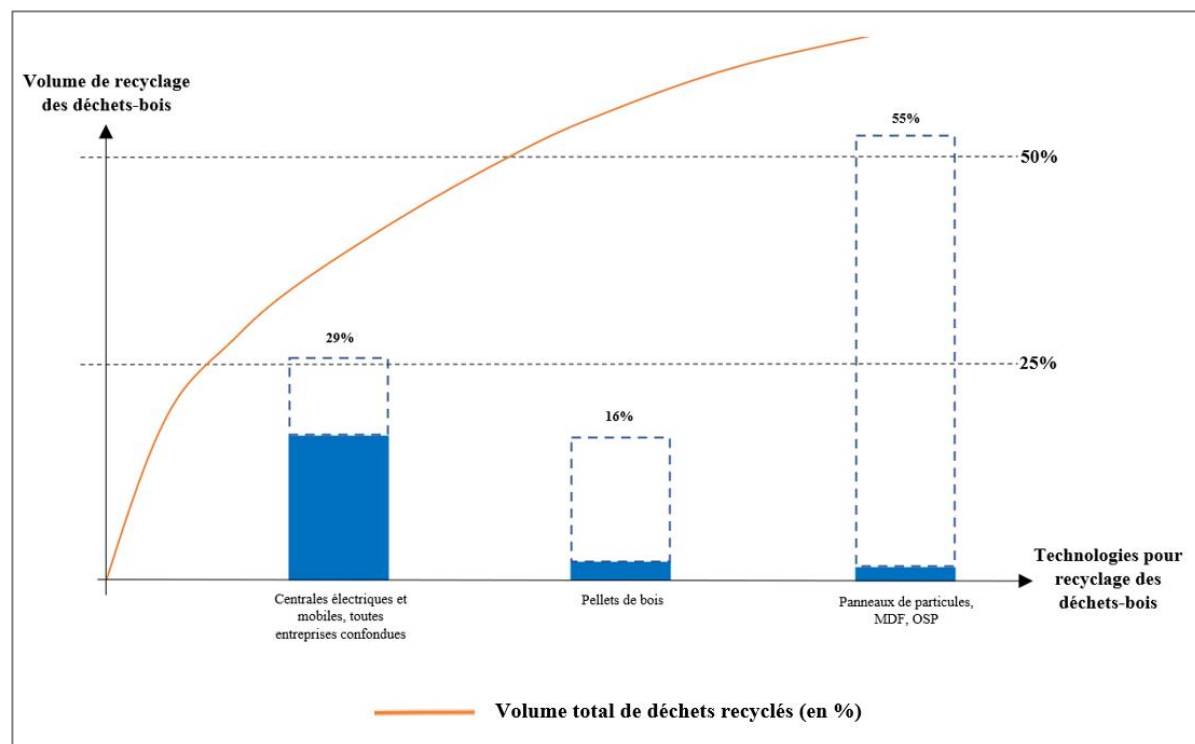
- l'usine *Asinovskiy TETS* accompagnées potentiellement de technologies hybrides doit permettre d'augmenter le taux de valorisation énergétique de 21% en 2013 à 29% 2025 ;
- la production de pellets de bois doit intégrer environ $545 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ de déchets-bois ;
- et que les productions de panneaux de particules MDF et OSB doit intégrer respectivement $460 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ et $450 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ de déchets-bois.

Fig.3.20. Les volumes de déchets de bois recyclés par type de technologies disponibles dans la région de Tomsk (établis par rapport au niveau de consommation de 2013)



Source : d'après Kalioujny et Monastyrnyy (2020), traduit par l'auteur

Fig.3.21. Les volumes de déchets de bois recyclés par type de technologies disponibles dans la région de Tomsk (scénario hypothétique, pour la période jusqu'en 2025)



Source : composé d'après Département des forêts de l'Oblast de Tomsk (2009-2018, 2017)

Tab.3.4. Volumes de bois recyclés dans l'Oblast de Tomsk à l'horizon 2025 par rapport à aux niveaux de consommation de 2013

	2013	2025
Coupe	5254,9 10 ³ m ³	7500 10 ³ m ³
Déchets (≈50%)	≈2627,45 10 ³ m ³	≈3750 10 ³ m ³
Taux de recyclage	25%	100%
Ventilation des Produits issus du recyclage		
énergie pour les entreprises ⁷²	- 798,47 10 ³ m ³ (21%)	- 1087 10 ³ m ³ (29%)
production de pellets	-54,44 10 ³ m ³ (1,5%)	- 600 10 ³ m ³ (16%)
production de panneaux de particules	- 36,294 10 ³ m ³ (1%)	- 1150 10 ³ m ³ (31%)
panneaux MDF		- 460 10 ³ m ³ (12%)
panneaux OSB		- 450 10 ³ m ³ (12%)

Source : composé par l'auteur, à partir de Département des forêts de l'Oblast de Tomsk (2009-2018, 2017)

⁷² Dans des centrales électriques industrielles et mobiles, et des centrales électriques des petites et moyennes entreprises.

Il faut néanmoins préciser que le taux de recyclage de 100% à l'horizon 2025 signifierait que tous les déchets soient récoltés, transportés et valorisés dans ces entreprises.

Plus globalement en termes d'EC, il serait également nécessaire de signifier comment ces entreprises de la FB de l'Oblast de Tomsk vont mettre en place un système de collecte, de transport et de valorisation de leurs déchets potentiels, notamment d'un point de vue de logistique et de transport. Il serait également nécessaire de proposer un plan sur les résultats escomptés en termes de durabilité d'une telle stratégie (cf. modèle 8, p.179). D'autant plus que, selon le Département des forêts de l'Oblast de Tomsk (2017), les principales cibles sont des consommateurs qui se trouvent à l'international, que ce soit pour la production de panneaux de particules ou de pellets de bois.

Dans l'optique enfin de construire un modèle durable, cela interroge le bilan en termes d'émissions de GES et peut remettre en question ces activités considérées comme circulaires.

CONCLUSION DU CHAPITRE III

Dans la Filière-Bois (FB), la transition vers le Développement Durable (DD) est formalisée par le développement d'une Economie Circulaire (EC), plus précisément focalisée sur les déchets. L'objet du chapitre III était double.

Il s'agissait, premièrement, de boucler la Modélisation Intégrée (MI) au niveau micro – celui des acteurs de la FB – en prenant en compte les technologies circulaires à envisager. Notre recherche montre que l'introduction de technologies circulaires dans le domaine des déchets-bois suppose, d'une part, de modéliser la Chaîne d'Approvisionnement (Ch.App) en séparant distinctement les flux de déchets (à quel moment, pour quels volumes et quels coûts) et, d'autre part, de réaliser une classification des déchets, selon leurs propriétés physico-mécaniques et leur place dans la Ch.App, ce qui va permettre de déterminer en partie ce que l'on peut faire avec ces déchets. Nous avons finalement défini une typologie des technologies circulaires qui permet d'intégrer toutes les spécificités liées aux déchets, notamment au travers du terrain d'étude et du concept de DD.

Il s'agissait deuxièmement, de boucler la MI dans son ensemble, c'est-à-dire de représenter **l'introduction de technologies circulaires adaptées à un territoire donné et dans l'optique d'un DD de toute la filière**. Notre recherche montre qu'il est nécessaire de s'appuyer sur des indicateurs de circularité et de durabilité évaluant les effets en termes de DD. Nous soulignons que l'état actuel de la connaissance dans ce domaine est non négligeable, mais qu'elle traite peu du cas de la FB et des déchets-bois et très peu du cas particulier de la Russie. Pour atteindre une trajectoire couplée entre l'EC et le DD, nous suggérons de s'appuyer sur la méthodologie des 4R (Réduire, Réutiliser, Réhabiliter, Recycler). Nous proposons dans ce cadre, un ensemble d'indicateurs pour les déchets-bois dans la FB au niveau de la coupe (matière première), de la transformation (production des biens) et de la consommation des produits-finaux.

Nous avons composé un modèle final permettant de simuler et en partie tester la circularité et la durabilité du système. Pour la simulation, l'Oblast de Tomsk à travers l'exemple du parc forestier *Asinovsky* a été retenue. Cela a permis d'évaluer la stratégie employée et de faire ressortir des limites dans le système.

La MI en ce sens a donc pour fonction également de mieux intégrer en amont les éventuels problèmes que pourraient rencontrer les acteurs clés et / ou secondaire du système, ici dans une transition vers plus de circularité et de durabilité. En ce sens, c'est

l'ensemble du système, construit dans les chapitres II et III qui est approprié : il faut comprendre le terrain (quel secteur, quel(s) territoire(s)) dans lequel le modèle d'EC va être introduit.

A ce titre, notre simulation permet de souligner que **la stratégie d'innovation engagée dans la FB de l'Oblast de Tomsk et dans le cluster-bois concernant les déchets est incomplète et que l'élaboration d'une stratégie d'EC paraît très pertinente dans l'optique d'un développement de l'innovation et du DD de la filière**. Néanmoins, la vue holistique que propose le modèle nécessite de développer des recherches largement plus approfondies.

BIBLIOGRAPHIE DU CHAPITRE III

1. ADEME et FCBA. Evaluation du gisement de déchets bois et son positionnement dans la filière bois/bois énergie. L. Guinard, G. Deroubaix M-L. Roux, A-L. Levet et V. Quint. Anger, 2015. 116 p.
2. Agreste Primeur. Récolte de bois et production de sciages en 2017 (Hausse de la commercialisation de grumes et du bois énergie). № 355. Décembre, 2018. 4 p.
3. Arrêté n ° 3183-r du Gouvernement de la Fédération de Russie du 25 décembre 2019 « Sur l'approbation du plan d'action national du premier stade d'adaptation au changement climatique pour la période allant jusqu'en 2022 ». Moscou, 2019. 17 p. (en russe)⁷³.
4. Blam Y., Mashina L. Approche structurelle pour la formation de modèles numériques sectoriels. Collection d'articles scientifiques « Recherche de systèmes économiques multirégionaux : expérience d'application d'optimisation de systèmes intersectoriels interrégionaux ». Institute of Economic and Industrial Production Organizing (Novosibirsk), 2007. P.128-145. (en russe, traduit par l'auteur).
5. Blam Y., Mashina L. Forming-Up Hierarchical Set of Models: Developing Strategy for Industry Specific Sector. World of economics and management, Novosibirsk State University, n°4, 2018. P.126-139. (en russe).
6. Blam Y., Mashina L. Timber Sector: Forecasts and Strategies. Siberian State University of Geosystems and Technologies, collection of materials XVII International Exhibition and Scientific Congress "Interexpo GEO-Siberia", Vol.3, 2019. P.30-38.
7. Bokshchanin Y.R., Kvyatkovskaya A.P., Lashmanov V.I. Manuel d'un maître du bois. Lesi, prom-st, 3^{ème} édition, 1987. 280 p. (en russe).
8. Caurla S., Delacote P. FSM : un modèle de la filière forêts-bois française qui prend en compte les enjeux forestiers dans la lutte contre le changement climatique, INRA sciences sociales, résultats de recherche n°4/2012 - MAI 2013. 5 p.
9. Cevallos G., Grimault J., Bellassen V. Relocaliser la filière bois française : une bonne idée pour le climat. I4CE, 2019. 36 p.
10. Code forestier de la Fédération de Russie du 04.12.2006 N 200-FZ
11. De Pascale A., Arbolino R., Szopik-Depczyńska K., Limosani M., Ioppolo G. A systematic review for measuring circular economy: The 61 indicators. Journal of Cleaner Production, Vol.281, 2021.
12. Département des forêts de l'Oblast de Tomsk, JSC "Centre scientifique d'État du complexe forestier". Le programme de développement du cluster de l'industrie du bois de l'Oblast de Tomsk jusqu'en 2020, Tom I, Tomsk, 2017. 133 p. (en russe).
13. Département des forêts de l'Oblast de Tomsk, Lesinvest OJSC. Le plan forestier de l'Oblast de Tomsk (2009-2018), livre 1. (en russe). 267 p.
14. FCBA INFO. Project « Durabilité » : vers une amélioration de la durée de vie des ouvrages extérieurs en bois, 2010. 14 p.
15. FCBA et IRABOIS. Fiches Produits Ouvrage Bois (P.O.B.). Traitement des bois, 2015. 2 p.

⁷³ Pour les références bibliographiques russes, si le titre en anglais n'était pas indiqué celui-ci a été traduit systématiquement en français. Dans la bibliographie générale (p.209), où les sources russes ont été regroupées, les titres en russe ont été rajoutés.

16. Food and Agriculture Organization of the United Nations. The Russian Federation forest sector. Outlook study to 2030. Rome, 2012. 93 p.
17. Gagarin A.I., Lebedeva T.A. Évaluation des fonctions sociales des paysages forestiers de Sibérie et de l'Oural. Bulletin de l'Université d'État Sibérienne des Géosystèmes et Technologies, n°1 (12), 2010. P.161-173. (en russe).
18. Gazizov A.M., Islamuratov A.I. Amélioration de l'efficacité de la production des scieries. Symbol of Science (Ufa), T. 2, n°3, 2017. P.47-49. (en russe).
19. Kalioujny B. (a). Dynamics of development of the land fund in France and in Russia. Problems of Geology and Subsoil Development: collection of scientific papers of the XXIII International Scientific Symposium named after Academician M. A. Usov. Tomsk Polytechnic University, 2019, Vol.1. P.499-500. (en russe).
20. Kalioujny B. (b). Development problems analysis of the timber industry complex from the point of view of circular economy. A comparative analysis of the Tomsk region and France. Prospects of Fundamental Sciences Development: collection of scientific papers of the XVIII International Conference of Students and Young Scientists. Tomsk Polytechnic University, 2019, T.5. P.78-80. (en russe).
21. Kalioujny B., Monastyrny E.A. Analysis of development problems in the timber industry complex within the formation of circular economy on the example of the Tomsk Region. Innovations, n°3, 2019. P.86-93 (en russe).
22. Kalioujny B., Monastyrny E.A. Integrated modeling of forest industries in the paradigm of sustainable development and the formation of circular economy. Innovations, n°3, 2020. P.85-94. (en russe).
23. Kalioujny B., Monastyrny E.A., Kudrin V.Y. Choice of technologies for wood waste realization within the formation and the development of circular economy in the wood cluster. Innovations, n°5, 2020. (en russe).
24. Karpov S.A. Aspects modernes de la production et de la consommation d'éthanol combustible en Russie et dans les pays de la CEI. Ecology and Industry of Russia, n°1, 2008. P.46-47. (en russe).
25. Kondratyuk A.V. Caractéristiques de la stratégie financière des systèmes de type holding. Bulletin de l'Université russe d'économie Plekhanov (Moscou), n°6, 2007. P.74-80. (en russe).
26. Kondratyuk A.V. Une approche méthodologique pour la formation d'une stratégie de durabilité économique des systèmes de type holding dans l'industrie du bois. Bulletin de l'Université des forêts d'État de Moscou. Bulletin forestier. n°5, 2008. P.139-142. (en russe).
27. Korobov V., Rushnov N. Transformation de matières premières de faible qualité (problèmes des technologies sans déchets). Ecologie, 1991. 288 p. (en russe).
28. Koroleva T.S., Konstantinov A.V., Shunkina E.A. Threats and socio-economic impacts of climate change for the forest sector. Proceedings of the Saint Petersburg Forestry Research Institute, n°3, 2015. P.55-71. (en russe).
29. LOI n° 2020-105 du 10 février 2020 relative à la lutte contre le gaspillage et à l'économie circulaire // <https://www.legifrance.gouv.fr/eli/loi/2020/2/10/TREP1902395L/jo/texte>. JORF n°0035 du 11 février 2020
30. Lukina N.V., Geraskina A.P., Gornov A.V., Shevchenko N.E., Kuprin A.V., Chernov T.I., Chumachenko S.I., Shanin V.N., Kuznetsova A.I., Tebenkova D.N., Gornova M.V.

- Biodiversity and climate regulating functions of forests: current issues and prospects for research. *Forest Science Issues*, Tom 3, n°4, 2020. P.1-90. (en russe).
31. Makarov O.A., Aniskina E.S. Analysis of the potential of bioenergy production in Russia and the direction of its improvement. *Economy and Society (Nizhny Novgorod)*, n°2 (5), 2018. P.25-46. (en russe).
 32. Martel S., Casset L., Gleizes O. Forêts et carbone : comprendre, agir, valoriser. Institut pour le développement forestier, 2015.
 33. Matsuk A. Gas producer automobiles in the Komi ASSR in the 1940s-1950s. *Studies in the History of Science and Technology*, Vol.37, Issue 4, 2016. P. 736-750. (en russe).
 34. Ministère de la Transition Ecologique. Chiffres clés des énergies renouvelables. Édition 2020, 92 p.
 35. Mokhirev A.P., Bezrukikh J.A., Medvedev S.O. Recycling of wood wastes of timber industry, as a factor of sustainable resource management. *Engineering journal of Don (Southern Federal University)*, n°2-2 (36), 2015. P.81. (en russe).
 36. Mokhirev A.P., Zyryanov M. Logging operation technology with felling residue sorting. *Systems. Methods. Technologies*, n°3 (27). P.118-122. (en russe).
 37. Mon atelier en ville, accédé 06.01.2020 // <http://monatelierenville.com>
 38. Moraga G., Huysveld S., Mathieux F., Blengini G.A., Alaerts L., Van Acker K., de Meester S., Dewulfa J. Circular economy indicators: What do they measure? *Resources, Conservation and Recycling*. Vol.146. 2019. P. 452-461.
 39. National Gas Vehicle Association. URSS : les voitures à gaz dans la grande guerre patriotique. *Transport à carburant alternatif*, n°3 (21), 2011. P.75-76. (en russe).
 40. N.V. Pakhomova. K.K. Richter, M.A. Vetrova (b). Transition to circular economy and closed-loop supply chains as driver of sustainable development. *St Petersburg University Journal of Economic Studies*, T.33, n°2, 2017. P.244-268. (en russe).
 41. Nations Unies. Accord de Paris dans le cadre de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques. Novembre, 2015. 18 p.
 42. Norme inter-États « GOST 20022.2-2018 ». Protection du bois. Classification, 2019. 19 p. (en russe).
 43. ONF (Office National des Forêts). Rapport d'activité, 2015. 84 p.
 44. Organisation des Nations Unies. Décennie pour la biodiversité « Vivre en harmonie avec la nature ». Convention sur la diversité biologique. Plan stratégique 2011-2020 pour la diversité biologique. 68 p.
 45. Plan de gestion forestière, SARL « Tomlesdrev ». Tomsk, 2018. 93 p. (en russe).
 46. Podgorny I.I. Technologie de production de farine de bois pour la production de matériaux de finition composites. Base fondamentale de la science des matériaux de construction, Collection de rapports du congrès international en ligne. Belgorod State Technological University, 2017. P. 939-943. (en russe).
 47. Poldervaart P. Le bois permet bien plus. Résumé du Programme national de recherche PNR66 Ressource bois. Fonds national suisse pour la recherche scientifique, Programme national de recherche PNR66 Ressource bois, 2017. 28 p.
 48. Prokof'ev G.F., Miklovtsik N.Y., Tyurin A.M. New sawmill modules for the flexible automated sawmill lines. *Lesnoy Zhurnal (Russian Forestry Journal)*, n°1 (349), 2016. P.131-137. (en russe).
 49. Rougieux P. Modelling European Forest Products Consumption and Trade in a Context of Structural Change. *Economics and Finance*. Université de Lorraine, 2017.
 50. Shegelman I.R., Vasilev A.S. The analysis of ways to increase the competitiveness of energy biomass. *Engineering journal of Don*, n°3 (26), 2013. P.22. (en russe).

51. Shelkunova Y.E. L'équilibre des facteurs objectifs et subjectifs en tant que principe fondamental de la mesure du bien-être économique humain. Collection d'articles scientifiques de la XI conférence scientifique et pratique internationale « L'économie russe au XXI siècle ». Université polytechnique de Tomsk, 2014. P.422-426. (en russe).
52. Sukhanov Y.V., Gerasimov Y.Y., Seliverstov A.A., Sokolov A.P. Technological chains and machines systems for collecting and processing woody biomass into fuel chips in clear-cutting harvesting by cut-to-lengths. Systems. Methods. Technologies., n°4 (12), 2011. P.101-107. (en russe).
53. Tabakaev R.B., Kazakov A.V., Zavori A.S. Les perspectives des combustibles de faible qualité dans la région de Tomsk pour une utilisation en génie thermique. Bulletin de l'Université polytechnique de Tomsk. T.323, n°4 : Energie, 2013. P.41-46. (en russe).
54. Trutko V.V., Snopkov V.B. Détermination des paramètres de protection du bois en fonction de la classe des conditions de service. Proceedings of BSTU (Belarusian State Technological University), Forest and Woodworking Industry, n°2, 2010. P.134-137. (en russe).
55. Valade A., Luyssaert S., Vallet P., Njakou Djomo S., Jesus Van Der Kellen I., Bellassen V. Carbon costs and benefits of France's biomass energy production targets. Carbon Balance and Management, Vol.13, Article n°26, 2018.
56. Zaprudnov V.I., Karpachev S.P., Bykovsky M.A. Technologies et moyens techniques d'exploitation forestière. Bulletin forestier (Université d'État des forêts de Moscou), n°1, T.21, 2017. P.108–117. (en russe).

CONCLUSION GENERALE

Notre thèse a pour origine, au titre de l'intérêt croissant porté au thème de l'Economie Circulaire (EC), d'étudier les possibilités de l'appliquer au territoire que constitue la Fédération de Russie. La nouveauté apportée par ce travail se caractérise surtout dans l'élaboration d'une méthode basée sur la Méthodologie des Système Souples (MSS) et son système de Modélisation Intégrée (MI), méthode qui permet de mettre en avant une vue multidimensionnelle du modèle de l'EC à travers un territoire et un secteur d'activité.

Notre choix a été motivé par le fait que les recherches en EC en Russie se sont avérées insuffisantes car soit absentes, soit incomplètes pour la plupart, cela alors même que le pays se voit dans l'obligation d'accélérer la modernisation de ses systèmes de gestion des déchets et sa transition vers un Développement Durable (DD). En effet, nous démontrons dans le chapitre I par exemple qu'il n'existe à l'heure actuelle en Russie que deux travaux approfondis sur l'EC en Russie : celui de Vetrova (2018) et ceux de Kalioujny et al. (Kalioujny et Monastyrnyy, 2019, 2020 ; Kalioujny et al., 2020).

Dans ces conditions, la MI que nous avons proposé et réalisé permet de représenter de manière graphique le système à l'étude. Elle s'avère la plus adaptée pour montrer tout d'abord qu'une réflexion en termes de DD mène à des objectifs globaux, dans le sens où les enjeux environnementaux sont directement liés à des enjeux économiques et sociaux. Ensuite, la modélisation montre comment et à quelles conditions la problématique des déchets répond à ces enjeux. Plus particulièrement, il est montré que la problématique des déchets se prête particulièrement bien à l'émergence d'une réflexion en termes d'EC. Nous montrons notamment que cela amène à modéliser ses finalités technico-économiques (conditions de mise en œuvre, objectifs économiques, organisation industrielle et territoriale etc.) en fonction des prédispositions du terrain.

Afin de représenter au mieux ce qu'une transition en termes d'EC et de DD induit, un terrain d'étude a été choisi. Celui-ci prend la forme d'un territoire et d'un secteur d'activité, ici la Filière-Bois (FB) de l'Oblast de Tomsk. Kalioujny et Monastyrnyy (2019, 2020) et Kalioujny et al. (2020) motivent ces choix par le fait que

- la région est représentative de la situation au niveau fédéral ;
- le sujet des déchets-bois intègrent parfaitement les enjeux de durabilité *via* les 3 sphères – économiques, sociaux, écologiques – du DD ;

- que la politique organisationnelle de la FB régionale *via* son cluster-bois, qui reprend les fondamentaux de la politique fédérale économique d'innovation intégrant le concept de DD, permet bien de tester le potentiel d'un modèle d'EC.

Le chapitre I propose ainsi une analyse théorique et empirique du DD et de l'EC mise en parallèle avec leur application en Russie et dans la Filière-Bois (FB). Le chapitre intègre également une analyse de la Méthode des Systèmes Souples et de son approche par la Modélisation Intégrée. Cette analyse permet de comprendre, d'une part, que les 3 sphères du DD – écologique, sociale et économique – ne sont pas considérées en Russie comme un seul et même système mais plutôt de manière distincte, et d'autre part, que ces interactions ne sont pas encore comprises, ni même vraiment étudiées. Il apparaît même que c'est la sphère économique qui est largement considérée et qui devra *in fine* permettre des avancées dans les sphères sociale et écologique.

L'hypothèse émise en conclusion du chapitre I s'interroge sur la fonction d'une EC qui remettrait au centre de la réflexion d'abord les fonctions écologique au service de l'Homme. Pour y répondre, la proposition est d'employer une Modélisation Intégrée (Chapitre II et III). L'hypothèse y apparaîtra en partie vérifiée : la sphère environnementale apparaît avoir un potentiel colossal pour le développement du secteur mais de nombreuses menaces planent sur ce potentiel.

Le chapitre III *via* l'élaboration de la méthode du choix (construit) des technologies circulaires montre en ce sens où se trouvent les parties et sous-parties manquantes pour l'introduction d'un système circulaire complet. C'est d'ailleurs pour cela que tout au long de la thèse des résultats de recherche émanant d'autres territoires, notamment de France, ont été introduits afin de caractériser au mieux le système circulaire-durable de la FB de l'Oblast de Tomsk. En effet, alors que certains éléments « circulaires » dans la FB russe existent déjà, comme le recyclage et la réduction de certains déchets ou la création de zones forestières écologiques, il apparaît bien que les fonctions écologiques sont absentes dans la conception des stratégies d'innovation au niveau des entreprises et de la région.

De ce point de vue, encore une fois à travers l'exemple de la France, les travaux de Lenglet et Caurila (2020) et Niang et al. (2020) montrent que les enjeux du DD et du « verdissement » de l'économie vont très souvent de pair avec le phénomène de

« territorialisation », notamment dans le secteur forestier. Actuellement, ce phénomène s'exprimerait à travers :

- 1) une plus grande autonomie des acteurs locaux ;
- 2) et la prise de conscience de tous les acteurs de la chaîne d'approvisionnement.

Il est entendu qu'une telle transformation nécessite d'abord **de « casser » la logique de mondialisation économique et de réduire la dépendance des entreprises locales aux conditions du marché international. Parallèlement, c'est la prise de conscience de la société, en particulier des consommateurs, qui doit permettre de dépasser l'aspect technologique unilatéral du potentiel d'innovation du territoire.** Dans cette même prise de conscience, le processus d'« identification » aux produits locaux est essentiel et doit permettre d'inclure dans les valeurs créées non seulement des résultats socio-économiques, mais aussi toutes les autres externalités positives, en termes de bien-être par exemple, liées à **la gestion rationnelle (exploitation, conservation, transformation) des ressources naturelles.**

L'exemple du cluster-bois de l'Oblast de Tomsk montre également que la politique d'innovation, qui semble être une priorité fédérale, n'est pas indissociable d'une politique d'EC et peut même en devenir un instrument particulièrement intéressant et efficace. Cependant, dans une logique de territorialisation, la MI montre qu'il sera nécessaire de renforcer la coopération entre tous les acteurs du système, à l'intérieur et à l'extérieur de la structure, y compris ceux liés à d'autres secteurs d'activité et à d'autres niveaux de généralisation. En effet, étant donné par exemple le manque de recherches et d'informations essentielles, un traitement et une analyse d'un grand nombre de données quantitatives et qualitatives à tous les niveaux de généralisation et pour chaque aspect lié aux 3 sphères du DD devrait être mis en place afin de compléter la MI proposée ici et permettre une simulation plus fine quant aux résultats souhaités dans le futur.

BIBLIOGRAPHIE GENERALE

BIBLIOGRAPHIE GENERALE RUSSE⁷⁴

1. Ackoff R.L., Deming E. Systems Theory for Managers and Educators (stenographic report of a discussion). Problems of Governance, n°6, Tom 4, 2012. P.6-30.
Akoff R., Deming E. Teoriya sistem dlya menedzherov i prepodavateley (stenogramma diskussii). Problemy upravleniya v sotsial'nykh sistemakh, T.4, n°6, 2012. S.6-30
2. Ackoff R.L. From Data to Wisdom. Problems of Governance, n°4, Tom 2, 2011. P.82-92.
Akoff R. Ot dannykh k mudrosti. Problemy upravleniya v sotsial'nykh sistemakh, T.2, №4, 2011. S.82-92.
3. Administration de l'Oblast de Tomsk. Stratégie de développement socio-économique de l'Oblast de Tomsk jusqu'en 2030. Annexe N 2580 à la décision de la Douma législative de l'Oblast de Tomsk du 26 mars 2015. 62 p.
Administratsiya Tomskoy oblasti. Strategiya sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya Tomskoy oblasti do 2030 goda. Prilozheniye N 2580 k resheniyu Zakonodatel'noy Dumy Tomskoy oblasti ot 26 marta 2015 goda. 62 s.
4. Agence SGM (Sustainable Growth Management Agency). Évaluation du développement durable des villes de la Fédération de Russie pour 2018. N°7. 23 p.
Agentstvo Es Dzhi Em (Agentstvo ustoychivogo rosta). Otsenka ustoychivogo razvitiya gorodov Rossiyskoy Federatsii na 2018 god. №7. 23 p.
5. Andreyeva Y.V., Arbatskaya Y.V., Kireyenko A.P. et al. Conséquences de l'adhésion de la Russie à l'Organisation mondiale du commerce pour l'économie régionale. Maison d'édition de l'UEEDB, Irkoutsk, 2013. 252 p.
Andreyeva Y.V., Arbatskaya Y.V., Kireyenko A.P. i dr. Posledstviya vstupleniya Rossii vo vsemirnuyu trgovuyu organizatsiyu dlya regional'noy ekonomiki. Irkutsk: Izdatel'stvo Baykal'skogo universiteta ekonomiki i prava, 2013.
6. Arrêté n°3183-r du Gouvernement de la Fédération de Russie du 25 décembre 2019 « Sur l'approbation du plan d'action national du premier stade d'adaptation au changement climatique pour la période allant jusqu'en 2022 ». Moscou, 2019. 17 p.
Pravitel'stvo Rossijskoj Federacii. Rasporyazhenie ot 25 dekabrya 2019 g. № 3183-r «Ob utverzhdenii prilagaemogo nacional'nogo plana meropriyatij pervogo etapa adaptatsii k izmeneniyam klimata na period do 2022 g.». Moskva, 2019. 17 s.
7. Arrêté n°84-r du Gouvernement de la Fédération de Russie du 25 janvier 2018 « sur l'approbation de la stratégie de développement de l'industrie pour le traitement, l'utilisation et l'élimination des déchets de production et de consommation pour la période allant jusqu'à 2030 ». 59 p.
Pravitel'stvo Rossijskoj Federacii. Rasporyazheniye ot 25 yanvarya 2018 g. №84-r «Ob utverzhdenii Strategii razvitiya promyshlennosti po obrabotke, utilizatsii i

⁷⁴ La bibliographie « russe » fait référence aux sources écrites en russe. Tous les autres sources, écrits en français ou en anglais, ont été incluses dans la bibliographie « non russe ». Nous rappelons que si le titre en anglais n'était pas indiqué celui-ci a été traduit systématiquement en français.

obezvrezhivaniyu otkhodov proizvodstva i potrebleniya na period do 2030 goda». Moskva, 2018. 59 s.

8. Autorité territoriale du Service fédéral des statistiques de l'État de l'Oblast de Tomsk. Annuaire statistique « Tomskstat » 2016. Tomsk, 2016.
Territorial'nyy organ Federal'noy statisticheskoy sluzhby po Tomskoy oblasti. Statisticheskii yezhegodnik «Tomskstat» 2016. Tomsk, 2016.
9. Autorité territoriale du Service fédéral des statistiques de l'État de l'Oblast de Tomsk. Annuaire statistique « Tomskstat » 2019. Tomsk, 2019.
Territorial'nyy organ Federal'noy statisticheskoy sluzhby po Tomskoy oblasti. Statisticheskii yezhegodnik «Tomskstat» 2019. Tomsk, 2019.
10. Bakhvalov L. La modélisation informatique : un long chemin vers des sommets brillants ? Computerra, n°40, 1997.
Bakhvalov L. Komp'yuternoye modelirovaniye: dolgiy put' k siyayushchim vershinam? Komp'yuterra, n°40, 1997.
11. Bartalev S.A., Ershov D.V., Isaev A.S., Lupyan E.A. The Main Problems and Perspectives of Developing a System of Global Satellite Monitoring of Forests. Russian Journal of Forest Science, n°6, 2011. P.3-15.
Bartalev S.A., Yershov D.V., Isayev A.S., Lupyan Ye.A. Osnovnyye zadachi i perspektivy sistemy global'nogo sputnikovogo monitoringa lesov. Lesovedeniye, n°6, 2011. S.3-15.
12. Barsukova T.A., Belyaev Y.K., Bozhko L.M. & al. Le modèle moderne d'entreprise efficace : monographie. TsRNS (sous la direction de S.S. Chernov), Livre 12, Novossibirsk, 2014. 284 p.
Barsukova T.A., Belyayev YU.K., Bozhko L.M. i dr. Sovremennaya model' effektivnogo biznesa: Monografiya. TSRNS (pod red. S.S. Chernova), kn. 12, Novosibirsk, 2014. 284 s.
13. Baumgarten M.I., Galanina T.V., Grigoryants K.S. et al. Stabilité et compétitivité des systèmes socio-économiques : monographie. IST Consulting (sous la direction de V.V. Kolmakov), 2015. 172 p.
Baumgarten M.I., Galanina T.V., Grigor'yants K.S. i dr. Ustoychivost' i konkurentosposobnost' sotsial'no-ekonomicheskikh sistem: monografiya. IST Konsalting (pod redaktsiyey Kolmakova V.V.), 2015. 172 s.
14. Bezrukova T.L., Borisov A.N., Shanin I.I. Classification of the estimation indicators of the industrial enterprise economic activity's efficiency. Society: Politics, Economics, Law, n°1, 2012. P.73-80.
Bezrukova T.L., Borisov A.N., Shanin I.I. Klassifikatsiya pokazateley effektivnosti ekonomicheskoy effektivnosti promyshlennogo predpyatiya Obshchestvo: politika, ekonomika, pravo, n°1, 2012. S.73-80.
15. Blam Y., Mashina L. Approche structurelle pour la formation de modèles numériques sectoriels. Collection d'articles scientifiques « Recherche de systèmes économiques multirégionaux : expérience d'application d'optimisation de systèmes intersectoriels interrégionaux ». Institute of Economic and Industrial Production Organizing (Novosibirsk), 2007. P.128-145.
Blam Y.S., Mashkina L.V. Strukturnyy podkhod k formirovaniyu model'no-programmnykh kompleksov. Issledovaniya mnogoregional'nykh ekonomicheskikh sistem: opyt primeneniya optimizatsionnykh mkonomicheskikh sistem. Sbornik

- nauchnykh trudov. pod redaktsiyey V. I. Suslova. Institut ekonomiki i organizatsii promyshlennogo proizvodstva SO RAN Novosibirsk, 2007. S.128-145.*
16. Blam Y., Mashina L. Forming-Up Hierarchical Set of Models: Developing Strategy for Industry Specific Sector. World of economics and management, Novosibirsk State University, n°4, 2018. P.126-139.
Blam Y.S., Mashkina L.V. Postroyeniye iyerarkhicheskogo nabora modeley: ot stoimostnoy omm k otraslevoy modeli v naturaleleley. Mir ekonomiki i upravleniya, T.18, n°4, 2018. S.126-139.
 17. Blam Y., Mashina L. Timber Sector: Forecasts and Strategies. Siberian State University of Geosystems and Technologies, collection of materials XVII International Exhibition and Scientific Congress "Interexpo GEO-Siberia", Vol.3, 2019. P.30-38.
Blam Y.S., Mashkina L.V. Lesnoy kompleks: prognozy i strategii. Interekspo geo-sibir', T.3, n°1, 2019. S.30-38.
 18. Blokhin L. Sciences sociales et humaines. Littérature domestique et étrangère. Série 9 : Etudes orientales et africanistes, n°1, 2008. P.113-115.
Blokhin L. Sotsial'nyye i gumanitarnyye nauki. Otechestvennaya i zarubezhnaya literatura. Seriya 9: Vostokovedeniye i afrikanistika, n°1, 2008. P.113-115.
 19. Bobylev S.N., Kiryushin P.A., Kudryavtsev O.V. Economie verte et objectifs de développement durable pour la Russie : une monographie collective. Ed. - M.: Faculté des sciences économiques de L'université d'État Lomonossov de Moscou, 2019. 284 p.
Bobylev S.N., Kiryushin P.A., Kudryavtsev O.V. Zelenaya ekonomika i ustoychivogo razvitiya Rossii: kollektivnaya monografiya. Red. - M.: Ekonomicheskij fakul'tet MGU im. M.V. Lomonosova, 2019. 284 s.
 20. Bobylev S.N., Zakharov V.M. Modernisation et développement durable. M. : « Économie », 2011.
Bobylev S.N., Zakharov V.M. Modernizatsiya i ustoychivoye razvitiye. M .: «Ekonomika», 2011.
 21. Bogatyr M.A. Évaluation économique et organisation de l'introduction des technologies en boucle fermée (à travers l'exemple d'entreprises de machinerie). Académie des sciences d'Ukraine, Institut d'économie de l'industrie. Donetsk, 1992.
Bogatyr' M. A. Ekonomicheskaya otsenka i organizatsiya vnedreniya novykh tekhnologiy zamknutogo tsikla (na primere predpriyatiy mashinostroyeniya). Ukrainskaya akademiya nauk, Institut ekonomiki promyshlennosti. Donetsk, 1992.
 22. Bokshchanin Y.R., Kvyatkovskaya A.P., Lashmanov V.I., Sergeyev B.V., Khodak V.M. Manuel d'un maître du bois. Lesi, prom-st, 3^{ème} édition, 1987. 280 p.
Bokshchanin Y.R., Kvyatkovskaya A.P., Lashmanov V.I., Sergeyev B.V., Khodak V.M. Spravochnik mastera derevoobrabotki.M.: Lesi, prom-st', 3-ye izd, 1987. 280 s.
 23. Centre analytique du gouvernement de la Fédération de Russie. Priorités environnementales pour la Russie. Rapport sur le développement humain de la Fédération de Russie. Moscou, 2017. 292 p.
Analiticheskiy tsentr pri Pravitel'stve RF. Ekologicheskkiye prioritety dlya Rossii. Otchet o chelovecheskom razvitii v Rossiyskoy Federatsii. Moskva, 2017. 292 s.
 24. Chambre des comptes de la Fédération de Russie. Bulletin n°7 (247). Moscou, 2018.
Schetnaya palata RF. Byulleten' n°7 (247). Moskva, 2018.

25. Code forestier de la Fédération de Russie du 04.12.2006 N 200-FZ (tel que modifié le 02.07.2021) (tel que modifié et complété, entré en vigueur le 01.09.2021) // http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64299/
"Lesnoy kodeks Rossiyskoy Federatsii" ot 04.12.2006 N 200-FZ (red. ot 02.07.2021) (s izm. i dop., vstup. v silu s 01.09.2021).
26. Conseil du développement stratégique et des projets prioritaires (rapport écrit sur la réunion du 25 novembre). Moscou, 2016 // <http://kremlin.ru/events/councils/by-council/1029/53333>.
Sovet po strategicheskomu razvitiyu i prioritetnym proyektam. Moskva (pis'mennyy otchet o vstreche 25 noyabrya). Moskva, 2016 g.
27. Décret du Président de la Fédération de Russie « sur la stratégie de l'État de la Fédération de Russie pour la protection de l'environnement et le développement durable », daté du 04.02.1994, n°236.
Ukaz Prezidenta Rossiyskoy Federatsii ot 04.02.1994 g. n°236 «O gosudarstvennoy strategii Rossiyskoy Federatsii po okhrane okruzhayushchey sredy i obespecheniyu ustoychivogo razvitiya».
28. Décret du Président de la Fédération de Russie « sur l'approbation des domaines prioritaires pour le développement de la science, de la technologie et de la technologie dans la Fédération de Russie et la liste des technologies critiques de la Fédération de Russie », daté 07.07.2011, n°899.
Ukaz Prezidenta Rossiyskoy Federatsii ot 07.07.2011 g. n°899 «Ob utverzhdenii prioritetnykh napravleniy razvitiya nauki, tekhnologii i tekhniki v Rossiyskoy Federatsii i perechnya kriticheskikh tekhnologiy Rossiyskoy Federatsii».
29. Décret du Président de la Fédération de Russie « sur le concept de transition vers le développement durable », daté du 01.04.1996, n°440.
Ukaz Prezidenta Rossiyskoy Federatsii ot 01.04.1996 n°440 "O Kontseptsii perekhoda Rossiyskoy Federatsii k ustoychivomu razvitiyu».
30. Département de l'entrepreneuriat et du secteur réel de la région de Tomsk. Rapport sur la stratégie de développement du complexe industriel forestier de l'Oblast de Tomsk jusqu'en 2025. Tomsk, 2013. 46 p.
Departament predprinimatel'stva i real'nogo sektora Tomskoy oblasti. Doklad «O strategii razvitiya lesopromyshlennogo kompleksa Tomskoy oblasti do 2025 goda». Tomsk, 2013. 46 s.
31. Département des forêts de l'Oblast de Tomsk, JSC "Centre scientifique d'État du complexe forestier". Le programme de développement du cluster de l'industrie du bois de l'Oblast de Tomsk jusqu'en 2020, Tom I, Tomsk, 2017. 133 p.
Departament lesnogo khozyaystva Tomskoy oblasti, OAO «Gosudarstvennyy nauchnyy tsentr lesnogo kompleksa». Programma razvitiya lesopromyshlennogo klastera Tomskoy oblasti do 2020 goda, Tom I, Tomsk, 2017. 133 s.
32. Département des forêts de l'Oblast de Tomsk, Lesinvest OJSC. Le plan forestier de l'Oblast de Tomsk (2009-2018), livre 1. 267 p.
Departament lesnogo hozyajstva Tomskoj oblasti, OAO «Lesinvest»Lesnoj. Plan Tomskoj oblasti (2009-2018), kniga 1. 267 s.

33. Département d'économie de l'administration de l'Oblast de Tomsk. Résultats du développement socio-économique de la région de Tomsk pour janvier-décembre 2019. Tomsk, 2020. 20 p.
Departament ekonomiki Administratsii Tomskoy oblasti. Itogi sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya Tomskoy oblasti za yanvar'-dekabr' 2019 goda. Tomsk, 2020. 20 s.
34. Département des ressources naturelles et de la protection de l'environnement de la région de Tomsk (OGBU Oblkompriroda). Surveillance environnementale : Rapport sur l'état et la protection de l'environnement de la région de Tomsk. Édité par A.M. Adam. Tomsk : deltaplane, 2014. 194 p.
Departament prirodnnykh resursov i okhrany okruzhayushchey sredy Tomskoy oblasti (OGBU Oblkompriroda). Ekologicheskiy monitoring: Otchet o sostoyanii i okhrane okruzhayushchey sredy Tomskoy oblasti. Pod redaktsiyey A.M. Adama. Tomsk: del'taplan, 2014. 194 s.
35. Développement durable : les défis de Rio. Rapport sur le développement humain en Fédération de Russie en 2013. Édité par S.N. Bobylev pour le Programme des Nations unies pour le développement (Russie). Moscou, 2013. 202 p.
Ustoychivoye razvitiye: vyzovy Rio. Otchet o chelovecheskom razviti v Rossiyskoy Federatsii za 2013 god. Pod redaktsiyey S.N. Bobyleva dlya Programmy razvitiya OON. Moskva, 2013. 202 s.
36. Evdokimova E.A. La formation d'un cycle écologique et économique fermé : le rôle des droits de propriété. Université d'État de Saint-Petersbourg. Saint-Petersbourg, 2003.
Yevdokimova E.A. Formirovaniye zamknutogo ekologo-ekonomicheskogo tsikla: rol' prava sobstvennosti. Sankt-Peterburgskiy gosudarstvennyy universitet. Sankt-Peterburg, 2003.
37. EMISS, département des statistiques des prix et des finances. Service fédéral des statistiques // <https://www.fedstat.ru>.
EMISS, Departament tsenovoy i finansovoy statistiki. Federal'naya sluzhba statistiki.
38. Fasmer M. Dictionnaire étymologique de la langue russe. Traduction de l'allemand et ajouts par le membre correspondant de l'Académie des sciences de l'URSS O.N. Trubachev. Edité et préface par le Prof. B.A. Larin. Deuxième édition, Vol.2, n°3. Progress, Moscou, 1987.
Fasmer M. Etimologicheskiy slovar' russkogo yazyka. T.I-IV. Perevod s nemetskogo O.N. Trubacheva, s dopolneniyami. Pod red. i s predisloviyem prof. B. A. Larina. Vtoroye izdaniye, T.3. Progress, Mosckva, 1987.
39. Fédération de Russie. Examen national volontaire de la mise en œuvre du Programme de développement durable à l'horizon 2030. Moscou, 2020. 240 p.
Rossiyskaya Federatsiya. Dobrovol'nyy natsional'nyy obzor vypolneniya Povestki dnya v oblasti ustoychivogo razvitiya na period do 2030 g. Moskva, 2020. 240 s.
40. Fedotov Y. The level of corruption in Russia in comparison with foreign countries. Shadow Economy, Vol.3, n°1, 2019. P.17-32.
Fedotov D.Y. Uroven' korruptsii v Rossii na fone zarubezhnykh stran. Tenevaya ekonomika. T.3, n°1, 2019. S.17-32.

41. Gagarin A.I., Lebedeva T.A. Évaluation des fonctions sociales des paysages forestiers de Sibérie et de l'Oural. Bulletin de l'Université d'État Sibérienne des Géosystèmes et Technologies, n°1 (12), 2010. P.161-173.
Gagarin A.I., Lebedeva T.A. Ocenka social'nyh funkciy lesnyh landshaftov Sibiri i Urala. Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta geosistem i tekhnologij, n°1 (12), 2010. S.161-173.
42. Gazizov A.M., Islamuratov A.I. Amélioration de l'efficacité de la production des scieries. Symbol of Science (Ufa), T.2, n°3, 2017. P.47-49.
Gazizov A.M., Islamuratov A.I. Povyshenie effektivnosti lesopil'nogo proizvodstva. Simvol Nauki (Ufa), T.2, n°3, 2017. S.47-49.
43. Gordienko M. Carbon payment in the system of non-tax payments of the Russian Federation. Finances, Siberian Financial School Journal, n°1 (137), 2020. P.41-47.
Gordiyenko M.S. Uglerodnyy sbor v sisteme nenalogovykh platezhey rossiyskoy federatsii. Sibirskaya finansovaya shkola, n°1 (137), 2020. S.41-47.
44. Gouvernement de la Fédération de Russie. Décret du gouvernement de la Fédération de Russie n°417 du 30 juin 2007 (tel que révisé le 17.04.2019) « sur l'approbation des règles de sécurité incendie dans les forêts ».
Postanovleniye Pravitel'stva RF ot 30.06.2007 N 417 (red. ot 17.04.2019) «Ob utverzhdenii Pravil pozharnoy bezopasnosti v lesakh».
45. Gumennikov I.V., Monastyrny E.A. Complex modeling socio-economic processes and systems. Soft system analysis. Information technologies in science, management, social sphere and medicine: collection of scientific papers of the V International scientific conference. Tomsk Polytechnic University, T.2, 2018. P.437-443.
Gumennikov I.V., Monastyrny Y.A. Kompleksnoye modelirovaniye sotsial'no-ekonomicheskikh protsessov i sistem. Myagkiy sistemnyy analiz. Informatsionnyye tekhnologii v nauke, upravlenii, sotsial'noy sfere i meditsine: sbornik nauchnykh trudov V Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii, T.2. TPU, 2018. S.437-443.
46. Guryeva M.A. Circular economy as an innovative development model of socio-economic space. Russian Journal of Innovation Economics, 9 (4), 2019. P.1295-1316.
Gur'yeva M.A. Tsirkulyarnaya ekonomika kak innovatsionnaya model' razvitiya sotsial'no-ekonomicheskogo prostranstva. Voprosy innovatsionnoy ekonomiki, T.9, №4, 2019. S.1295-1316.
47. Kalioujny B. (a). Dynamics of development of the land fund in France and in Russia. Problems of Geology and Subsoil Development: collection of scientific papers of the XXIII International Scientific Symposium named after Academician M. A. Usov. Tomsk Polytechnic University, 2019, Vol.1. P.499-500.
Kalioujny B. Dinamika razvitiya zemel'nogo fonda vo Frantsii i v Rossii. Problemy geologii i osvoyeniya nedr : trudy XXIII Mezhdunarodnogo simpoziuma imeni akademika M. A. Usova studentov i molodykh uchenykh. TPU, T.1, 2019. S.499-500.
48. Kalioujny B. (b). Development problems analysis of the timber industry complex from the point of view of circular economy. A comparative analysis of the Tomsk region and France. Prospects of Fundamental Sciences Development: collection of scientific papers of the XVIII International Conference of Students and Young Scientists. Tomsk Polytechnic University, T.5, 2019. P.78-80.

- Kalioujny B. Analiz problem razvitiya lesopromyshlennogo kompleksa pri formirovanii modeli ekonomiki zamknutogo tsikla. Sravnitel'nyy analiz na primere tomskoy oblasti i frantsii. Perspektivy razvitiya fundamental'nykh nauk: sbornik trudov konferentsii XVIII Mezhdunarodnoy konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh, T.5, 2019. C.78-80.*
49. Kalioujny B. Formation d'un modèle d'économie circulaire comme base de la stratégie de développement durable du groupe SIBUR. Université Polytechnique de Tomsk, 2017. 163 p.
Kalioujny B. Formirovaniye modeli ekonomiki zamknutogo tsikla kak osnova strategii ustoychivogo razvitiya kompanii SIBUR. Tomskiy politekhnicheskii universitet, 2017. 163 s.
50. Kalioujny B. L'économie circulaire comme moyen d'atteindre les objectifs de développement durable. Université Polytechnique de Tomsk, 2015. 124 p.
Kalioujny B. Ekonomika zamknutogo tsikla kak mekhanizm realizatsii tseley ustoychivogo razvitiya. Tomskiy politekhnicheskii universitet, 2015. 129 s.
51. Kalioujny B., Monastyrny E.A. Analysis of development problems in the timber industry complex within the formation of circular economy on the example of the Tomsk Region. Innovations, n°3, 2019. P.86-93.
Kalioujny B., Monastyrnyj E.A. Analiz problem razvitiya lesopromyshlennogo kompleksa pri formirovanii modeli ekonomiki zamknutogo cikla na primere Tomskoj oblasti. Innovacii, n°3, 2019. S.86-93.
52. Kalioujny B., Monastyrny E.A. Integrated modeling of forest industries in the paradigm of sustainable development and the formation of circular economy. Innovations, n°3, 2020. P.85-94.
B. Kalioujny, Monastyrnyj E.A. Kompleksnoe modelirovanie lesopromyshlennykh kompleksov v paradigme ustoychivogo razvitiya i formirovaniya ekonomiki zamknutogo cikla. Innovacii, n°3, 2020. S.85-94.
53. Kalioujny B., Monastyrny E.A., Kudrin V.Y. Choice of technologies for wood waste realization within the formation and the development of circular economy in the wood cluster. Innovations, n°5, 2020. P.41-52.
Kalioujny B., Monastyrnyj E. A., Kudrin V.Y. Vybory tekhnologiy realizatsii drevesnykh otkhodov pri formirovanii i razvitii ekonomiki zamknutogo tsikla v lesopromyshlennom klastere. Innovatsii, n°5, 2020. S.41-52.
54. Karpov S.A. Aspects modernes de la production et de la consommation d'éthanol combustible en Russie et dans les pays de la CEI. Ecology and Industry of Russia, n°1, 2008. P.46-47.
Karpov S.A. Sovremennyye aspekty proizvodstva i potrebleniya toplivnogo etanola v Rossii i stranakh SNG. Ekologiya i promyshlennost' Rossii, n°1, 2008. S.46-47.
55. Kondratyuk A.V. Caractéristiques de la stratégie financière des systèmes de type holding. Bulletin de l'Université russe d'économie Plekhanov (Moscou), n°6, 2007. P.74-80.
Kondratyuk A.V. Osobennosti finansovoy strategii holdingovykh sistem. Vestnik rossijskogo ekonomicheskogo universiteta im. G.V. Plekhanova (Moskva), n°5, 2007. S.74-80.

56. Kondratyuk A.V. Une approche méthodologique pour la formation d'une stratégie de durabilité économique des systèmes de type holding dans l'industrie du bois. Bulletin de l'Université des forêts d'État de Moscou. Bulletin forestier. n°5, 2008. P.139-142.
Kondratyuk A.V. Metodicheskij podhod k formirovaniyu strategii ekonomicheskoy ustojchivosti holdingovyh sistem lesopromyshlennogo kompleksa. Vestnik moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa. Lesnoj vestni, n°5, 2008. S.139-142.
57. Kondratyuk V.A., Kozhemyako N.P., Kondratyuk A.V. Processus d'investissement dans le complexe de l'industrie du bois de la Fédération de Russie. Forestry Bulletin of Bauman Moscow State Technical University, n°4, 2013. P.51-56.
Kondratyuk V.A., Kozhemyako N.P., Kondratyuk A.V. Investitsionnyye protsessy v lesopromyshlennom komplekse Rossiyskoy Federatsii. Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa, Lesnoy vestnik, n°4, 2013. S.51-56.
58. Korobov V.V., Rushnov N.P. Transformation de matières premières de faible qualité (problèmes des technologies sans déchets). Ecologie, 1991. 288 p.
Korobov V.V., Rushnov N.P. Pererabotka nizkokachestvennogo syr'ya (problemy bezotkhodnoy tekhnologii). M.: Ekologiya, 1991. 288 s.
59. Koroleva T.S., Konstantinov A.V., Shunkina E.A. Threats and socio-economic impacts of climate change for the forest sector. Proceedings of the Saint Petersburg Forestry Research Institute, n°3, 2015. P.55-71.
Koroleva T.S., Konstantinov A.V., SHun'kina E.A. Ugrozy i social'no-ekonomicheskie posledstviya izmeneniya klimata dlya lesnogo sektora. Trudy Sankt-Peterburgskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta lesnogo hozyajstva, n°3, 2015. S.55-71.
60. Kozhukhov N., Kozhemyako N., Fitchin A. Conceptual Approaches to Formation of Wood Industry Cluster in Russia. Forest Engineering Journal (Voronezh State Forestry University G.F. Morozov), Vol.7, n°3. 2017. P.236-253.
Kozhukhov N.I., Kozhemyako N.P., Fitchin A.A. Kontseptual'nyye podkhody k formirovaniyu lesopromyshlennykh klasterov v Rossii. Lesotekhnicheskij zhurnal, T.7, n°3 (27), 2017. S.236-253.
61. List-Org : Catalogue des organisations russes // <https://www.list-org.com>.
List-Org: Katalog rossiyskikh organizatsiy.
62. Loi fédérale « sur les déchets de production et de consommation de la Fédération de Russie » du 29 décembre 2014.
Federal'nyy zakon «Ob otkhodakh proizvodstva i potrebleniya Rossiyskoy Federatsii» ot 29 dekabrya 2014 goda.
63. Matsuk A.M. Gas producer automobiles in the Komi ASSR in the 1940s-1950s. Studies in the History of Science and Technology, Vol.37, Issue 4, 2016. P. 736-750. (en russe).
Matsuk A.M. Gazogeneratornyye avtomobili v komi ASSR v 1940-1950-kh gg. Voprosy istorii yestestvoznaniya i tekhniki, T.37, n°4, 2016, S.736-750.
64. Meshkov I.A. European Oil & Gas and Energy MNCs in Russia: Innovation Factor. Outlines of Global Transformations: Politics, Economics, Law, Vol.13, n°6, 2020. P.84-102.
Meshkov I.A. Yevropeyskiye toplivno-energeticheskiye transnatsional'nyye korporatsii v Rossii: innovatsionnyy aspekt. Kontury global'nykh transformatsiy: politika, ekonomika, pravo, T.13, n°6, 2020. S.84-102.

65. Ministère du développement économique de la Fédération de Russie. Projet sur la stratégie de développement bas-carbone de la Fédération de Russie jusqu'en 2050. Moscou, 2020. 57 p.
Minekonomrazvitiya RF. Proyeckt strategii nizkouglerodnogo razvitiya Rossiyskoy Federatsii do 2050 goda. Moskva, 2020. 57 s.
66. Ministère de l'industrie et du commerce de la Fédération de Russie. Projet de stratégie pour le développement du complexe forestier de la Fédération de Russie jusqu'en 2030. Moscou, 2017.
Minpromtorg RF. Proyeckt strategii razvitiya lesnogo kompleksa Rossiyskoy Federatsii do 2030 goda. Moskva, 2017.
67. Ministère des ressources naturelles et de l'écologie de la Fédération de Russie. Rapport sur la condition et l'utilisation des forêts de la Fédération de Russie pour 2015. Moscou, 2016. 23 p.
Ministerstvo prirodnikh resursov i ekologii Rossiyskoy Federatsii. Otchet o sostoyanii i ispol'zovanii lesov Rossiyskoy Federatsii za 2015 god. Moskva, 2016. 23 s.
68. Mokhirev A.P., Bezrukikh J.A., Medvedev S.O. Recycling of wood wastes of timber industry, as a factor of sustainable resource management. Engineering journal of Don (Southern Federal University), n°2-2 (36), 2015. P.81.
Mokhirev A.P., Bezrukikh YU.A., Medvedev S.O. Pererabotka drevesnykh otkhodov predpriyatiy lesopromyshlennogo kompleksa kak ustoychivyyeovolapriyatiy. Inzhenernyy vestnik dona, n°2–2 (36), 2015. S.81.
69. Mokhirev A.P., Zyryanov M. Logging operation technology with felling residue sorting. Systems. Methods. Technologies, n°3 (27), 2015. P.118-122.
Mokhirev A.P., Zyryanov M.A. Tekhnologiya lesosechnykh rabot s sortirovkoj porubochnykh ostatkov drevesiny. Sistemy. Metody. Tekhnologii. Bratskij gosudarstvennyj universitet, n°3 (27), 2015. S.118-122.
70. Norme inter-États « GOST 20022.2-2018 ». Protection du bois. Classification, 2019. 19 p.
Mezhhgosudarstvennyj standart GOST 20022.2-2018. Zashchita drevesiny. Klassifikaciya. 2019. 19 s.
71. Organisation publique panrusse « Zelonyy patrul' ». Evaluation environnementale nationale des régions. Période de calcul 01.12.2019 – 29.02.2020.
Obshcherossiyskaya obshchestvennaya organizatsiya «Zelenyy patrul'». Natsional'naya ekologicheskaya otsenka regionov. Raschetnyy period 01.12.2019 - 29.02.2020.
72. Pakhomova N.V., Richter K.K., Vetrova M.A. (a). Circular economy as challenge to the fourth industrial revolution. Innovations, n°7 (225), 2017. P.66-70.
Pakhomova N.V., Rikhter K.K., Vetrova M.A. Tsirkulyarnaya ekonomika kak vyzov chetvertoy promyshlennoy revolyutsii. Innovatsii, n°7 (225), 2017. S.66-70.
73. Pakhomova N.V., Richter K.K., Vetrova M.A. (b). Transition to circular economy and closed-loop supply chains as driver of sustainable development. St Petersburg University Journal of Economic Studies, T.33, n°2, 2017. P.244-268.

- Pakhomova N.V., Rihter K.K., Vetrova M.A. Perekhod k cirkulyarnoj ekonomike i zamknutym cepyam postavok kak faktor ustojchivogo razvitiya. Vestnik SPbGU. Ekonomika, T.33, n°2, 2017. S.244-268.*
74. Plan de gestion forestière, SARL « Tomlesdrev ». Tomsk, 2018. 93 p.
Plan Lesoupravleniya, OOO «Tomlesdrev», g. Tomsk, 2018. 93 s.
75. Podgorny I.I. Technologie de production de farine de bois pour la production de matériaux de finition composites. Base fondamentale de la science des matériaux de construction, Collection de rapports du congrès international en ligne. Belgorod State Technological University, 2017. P. 939-943.
Podgornyy I.I. Tekhnologiya proizvodstva drevesnoy muki dlya izgotovleniya kompozitnykh otdelochnykh materialov. Fundamental'nyye osnovy stroitel'nogo materialovedeniya, 2017. S.939-943.
76. Pozdnyakov A.V. State as a complex self-organizing system. Collection des travaux scientifiques, XVII International Exhibition and Scientific Congress « Interexpo GEO-Siberia ». Siberian State University of Geosystems and Technologies, T.1, n°6, 2012. P.12-35.
Pozdnyakov A.V. Gosudarstvo – slozhnaya samoorganizuyushchayasya sistema. Interexpo GEO-SIBIR', T.1, №6, 2012. S.12-35.
77. Preobrazhensky A. Dictionnaire étymologique de la langue russe, Vol.1. Moscou. 1910-1914. 144 p.
Preobrazhenskiy A. Etimologicheskij slovar' russkogo yazyka, T.1. Moskva. 1910-1914 gg. 144 s.
78. Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD). Rapport sur le développement humain de la Fédération de Russie 2011. Modernisation et développement du potentiel humain. Edité par A.A. Auzan et S.N. Bobylev. Moscou, 2011. 146 p.
Programma Razvitiya Organizatsii Ob'yedinennykh Natsiy (PROON). Otchet o chelovecheskom razvitii v Rossiyskoy Federatsii 2011. Modernizatsiya i razvitiye chelovecheskogo potentsiala. Pod redaktsiyey A.A. Auzana i S.N. Bobyleva. Moskva, 2011. 146 s.
79. Prokof'ev G.F., Miklovtsik N.Y., Tyurin A.M.. New sawmill modules for the flexible automated sawmill lines. Lesnoy Zhurnal (Russian Forestry Journal), n°1 (349), 2016. P.131-137.
Prokof'ev G.F., Miklovcik N.Y., Tyurin A.M. Novye lesopil'nye moduli dlya ispol'zovaniya v gibkih avtomatizirovannykh lesopil'nykh liniyakh. Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Lesnoj zhurnal. Severnyj (Arkticheskij) federal'nyj universitet im. M. V. Lomonosova (Arhangel'sk), n°1 (349), 2016. S.131-137.
80. Ratner S.V. Circular economy: theoretical foundations and practical applications in the field of regional economy and management. Innovations, n°9 (239), 2018. P.29-37.
Ratner S.V. Tsirkulyarnaya ekonomika: teoreticheskiye osnovy i prakticheskiye prilozheniya v oblasti regional'nouiiokonononoy ekiononoy ekonicheskoye prilozheniya. Innovatsii, n°9 (239), 2018. S.29-37.
81. RIA Novosti (calculs RIA Rating selon Rosstat). Classement des régions selon le niveau de bien-être familial – 2019. RIA Rating pour MIA Russia Today, 2019.

- RIA Novosti (raschety RIA Reyting po dannym Rosstata). Reyting regionov po urovnyu semeynogo blagopoluchiya - 2019. RIA Reyting MIA Russia Today, 2019.*
82. RIA Novosti (calculs RIA Rating selon Rosstat, Ministère de la Santé, Ministère des Finances, Banque centrale et autres sources ouvertes). Qualité de vie dans les régions russes - Classement 2019. RIA Rating pour MIA Russia Today, 2020.
RIA Novosti (raschety RIA Reyting po dannym Rosstata, Minzdrava, Minfina, TSB i drugikh otkrytykh istochnikov). Kachestvo zhizni v regionakh Rossii - Reyting 2019. Reyting RIA MIA Russia Today, 2020.
83. Rybakova T. Pénurie de personnel. Industrie du bois et emballage. Kommersant.ru, n°52, 2013. P.26.
Rybakova T. Kadrovaya nedostatochnost'. Lesnaya promyshlen nost' i upakovka. Kommersant.ru, n°52, 2013. S.26.
84. Service fédéral des statistiques étatiques. La Russie en chiffres 2019. Résumé statistique Rosstat-M., 2019. 543 p.
Federal'naya sluzhba gosudarstvennoy statistiki. Rossiya v tsifrakh 2019. Statisticheskaya svodka Rosstat-M., 2019. 543 s.
85. Shegelman I.R., Vasilev A.S. The analysis of ways to increase the competitiveness of energy biomass. Engineering journal of Don, n°3 (26), 2013. P.22.
Shegel'man I.R., Vasil'ev A.S. Analiz putej povysheniya konkurentosposobnosti energeticheskoy biomassy. Inzhenernyy vestnik Dona, n°3 (26), 2013. S.22.
86. Shelkunova Y.E. L'équilibre des facteurs objectifs et subjectifs en tant que principe fondamental de la mesure du bien-être économique humain. Collection d'articles scientifiques de la XI conférence scientifique et pratique internationale « L'économie russe au XXI siècle ». Université polytechnique de Tomsk, 2014. P.422-426.
Shelkunova Y.E. Balans ob"ektivnyh i sub"ektivnyh faktorov kak osnovopolagayushchij princip izmereniya ekonomicheskogo blagopoluchiya cheloveka//Ekonomika Rossii v XXI veke. Sbornik nauchnyh trudov XI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj 110-letiyu ekonomicheskogo obrazovaniya. Tomskij Politekhnikeskij Universitet. 2014. S.422-426.
87. Stepanov S.V. Orientations et mécanismes de la participation de l'État au développement du secteur forestier de la Fédération de Russie. Bulletin forestier (Université d'État des forêts de Moscou), n°3 (102), 2014. P.50-55.
Stepanov S.V. Napravleniya i mekhanizmy gosudarstvennogo uchastiya v razvitii lesnogo sektora rossiyskoy federatsii. Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa, Lesnoy vestnik. n°3 (102), 2014. S.50-55.
88. Sukhanov Y.V., Gerasimov Y.Y., Seliverstov A.A., Sokolov A.P. Technological chains and machines systems for collecting and processing woody biomass into fuel chips in clear-cutting harvesting by cut-to-lengths. Systems. Methods. Technologies., n°4 (12), 2011. P.101-107.
Suhanov Y.V., Gerasimov Y.Y., Seliverstov A.A., Sokolov A.P. Tekhnologicheskie epochki i sistemy mashin dlya sora i pererabotki drevesnoj biomassy v toplivnuyu shchepu pri sploshnolesosechnoj zagotovke v sortimentah. Sistemy. Metody. Tekhnologii. Bratskij gosudarstvennyy universitet (Bratsk), n°4 (12), 2011. S.101-107.

89. Tabakaev R.B., Kazakov A.V., Zavori A.S. Les perspectives des combustibles de faible qualité dans la région de Tomsk pour une utilisation en génie thermique. Bulletin de l'Université polytechnique de Tomsk. T.323, n°4 : Energie, 2013. P.41-46.
Tabakaev R.B., Kazakov A.V., Zavori A.S. Perspektivnost' nizkosortnykh topliv Tomskoj oblasti dlya teplotekhnologicheskogo ispol'zovaniya. Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta, T.323, n°4: Energetika. 2013. S. 41-46.
90. Tadyrova E.A. Analyse du développement de l'innovation dans la région de Tomsk. Université d'Etat de Tomsk, 2015.
Tadyrova E.A. Analiz razvitiya innovatsiy v Tomskoy oblasti. Tomskiy gosudarstvennyy universitet, 2015. 5 s.
91. Trutko V.V., Snopkov V.B. Détermination des paramètres de protection du bois en fonction de la classe des conditions de service. Proceedings of BSTU (Belarusian State Technological University), Forest and Woodworking Industry, n°2, 2010. P.134-137.
V.V. Trut'ko, V. B. Snopkov. Opredelenie parametrov zashchishchennosti drevesiny v zavisimosti ot klassa uslovij sluzhby. Trudy BGTU (Minsk), Lesnaya i derevoobrabatvyayushchaya promyshlennost', n°2, 2010. S.134-137.
92. Vetrova M.A. Foundamention of strategic and operational decisions of enterprises under the conditions of transition to circular economy. Saint Petersburg State University, 2018. 432 p.
Vetrova M.A. Obosnovaniye strategicheskikh i operatsionnykh resheniy predpriyatiy v usloviyakh perekhoda k tsirkulyarnoy ekonomike. Sankt-Peterburgskiy gosudarstvennyy universitet, 2018. 432 s.
93. Zaprudnov V.I., Karpachev S.P., Bykovsky M.A. Technologies et moyens techniques d'exploitation forestière. Bulletin forestier (Université d'État des forêts de Moscou), n°1, T.21, 2017. P.108–117.
Zaprudnov V.I., Karpachev S.P., Bykovskij M.A. Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva processov lesosechnykh rabot. Lesnoj vestnik, T.21, n°1, 2017. S.108-117.
94. Zaprudnov V.I., Pinyagina N. B., Gorshenina N. S. L'état actuel du secteur forestier de la Fédération de Russie, les tâches et les perspectives de développement des industries sylvicoles. Forestry Bulletin of Bauman Moscow State Technical University, T.18, n°3, 2014. P.81-101.
Zaprudnov V.I., Pinyagina N.B., Gorshenina N.S. Sovremennoye sostoyaniye lesnogo sektora rossiyskoy federatsii, zadachi i perspektivy razvitiya lenorinisisi. Vestnik moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa - lesnoy vestnik, T.18, n°3, 2014.
95. Zub A.T. Conditions efficiency of strategic decision. Economics, law, society: Resume of 2016 (The International Scientific and Practical Web-Congress of Economists and Jurists). ISAE "Consilium", Geneva, 2016. P.44-51.
Zub A.T. Usloviya effektivnosti strategicheskikh resheniy. Ekonomika, pravo, obshchestvo: itogi 2016 goda (Mezhdunarodnyy nauchno-prakticheskiy veb-kongress ekonomistov i yuristov). Mezhdunarodnoye nauchnoye ob'yedineniye ekonomistov «Konsilium», Zheneva, 2016. S.44-51.

BIBLIOGRAPHIE GENERALE NON RUSSE

1. Ablaev I. Innovation Clusters in the Russian Economy: Economic Essence, Concepts, Approaches. *Procedia Economics and Finance*, Vol.24, 2015. P.3-12.
2. Achermann G. La politique de l'innovation en Russie ou l'impératif de réformes dans une économie de rente, quelques pistes de réflexion. *Marché et organisations*, n°22, 2015/1. P.15-34.
3. ADEME. Déchets chiffres-clés. Édition 2020. 80 p.
4. ADEME et FCBA. Evaluation du gisement de déchets bois et son positionnement dans la filière bois/bois énergie. L. Guinard, G. Deroubaix M-L. Roux, A-L. Levet et V. Quint. Anger, 2015. 116 p.
5. Agreste Primeur. Récolte de bois et production de sciages en 2017 (Hausse de la commercialisation de grumes et du bois énergie). № 355. Décembre, 2018. 4 p.
6. Ambrosi P., Courtois P. Impacts du changement climatique et modélisation intégrée, la part de l'arbitraire. *Natures Sciences Sociétés*, Vol.12, n°4, 2004. P.375-386.
7. Andreassen N. Arctic energy development in Russia – How “sustainability” can fit? *Energy Research & Social Science*, Vol.16, 2016, P.78-88.
8. Angelstama P., Elbakidze M., Axelsson R., Khoroshev A., BasPedroli, Tysiachniouk M., Zabubenin E. Model forests in Russia as landscape approach: Demonstration projects or initiatives for learning towards sustainable forest management? *Forest Policy and Economics*. Vol.101, 2019, P.96-110.
9. Aurez V., Georgeault L. Economie circulaire : système économique et finitude des ressources. De Boeck Supérieur, 2016.
10. Bergeron F.C. Assessment of the coherence of the Swiss waste wood management. *Resources, Conservation and Recycling*, Vol.91, 2014. P.62-70.
11. Berthinier Poncet A. Gouvernance et innovation dans les clusters à la française : une approche par les pratiques institutionnelles. *Gestion et management*. Université de Grenoble, 2012. Français.
12. Bihouix P. L'Âge des low tech. Vers une civilisation techniquement soutenable. Editions Seuil, 2014.
13. Binder C.R., Hofer C., Wiek A., Scholz R.W. Transition towards improved regional wood flows by integrating material flux analysis and agent analysis: the case of Appenzell Ausserrhoden, Switzerland. *Ecological Economics*, Vol.49, n°1, 2004.P.1-17.
14. Boukharaeva L., Marloie M. L'apport du jardinage urbain de Russie à la théorisation de l'agriculture urbaine. *Vertigo – La revue électronique en sciences de l'environnement*, Vol.10, n°2, 2010.
15. Boukharaeva L., Marloie M. Des sols agricoles au service de la résilience urbaine : réflexions à partir du cas de la Russie. *Espaces et sociétés*, n°147, 2011/4. P.135 à 153.
16. Caurla S., Delacote P. FSM : un modèle de la filière forêts-bois française qui prend en compte les enjeux forestiers dans la lutte contre le changement climatique, INRA sciences sociales, résultats de recherche n°4/2012 – Mai, 2013. 5 p.
17. Caurla S., Delacote P., Rivière M. La validation des modèles de simulation-prospective. *Panorama des méthodes et applications aux modèles de secteur forêt-bois*. INRAE sciences sociale, résultats de recherche n°6/2020 – juin 2021. 4 p.
18. Cevallos G., Grimault J., Bellassen V. Relocaliser la filière bois française : une bonne idée pour le climat. I4CE, 2019. 36 p.

19. Crétiéneau A-M. L'adaptation institutionnelle de la Russie postsoviétique : entre faits et théories. *Innovations*, n°26, 2007/2. P.11-27.
20. Curtis P.G., Slay C.M., Harris N.L., Tyukavina A., Hansen M.C. Classifying drivers of global forest loss. *Science*, Vol.361, n° 6407, 2018. P.1108-1111.
21. De Pascale A., Arbolino R., Szopik-Decpczyńska K., Limosani M., Ioppolo G. A systematic review for measuring circular economy: The 61 indicators. *Journal of Cleaner Production*, Vol.281, 2021.
22. D'Amato D., Korhonen J., Toppinen A. Circular, Green, and Bio Economy: How Do Companies in Land-Use Intensive Sectors Align with Sustainability Concepts? *Ecological Economics*, Vol.158, 2019. P.116-133.
23. Da Silva F.A., Simioni F.J., Hoff D.N. Diagnosis of circular economy in the forest sector in southern Brazil. *Science of The Total Environment*, Vol.706, 2020.
24. DIRECTIVE 2009/125/CE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 21 octobre 2009 établissant un cadre pour la fixation d'exigences en matière d'écoconception applicables aux produits liés à l'énergie.
25. Dugast C. Net Zero Initiative un référentiel pour une neutralité carbone collective. Carbone 4, Net Zero Initiative, 2020. 92 p.
26. Ellen MacArthur Foundation. Towards the circular economy. Economic and business rationale for an accelerated transition. Accelerating the Scale-up across Global Supply Chains, Vol.3, 2014.
27. Erkman S. Vers une écologie industrielle. Comment mettre en pratique le développement durable dans une société hyper-industrielle. Editions Charles Léopold Mayer, Paris. 2004.
28. FCBA et IRABOIS. Fiches Produits Ouvrage Bois (P.O.B.). Traitement des bois, 2015. 2 p.
29. FCBA INFO. Project « Durabilité » : vers une amélioration de la durée de vie des ouvrages extérieurs en bois, 2010. 14 p.
30. Food and Agriculture Organization of the United Nations. The Russian Federation forest sector. Outlook study to 2030. Rome, 2012. 93 p.
31. Frewer T. What exactly do REDD+ projects produce? A materialist analysis of carbon offset production from a REDD+ project in Cambodia. *Political Geography*, 91, 2021. 11 p.
32. Frigg R., Hartmann S. Models in Science. The Stanford Encyclopedia of Philosophy, Summer 2009 Edition (first published in 2006). Disponible à <https://plato.stanford.edu/entries/models-science/>.
33. Garzuglia M. 1948-2018 Seventy years of FAO's Global Forest Resources Assessment. Historical overview and future prospects. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, 2018. 71 p.
34. Geldron A. Economie circulaire : notions. ADEME, Angers, 2014. 10 p.
35. Ghisellini P., Cialani C., Ulgiati S. A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*, Vol.114, 2016. P.11-32.
36. Grosse F. Is recycling « part of the solution »? The role of recycling in an expanding society and a world of finite resources. *S.A.P.I.EN.S.*, n°3 (1), 2010. P.3-74.
37. Grushevenko E., Kapitonov S., Melnikov Y., Perdereau A., Sheveleva N., Siginevich D. Decarbonization of Oil & Gas: International experience and Russian Priorities.

- Skolkovo Moscow School of Management. Edited by T. Mitrova and I. Gayda, 2021. 142 p.
38. Haas W., Krausmann F., Wiedenhofer D., Heinz M. How Circular is the Global Economy? An Assessment of Material Flows, Waste Production, and Recycling in the European Union and the World in 2005. *Journal of Industrial Ecology*, Vol.19, n°5, 2015. P.765-777.
 39. Hák T., Janoušková S., Moldan B., Dahl A.L. Closing the sustainability gap: 30 years after “Our Common Future”, society lacks meaningful stories and relevant indicators to make the right decisions and build public support. *Ecological Indicators*, Vol.87, 2018, P.193-195.
 40. Hedlund- de Witt A. Rethinking Sustainable Development: Considering How Different Worldviews Envision “Development” and “Quality of Life”. *Sustainability*, 2014, Vol.6, n°11, P.1-19.
 41. Husgafvel R., Linkosalmi L., Hughes M., Kanerva J., Dahl O. Forest sector circular economy development in Finland: A regional study on sustainability driven competitive advantage and an assessment of the potential for cascading recovered solid wood. *Journal of Cleaner Production*, Vol.181, 2018. P.483-497.
 42. Interface. Our Sustainability Journey – Mission Zero. 29 p.
 43. Institut national de la statistique et des études économiques (INSEE). Indicateurs pour le suivi national des objectifs de développement durable, 17 objectifs de développement durable. Paru le 19/12/2019.
 44. Kalioujny B., Ermushko J. Could RRI approach play key role in establishment of circular economy? *The European Proceedings of Social & Behavioural Sciences (EpSBS)*, Vol.26, 2017. P.341-348.
 45. Kaplinsky R., Morris M. A handbook for value chain research. IDRC, Ottawa, 2001. 109 p.
 46. Khayrullina M. Innovative Territorial Clusters as Instruments of Russian Regions Development in Global Economy. *Procedia Economics and Finance*, Vol.16, 2014. P.88-94.
 47. Kirchherr J., Reike D., Hekkert M. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, Vol.127, 2017. P.221-232.
 48. Korhonen J., Honkasalo A., Seppälä J. Circular Economy: The Concept and its Limitations. *Ecological Economics*, Vol.143, 2018. P.37-46.
 49. Kuznetsov A., Kuznetsova O., Warren R. CSR and the legitimacy of business in transition economies: The case of Russia. *Scandinavian Journal of Management*, n°25, 2009. P.37-45.
 50. Lallemand F., Guérin A-J. Quel avenir pour la forêt européenne face au changement climatique et à l’objectif de neutralité carbone ? *Revue forestière française*, n°3, 2017.
 51. Lane D.C., Oliva R. The greater whole: Towards a synthesis of system dynamics and soft systems methodology. *European Journal of Operational Research*, n°107, 1998. P.214-235.
 52. Le Bozec A., Barles S., Buclet N., Keck G. Que faire des déchets ménagers ? Editions Quae, Versailles, 2012. 229 p.
 53. Les Greniers d’Abondance. Vers la résilience alimentaire. Faire face aux menaces globales à l’échelle des territoires. Première édition, 2020, 175 p.

54. Lenglet J., Cauria S. Territorialisation et écologisation dans la filière forêt-bois française : une rencontre fortuite ? Développement durable et territoires [En ligne], Vol.11, n°1, 2020. 23 p.
55. Lindner M., Suominen T., Palosuo T., Garcia-Gonzalo J., Verweij P., Zudin S., Päivinen R. ToSIA – A tool for sustainability impact assessment of forest-wood-chains. Ecological Modelling, Vol.221, n°18, 2010, P.2197-2205.
56. LOI n°2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte, NOR: DEVX1413992L (version consolidée au 02 avril 2020).
57. LOI n°2020-105 du 10 février 2020 relative à la lutte contre le gaspillage et à l'économie circulaire. JORF n°0035 du 11 février 2020.
58. Mair C., Stern T. Cascading Utilization of Wood: a Matter of Circular Economy? Current Forestry Reports, n°3, 2017. P.281–295
59. Makarov I., Henry Chen Y.-H., Paltsev S. Finding itself in the post-paris world: Russia in the new global energy landscape. MIT Joint Program Report 324, 2017. 16 p.
60. Makarov I.A., Sokolova A.K. Carbon emissions embodied in Russia's trade: implications for climate policy. Review of European and Russian Affairs. 2017. Vol.11, n°2. P.1-21.
61. Martel S., Casset L., Gleizes O. Forêts et carbone : comprendre, agir, valoriser. Institut pour le développement forestier, 2015.
62. Meadows Do., Meadows De., Randers J. Les limites à la croissance (dans un monde fini). Rue de l'échiquier, 2012. 205 p.
63. Mebratu D. Sustainability and sustainable development: Historical and conceptual review. Environmental Impact Assessment Review, Vol.18, n°6, 1998.P.493-520.
64. Ministère de la Transition Ecologique. Chiffres clés des énergies renouvelables. Édition 2020, 92 p.
65. Mon atelier en ville, accédé 06.01.2020 // <http://monatelierenville.com>
66. Monnet J-M., Paccard P., Riond C. La télédétection aéroportée pour la gestion des territoires forestiers de montagne. Sciences Eaux & Territoires n°33, 2020. P.64-69.
67. Moraga G., Huysveld S., Mathieux F., Blengini G.A., Alaerts L., Van Acker K., de Meester S., Dewulfa J. Circular economy indicators: What do they measure? Resources, Conservation and Recycling. Vol.146. 2019. P. 452-461.
68. Nations Unies. Accord de Paris dans le cadre de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques. Novembre, 2015. 18 p.
69. Nash K.L., Blythe J.L., Cvitanovic C., Fulton E.A., Halpern B.S., Milner-Gulland E.J., Addison P.F.E., Pecl G.T., Watson R.A., Blanchard J.L. To Achieve a Sustainable Blue Future, Progress Assessments Must Include Interdependencies between the Sustainable Development Goals. One Earth, Vol.2, n°2, 2020. P.161-173.
70. Niang A., Bourdin S., Torre A. L'économie circulaire, quels enjeux de développement pour les territoires ? Développement durable et territoires, Vol.11, n°1, 2020. 17 p.
71. ONF (Office National des Forêts). Rapport d'activité, 2015. 84 p.
72. Organisation des Nations Unies. Décennie pour la biodiversité « Vivre en harmonie avec la nature ». Convention sur la diversité biologique. Plan stratégique 2011-2020 pour la diversité biologique. 68 p.
73. Programme national de la forêt et du bois 2016-2026 (Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, France).
74. Poldervaart P. Le bois permet bien plus. Résumé du Programme national de recherche PNR66 Ressource bois. Fonds national suisse pour la recherche scientifique, Programme national de recherche PNR66 Ressource bois, 2017. 28 p.

75. Rametsteiner E., Simula M. Forest certification – an instrument to promote sustainable forest management? *Journal of Environmental Management*, n°67, 2003. P.87–98.
76. Risse M., Weber-Blaschke G., Richter K. Eco-efficiency analysis of recycling recovered solid wood from construction into laminated timber products. *Science of The Total Environment*, Vol.661, 2019, P.107-119.
77. Risse M., Weber-Blaschke G., Richter K. Resource efficiency of multifunctional wood cascade chains using LCA and exergy analysis, exemplified by a case study for Germany. *Resources, Conservation and Recycling*, Vol.126, 2017. P.141-152.
78. Rougieux P. Modelling European Forest Products Consumption and Trade in a Context of Structural Change. *Economics and Finance*. Université de Lorraine, 2017.
79. Roux A., Dhote J. F. et al. Quel rôle pour les forêts et la filière forêt-bois françaises dans l'atténuation du changement climatique ? Une étude des freins et leviers forestiers à l'horizon 2050. Rapport d'étude pour le Ministère de l'agriculture et de l'alimentation. INRA, IGN, 2017
80. Sachs J., Schmidt-Traub G., Kroll C., Lafortune G., Fuller G. Sustainable Development Report 2019. Bertelsmann Stiftung and Sustainable Development Solutions Network (SDSN). New York, 2019. 466 p.
81. Sapir J. La crise financière russe comme révélateur des carences de la transition libérale. *Diogenes*, Vol.2 (n°194), 2001. P.119-132.
82. Scholes J. Reflections on the application of systems thinking to management practice. *System analysis in economics – 2018 (proceedings of the V International research and practice conference-biennale)*. Prometey, Moscow, 2018. P.116-121.
83. Shvidenko A. Les forêts russes au début du troisième millénaire : situation et tendances. Mémoire soumis au XII Congrès forestier mondial, Québec City, Canada, 2003.
84. Sosnovskikh S. Industrial clusters in Russia: The development of special economic zones and industrial parks. *Russian Journal of Economics*, Vol.3, n°2, 2017. P.174-199.
85. Stahel W., Reday G. *Jobs for Tomorrow, the Potential for Substituting Manpower for Energy*. Vantage Press, New-York. 1981. 116 p.
86. Stahel W.R. Hidden innovation. *Science & Public Policy*, Vol.13, n°4. London, 1986.
87. Su A., Heshmati B., Geng Y., Yu X. A review of the circular economy in China: moving from rhetoric to implementation. *Journal of Cleaner Production*, Vol.42, 2013. P.215-227.
88. Sukhdev P., Wittmer H., Schröter-Schlaack C., Nesshöver C., Bishop J., ten Brink P., Gundimeda H., Kumar P., Simmons B. *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming the Economics of Nature: A synthesis of the approach, conclusions, and recommendations of TEEB. The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB)*, 2010. 39 p.
89. Thonemann N., Schumann M. Environmental impacts of wood-based products under consideration of cascade utilization: A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, Vol.172, 2018. P.4181-4188.
90. United Nations (a). Report of the United Nations Conference on Environment and Development (Rio de Janeiro, 3-14 June 1992). 5 p.
91. United Nations (b). Agenda 21, Conference on Environment & Development Rio de Janeiro, Brazil, 3 to 14 June 1992. 351 p.
92. United Nations. Global Forest Resources Assessment 2020. Terms and definitions. Forest resources assessment FRA 2020 working paper 188. FAO, Rome, 2018. 26 p.
93. United Nations. The World's cities in 2018. Data booklet, World Urbanization Prospects: The 2018 Revision.

94. United Nations. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development, 2015. 38 p.
95. Valade A., Luyssaert S., Vallet P., Njakou Djomo S., Jesus Van Der Kellen I., Bellassen V. Carbon costs and benefits of France's biomass energy production targets. Carbon Balance and Management, Vol.13, Article n°26, 2018.
96. Wang H-H., Grant W.E. (a). Chapter 1 - Systems, models, and modeling. Developments in Environmental Modelling, Vol.31, 2019. P.3-20.
97. Wang H-H., Grant W.E. (b). Chapter 10 - How good ("valid") are models? Developments in Environmental Modelling, Vol.31, 2019. P.191-214.
98. Wang W., Liu W., Mingers J. A systemic method for organisational stakeholder identification and analysis using Soft Systems Methodology (SSM). European Journal of Operational Research, Vol.246, n°2, 2015. P.562-574.
99. Winans K., Kendall A., Den H. The History and current applications of the circular economy concept. Renewable and sustainable energy reviews, Vol.68, 2017. P.825-833.
100. Woltering L., Fehlenberg K., Gerard B., Ubels J., Cooley L. Scaling – from “reaching many” to sustainable systems change at scale: A critical shift in mindset. Agricultural Systems, Vol.176, 2019.
101. World Commission on Environment and Development. Our Common Future. Oxford University Press, Oxford, 1987. 300 p.
102. Xiaohong F., Bourg D., Erkman S. L'économie circulaire en Chine. Futuribles, n°324, 2006. P.21-41.
103. Železnik D., Kokol P., Blažun Vošner H. Adapting nurse competence to future patient needs using Checkland's Soft Systems Methodology. Nurse Education Today, Vol.48, 2017. P.106-110.

ANNEXES

Annexe 1.1. Les 27 principes de développement durable formulé au Sommet de la Terre à Rio de Janeiro en 1992

PRINCIPE 1

Les êtres humains sont au centre des préoccupations relatives au développement durable. Ils ont droit à une vie saine et productive en harmonie avec la nature.

PRINCIPE 2

Conformément à la Charte des Nations Unies et aux principes du droit international, les États ont le droit souverain d'exploiter leurs propres ressources selon leur politique d'environnement et de développement, et ils ont le devoir de faire en sorte que les activités exercées dans les limites de leur juridiction ou sous leur contrôle ne causent pas de dommages à l'environnement dans d'autres États ou dans des zones ne relevant d'aucune juridiction nationale.

PRINCIPE 3

Le droit au développement doit être réalisé de façon à satisfaire équitablement les besoins relatifs au développement et à l'environnement des générations présentes et futures.

PRINCIPE 4

Pour parvenir à un développement durable, la protection de l'environnement doit faire partie intégrante du processus de développement et ne peut être considérée isolément.

PRINCIPE 5

Tous les États et tous les peuples doivent coopérer à la tâche essentielle de l'élimination de la pauvreté, qui constitue une condition indispensable du développement durable, afin de réduire les différences de niveaux de vie et de mieux répondre aux besoins de la majorité des peuples du monde.

PRINCIPE 6

La situation et les besoins particuliers des pays en développement, en particulier des pays les moins avancés et des pays les plus vulnérables sur le plan de l'environnement, doivent se voir accorder une priorité spéciale. Les actions internationales entreprises en matière d'environnement et de développement devraient également prendre en considération les intérêts et les besoins de tous les pays.

PRINCIPE 7

Les États doivent coopérer dans un esprit de partenariat mondial en vue de conserver, de protéger et de rétablir la santé et l'intégrité de l'écosystème terrestre. Étant donné la diversité des rôles joués dans la dégradation de l'environnement mondial, les États ont des responsabilités communes, mais différenciées. Les pays développés admettent la responsabilité qui leur incombe dans l'effort international en faveur du développement durable, compte tenu des pressions que leurs sociétés exercent sur l'environnement mondial et des techniques et des ressources financières dont ils disposent.

PRINCIPE 8

Afin de parvenir à un développement durable et à une meilleure qualité de vie pour tous les peuples, les États devraient réduire et éliminer les modes de production et de consommation non viables et promouvoir des politiques démographiques appropriées.

PRINCIPE 9

Les États devraient coopérer ou intensifier le renforcement des capacités endogènes en matière de développement durable en améliorant la compréhension scientifique par des échanges de connaissances scientifiques et techniques et en facilitant la mise au point, l'adaptation, la diffusion et le transfert de techniques, y compris de techniques nouvelles et novatrices.

PRINCIPE 10

La meilleure façon de traiter les questions d'environnement est d'assurer la participation de tous les citoyens concernés, au niveau qui convient. Au niveau national, chaque individu doit avoir dûment accès aux informations relatives à l'environnement que détiennent les autorités publiques, y compris aux informations relatives aux substances et activités dangereuses dans leurs collectivités, et avoir la possibilité de participer aux processus de prise de décision. Les États doivent faciliter et encourager la sensibilisation et la participation du public en mettant les informations à la disposition de celui-ci. Un accès effectif à des actions judiciaires et administratives, notamment des réparations et des recours, doit être assuré.

PRINCIPE 11

Les États doivent promulguer des mesures législatives efficaces en matière d'environnement. Les normes écologiques et les objectifs et priorités pour la gestion de l'environnement devraient être adaptés à la situation en matière d'environnement et de développement à laquelle ils s'appliquent. Les normes appliquées par certains pays peuvent ne pas convenir à d'autres pays, en particulier à des pays en développement et leur imposer un coût économique et social injustifié.

PRINCIPE 12

Les États devraient coopérer pour promouvoir un système économique international ouvert et favorable, propre à engendrer une croissance économique et un développement durable dans tous les pays, qui permettrait de mieux lutter contre les problèmes de dégradation de l'environnement. Les mesures de politique commerciale motivées par des considérations relatives à l'environnement ne devraient pas constituer un moyen de discrimination arbitraire ou injustifiable ni une restriction déguisée aux échanges internationaux. Toute action unilatérale visant à résoudre les grands problèmes écologiques au-delà de la juridiction du pays importateur devrait être évitée. Les mesures de lutte contre les problèmes écologiques transfrontières ou mondiaux devraient, autant que possible, être fondées sur un consensus international.

PRINCIPE 13

Les États doivent élaborer une législation nationale concernant la responsabilité de la pollution et d'autres dommages à l'environnement et l'indemnisation de leurs victimes. Ils doivent aussi coopérer diligemment et plus résolument pour développer davantage le droit international concernant la responsabilité et l'indemnisation en cas d'effets néfastes de dommages causés à l'environnement dans des zones situées au-delà des limites de leur juridiction par des activités menées dans les limites de leur juridiction ou sous leur contrôle.

PRINCIPE 14

Les États devraient concerter efficacement leurs efforts pour décourager ou prévenir les déplacements et les transferts dans d'autres États de toutes activités et substances qui provoquent une grave détérioration de l'environnement ou dont on a constaté qu'elles étaient nocives pour la santé de l'Homme.

PRINCIPE 15

Pour protéger l'environnement, des mesures de précaution doivent être largement appliquées par les États 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.

PRINCIPE 16

Les autorités nationales devraient s'efforcer de promouvoir l'internalisation des coûts de protection de l'environnement et l'utilisation d'instruments économiques, en vertu du principe selon lequel c'est le pollueur qui doit, en principe, assumer le coût de la pollution,

dans le souci de l'intérêt public et sans fausser le jeu du commerce international et de l'investissement.

PRINCIPE 17

Une étude d'impact sur l'environnement, en tant qu'instrument national, doit être entreprise dans le cas des activités envisagées qui risquent d'avoir des effets nocifs importants sur l'environnement et dépendent de la décision d'une autorité nationale compétente.

PRINCIPE 18

Les États doivent notifier immédiatement aux autres États toute catastrophe naturelle ou toute autre situation d'urgence qui risque d'avoir des effets néfastes soudains sur l'environnement de ces derniers. La Communauté internationale doit faire tout son possible pour aider les États sinistrés.

PRINCIPE 19

Les États doivent prévenir suffisamment à l'avance les États susceptibles d'être affectés et leur communiquer toutes informations pertinentes sur les activités qui peuvent avoir des effets transfrontières sérieusement nocifs sur l'environnement et mener des consultations avec ces États rapidement et de bonne foi.

PRINCIPE 20

Les femmes ont un rôle vital dans la gestion de l'environnement et le développement. Leur pleine participation est, donc, essentielle à la réalisation d'un développement durable.

PRINCIPE 21

Il faut mobiliser la créativité, les idéaux et le courage des jeunes du monde entier afin de forger un partenariat mondial, de manière à assurer un développement durable et à garantir à chacun un avenir meilleur.

PRINCIPE 22

Les populations et communautés autochtones et les autres collectivités locales ont un rôle vital à jouer dans la gestion de l'environnement et le développement du fait de leurs connaissances du milieu et de leurs pratiques traditionnelles. Les États devraient reconnaître leur identité, leur culture et leurs intérêts, leur accorder tout l'appui nécessaire et leur permettre de participer efficacement à la réalisation d'un développement durable.

PRINCIPE 23

L'environnement et les ressources naturelles des peuples soumis à oppression, domination et occupation doivent être protégés.

PRINCIPE 24

La guerre exerce une action intrinsèquement destructrice sur le développement durable. Les États doivent, donc, respecter le droit international relatif à la protection de l'environnement en temps de conflit armé et participer à son développement, selon que de besoin.

PRINCIPE 25

La paix, le développement et la protection de l'environnement sont interdépendants et indissociables.

PRINCIPE 26

Les États doivent résoudre pacifiquement tous leurs différends en matière d'environnement, en employant des moyens appropriés conformément à la Charte des Nations Unies.

PRINCIPE 27

Les États et les peuples doivent coopérer de bonne foi et dans un esprit de solidarité à l'application des principes consacrés dans la présente Déclaration et au développement du droit international dans le domaine du développement durable.

Annexe 1.2. Les sous-objectifs des ODD

ODD 1. Éradication de la pauvreté	1.1 D'ici à 2030, éliminer complètement l'extrême pauvreté dans le monde entier (s'entend actuellement du fait de vivre avec moins de 1,90 dollar américain par jour)
	1.2 D'ici à 2030, réduire de moitié au moins la proportion d'hommes, de femmes et d'enfants de tous âges souffrant d'une forme ou l'autre de pauvreté, telle que définie par chaque pays
	1.3 Mettre en place des systèmes et mesures de protection sociale pour tous, adaptés au contexte national, y compris des socles de protection sociale, et faire en sorte que, d'ici à 2030, une part importante des pauvres et des personnes vulnérables en bénéficient
	1.4 D'ici à 2030, faire en sorte que tous les hommes et les femmes, en particulier les pauvres et les personnes vulnérables, aient les mêmes droits aux ressources économiques et qu'ils aient accès aux services de base, à la propriété foncière, au contrôle des terres et à d'autres formes de propriété, à l'héritage, aux ressources naturelles et à des nouvelles technologies et des services financiers adaptés à leurs besoins, y compris la microfinance
	1.5 D'ici à 2030, renforcer la résilience des pauvres et des personnes en situation vulnérable et réduire leur exposition aux phénomènes climatiques extrêmes et à d'autres chocs et catastrophes d'ordre économique, social ou environnemental et leur vulnérabilité
	1.a Garantir une mobilisation importante de ressources provenant de sources multiples, y compris par le renforcement de la coopération pour le développement, afin de doter les pays en développement, en particulier les pays les moins avancés, de moyens adéquats et prévisibles de mettre en œuvre des programmes et politiques visant à mettre fin à la pauvreté sous toutes ses formes
	1.b Mettre en place aux niveaux national, régional et international des cadres d'action viables, fondés sur des stratégies de développement favorables aux pauvres et soucieuses de la problématique hommes-femmes, afin d'accélérer l'investissement dans des mesures d'élimination de la pauvreté

**ODD 2. Lutte
contre la faim**

2.1 D'ici à 2030, éliminer la faim et faire en sorte que chacun, en particulier les pauvres et les personnes en situation vulnérable, y compris les nourrissons, ait accès tout au long de l'année à une alimentation saine, nutritive et suffisante

2.2 D'ici à 2030, mettre fin à toutes les formes de malnutrition, y compris en réalisant d'ici à 2025 les objectifs arrêtés à l'échelle internationale relatifs aux retards de croissance et à l'émaciation parmi les enfants de moins de 5 ans, et répondre aux besoins nutritionnels des adolescentes, des femmes enceintes ou allaitantes et des personnes âgées

2.3 D'ici à 2030, doubler la productivité agricole et les revenus des petits producteurs alimentaires, en particulier les femmes, les autochtones, les exploitants familiaux, les éleveurs et les pêcheurs, y compris en assurant l'égalité d'accès aux terres, aux autres ressources productives et intrants, au savoir, aux services financiers, aux marchés et aux possibilités d'ajout de valeur et d'emploi autres qu'agricoles

2.4 D'ici à 2030, assurer la viabilité des systèmes de production alimentaire et mettre en œuvre des pratiques agricoles résilientes qui permettent d'accroître la productivité et la production, contribuent à la préservation des écosystèmes, renforcent les capacités d'adaptation aux changements climatiques, aux phénomènes météorologiques extrêmes, à la sécheresse, aux inondations et à d'autres catastrophes et améliorent progressivement la qualité des terres et des sols

2.5 D'ici à 2020, préserver la diversité génétique des semences, des cultures et des animaux d'élevage ou domestiqués et des espèces sauvages apparentées, y compris au moyen de banques de semences et de plantes bien gérées et diversifiées aux niveaux national, régional et international, et favoriser l'accès aux avantages que présentent l'utilisation des ressources génétiques et du savoir traditionnel associé et le partage juste et équitable de ces avantages, ainsi que cela a été décidé à l'échelle internationale

2.a Accroître, notamment dans le cadre du renforcement de la coopération internationale, l'investissement en faveur de l'infrastructure rurale, des services de recherche et de vulgarisation agricoles et de la mise au point de technologies et de banques de gènes de plantes et

d'animaux d'élevage, afin de renforcer les capacités productives agricoles des pays en développement, en particulier des pays les moins avancés

2.b Corriger et prévenir les restrictions et distorsions commerciales sur les marchés agricoles mondiaux, y compris par l'élimination parallèle de toutes les formes de subventions aux exportations agricoles et de toutes les mesures relatives aux exportations aux effets similaires, conformément au mandat du Cycle de développement de Doha

2.c Adopter des mesures visant à assurer le bon fonctionnement des marchés de denrées alimentaires et des produits dérivés et faciliter l'accès rapide aux informations relatives aux marchés, y compris les réserves alimentaires, afin de contribuer à limiter l'extrême volatilité du prix des denrées alimentaires

**ODD 3. Bonne
santé et bien-
être**

3.1 D'ici à 2030, faire passer le taux mondial de mortalité maternelle au-dessous de 70 pour 100 000 naissances vivantes

3.2 D'ici à 2030, éliminer les décès évitables de nouveau-nés et d'enfants de moins de 5 ans, tous les pays devant chercher à ramener la mortalité néonatale à 12 pour 1 000 naissances vivantes au plus et la mortalité des enfants de moins de 5 ans à 25 pour 1 000 naissances vivantes au plus

3.3 D'ici à 2030, mettre fin à l'épidémie de sida, à la tuberculose, au paludisme et aux maladies tropicales négligées et combattre l'hépatite, les maladies transmises par l'eau et autres maladies transmissibles

3.4 D'ici à 2030, réduire d'un tiers, par la prévention et le traitement, le taux de mortalité prématurée due à des maladies non transmissibles et promouvoir la santé mentale et le bien-être

3.5 Renforcer la prévention et le traitement de l'abus de substances psychoactives, notamment de stupéfiants et d'alcool

3.6 D'ici à 2020, diminuer de moitié à l'échelle mondiale le nombre de décès et de blessures dus à des accidents de la route

3.7 D'ici à 2030, assurer l'accès de tous à des services de soins de santé sexuelle et procréative, y compris à des fins de planification familiale, d'information et d'éducation, et la prise en compte de la santé procréative dans les stratégies et programmes nationaux

3.8 Faire en sorte que chacun bénéficie d'une couverture sanitaire universelle, comprenant une protection contre les risques financiers et donnant accès à des services de santé essentiels de qualité et à des médicaments et vaccins essentiels sûrs, efficaces, de qualité et d'un coût abordable

3.9 D'ici à 2030, réduire nettement le nombre de décès et de maladies dus à des substances chimiques dangereuses, à la pollution et à la contamination de l'air, de l'eau et du sol

3.a Renforcer dans tous les pays l'application de la Convention-cadre de l'Organisation mondiale de la Santé pour la lutte antitabac

3.b Appuyer la recherche et la mise au point de vaccins et de médicaments contre les maladies, transmissibles ou non, qui touchent principalement les habitants des pays en développement, donner accès, à un coût abordable, à des médicaments et vaccins essentiels, conformément à la Déclaration de Doha sur l'Accord sur les ADPIC et la santé publique. Cette déclaration réaffirme le droit qu'ont les pays en développement de tirer pleinement parti des dispositions de l'Accord sur les aspects des droits de propriété intellectuelle qui touchent au commerce et à la marge de manœuvre nécessaire pour protéger la santé publique et, en particulier, assurer l'accès universel aux médicaments

3.c Accroître considérablement le budget de la santé, le recrutement, le perfectionnement, la formation et le maintien en poste du personnel de santé dans les pays en développement, notamment dans les pays les moins avancés et les petits États insulaires en développement

3.d Renforcer les moyens dont disposent tous les pays, en particulier les pays en développement en matière d'alerte rapide, de réduction des risques et de gestion des risques sanitaires nationaux et mondiaux

ODD 4. Accès à une éducation de qualité

4.1 D'ici à 2030, faire en sorte que toutes les filles et tous les garçons suivent, sur un pied d'égalité, un cycle complet d'enseignement primaire et secondaire gratuit et de qualité, qui débouche sur un apprentissage véritablement utile

4.2 D'ici à 2030, faire en sorte que toutes les filles et tous les garçons aient accès à des activités de développement et de soins de la petite

enfance et à une éducation préscolaire de qualité qui les préparent à suivre un enseignement primaire

4.3 D'ici à 2030, faire en sorte que les femmes et les hommes aient tous accès dans des conditions d'égalité à un enseignement technique, professionnel ou tertiaire, y compris universitaire, de qualité et d'un coût abordable

4.4 D'ici à 2030, augmenter considérablement le nombre de jeunes et d'adultes disposant des compétences, notamment techniques et professionnelles, nécessaires à l'emploi, à l'obtention d'un travail décent et à l'entrepreneuriat

4.5 D'ici à 2030, éliminer les inégalités entre les sexes dans le domaine de l'éducation et assurer l'égalité d'accès des personnes vulnérables, y compris les personnes handicapées, les autochtones et les enfants en situation vulnérable, à tous les niveaux d'enseignement et de formation professionnelle

4.6 D'ici à 2030, veiller à ce que tous les jeunes et une proportion considérable d'adultes, hommes et femmes, sachent lire, écrire et compter

4.7 D'ici à 2030, faire en sorte que tous les élèves acquièrent les connaissances et compétences nécessaires pour promouvoir le développement durable, notamment par l'éducation en faveur du développement et de modes de vie durables, des droits de l'homme, de l'égalité des sexes, de la promotion d'une culture de paix et de non-violence, de la citoyenneté mondiale et de l'appréciation de la diversité culturelle et de la contribution de la culture au développement durable

4.a Faire construire des établissements scolaires qui soient adaptés aux enfants, aux personnes handicapées et aux deux sexes ou adapter les établissements existants à cette fin et fournir un cadre d'apprentissage effectif qui soit sûr, exempt de violence et accessible à tous

4.b D'ici à 2020, augmenter considérablement à l'échelle mondiale le nombre de bourses d'études offertes aux pays en développement, en particulier aux pays les moins avancés, aux petits États insulaires en développement et aux pays d'Afrique, pour financer le suivi d'études supérieures, y compris la formation professionnelle, les cursus

**ODD 5. Égalité
entre les sexes**

informatiques, techniques et scientifiques et les études d'ingénieur, dans des pays développés et d'autres pays en développement

4.c D'ici à 2030, accroître considérablement le nombre d'enseignants qualifiés, notamment au moyen de la coopération internationale pour la formation d'enseignants dans les pays en développement, surtout dans les pays les moins avancés et les petits États insulaires en développement

5.1 Mettre fin, dans le monde entier, à toutes les formes de discrimination à l'égard des femmes et des filles

5.2 Éliminer de la vie publique et de la vie privée toutes les formes de violence faite aux femmes et aux filles, y compris la traite et l'exploitation sexuelle et d'autres types d'exploitation

5.3 Éliminer toutes les pratiques préjudiciables, telles que le mariage des enfants, le mariage précoce ou forcé et la mutilation génitale féminine

5.4 Faire une place aux soins et travaux domestiques non rémunérés et les valoriser, par l'apport de services publics, d'infrastructures et de politiques de protection sociale et la promotion du partage des responsabilités dans le ménage et la famille, en fonction du contexte national

5.5 Garantir la participation entière et effective des femmes et leur accès en toute égalité aux fonctions de direction à tous les niveaux de décision, dans la vie politique, économique et publique

5.6 Assurer l'accès de tous aux soins de santé sexuelle et procréative et faire en sorte que chacun puisse exercer ses droits en matière de procréation, ainsi qu'il a été décidé dans le Programme d'action de la Conférence internationale sur la population et le développement et le Programme d'action de Beijing et les documents finaux des conférences d'examen qui ont suivi

5.a Entreprendre des réformes visant à donner aux femmes les mêmes droits aux ressources économiques, ainsi qu'à l'accès à la propriété et au contrôle des terres et d'autres formes de propriété, aux services financiers, à l'héritage et aux ressources naturelles, dans le respect du droit interne

	5.b Renforcer l'utilisation des technologies clefs, en particulier l'informatique et les communications, pour promouvoir l'autonomisation des femmes
	5.c Adopter des politiques bien conçues et des dispositions législatives applicables en faveur de la promotion de l'égalité des sexes et de l'autonomisation de toutes les femmes et de toutes les filles à tous les niveaux et renforcer celles qui existent
ODD 6. Accès à l'eau salubre et à l'assainissement	6.1 D'ici à 2030, assurer l'accès universel et équitable à l'eau potable, à un coût abordable 6.2 D'ici à 2030, assurer l'accès de tous, dans des conditions équitables, à des services d'assainissement et d'hygiène adéquats et mettre fin à la défécation en plein air, en accordant une attention particulière aux besoins des femmes et des filles et des personnes en situation vulnérable 6.3 D'ici à 2030, améliorer la qualité de l'eau en réduisant la pollution, en éliminant l'immersion de déchets et en réduisant au minimum les émissions de produits chimiques et de matières dangereuses, en diminuant de moitié la proportion d'eaux usées non traitées et en augmentant considérablement à l'échelle mondiale le recyclage et la réutilisation sans danger de l'eau 6.4 D'ici à 2030, augmenter considérablement l'utilisation rationnelle des ressources en eau dans tous les secteurs et garantir la viabilité des retraits et de l'approvisionnement en eau douce afin de tenir compte de la pénurie d'eau et de réduire nettement le nombre de personnes qui souffrent du manque d'eau 6.5 D'ici à 2030, mettre en œuvre une gestion intégrée des ressources en eau à tous les niveaux, y compris au moyen de la coopération transfrontière 6.6 D'ici à 2020, protéger et restaurer les écosystèmes liés à l'eau, notamment les montagnes, les forêts, les zones humides, les rivières, les aquifères et les lacs 6.a D'ici à 2030, développer la coopération internationale et l'appui au renforcement des capacités des pays en développement en ce qui concerne les activités et programmes relatifs à l'eau et à l'assainissement,

		y compris la collecte de l'eau, la désalinisation, l'utilisation rationnelle de l'eau, le traitement des eaux usées, le recyclage et les techniques de réutilisation
		6.b Appuyer et renforcer la participation de la population locale à l'amélioration de la gestion de l'eau et de l'assainissement
ODD	7.	7.1 D'ici à 2030, garantir l'accès de tous à des services énergétiques
Énergies fiables,		fiables et modernes, à un coût abordable
durables et		7.2 D'ici à 2030, accroître nettement la part de l'énergie renouvelable
modernes, à un		dans le bouquet énergétique mondial
coût abordable		7.3 D'ici à 2030, multiplier par deux le taux mondial d'amélioration de l'efficacité énergétique
		7.a D'ici à 2030, renforcer la coopération internationale en vue de faciliter l'accès à la recherche et aux technologies relatives à l'énergie propre, notamment l'énergie renouvelable, l'efficacité énergétique et les nouvelles technologies relatives aux combustibles fossiles propres, et promouvoir l'investissement dans l'infrastructure énergétique et les technologies relatives à l'énergie propre
		7.b D'ici à 2030, développer les infrastructure et améliorer les technologies afin d'approvisionner en services énergétiques modernes et durables tous les habitants des pays en développement, en particulier des pays les moins avancés, des petits États insulaires en développement et des pays en développement sans littoral, dans le respect des programmes d'aide qui les concernent
ODD 8. Accès à des emplois décents		8.1 Maintenir un taux de croissance économique par habitant adapté au contexte national et, en particulier, un taux de croissance annuelle du produit intérieur brut d'au moins 7 % dans les pays les moins avancés.
		8.2 Parvenir à un niveau élevé de productivité économique par la diversification, la modernisation technologique et l'innovation, notamment en mettant l'accent sur les secteurs à forte valeur ajoutée et à forte intensité de main-d'œuvre
		8.3 Promouvoir des politiques axées sur le développement qui favorisent des activités productives, la création d'emplois décents, l'entrepreneuriat, la créativité et l'innovation et stimulent la croissance des microentreprises et des petites et moyennes entreprises et facilitent

leur intégration dans le secteur formel, y compris par l'accès aux services financiers

8.4 Améliorer progressivement, jusqu'en 2030, l'efficacité de l'utilisation des ressources mondiales du point de vue de la consommation comme de la production et s'attacher à ce que la croissance économique n'entraîne plus la dégradation de l'environnement, comme prévu dans le cadre décennal de programmation relatif à la consommation et à la production durables, les pays développés montrant l'exemple en la matière

8.5 D'ici à 2030, parvenir au plein emploi productif et garantir à toutes les femmes et à tous les hommes, y compris les jeunes et les personnes handicapées, un travail décent et un salaire égal pour un travail de valeur égale

8.6 D'ici à 2020, réduire considérablement la proportion de jeunes non scolarisés et sans emploi ni formation

8.7 Prendre des mesures immédiates et efficaces pour supprimer le travail forcé, mettre fin à l'esclavage moderne et à la traite d'êtres humains, interdire et éliminer les pires formes de travail des enfants, y compris le recrutement et l'utilisation d'enfants soldats et, d'ici à 2025, mettre fin au travail des enfants sous toutes ses formes

8.8 Défendre les droits des travailleurs, promouvoir la sécurité sur le lieu de travail et assurer la protection de tous les travailleurs, y compris les migrants, en particulier les femmes, et ceux qui ont un emploi précaire.

8.9 D'ici à 2030, élaborer et mettre en œuvre des politiques visant à développer un tourisme durable qui crée des emplois et mette en valeur la culture et les produits locaux

8.10 Renforcer la capacité des institutions financières nationales de favoriser et généraliser l'accès de tous aux services bancaires et financiers et aux services d'assurance

8.a Accroître l'appui apporté dans le cadre de l'initiative Aide pour le commerce aux pays en développement, en particulier aux pays les moins avancés, y compris par l'intermédiaire du cadre intégré renforcé pour

	l'assistance technique liée au commerce en faveur des pays les moins avancés
	8.b D'ici à 2020, élaborer et mettre en œuvre une stratégie mondiale en faveur de l'emploi des jeunes et appliquer le Pacte mondial pour l'emploi de l'Organisation internationale du Travail
ODD 9. Bâtir une infrastructure résiliente, promouvoir une industrialisation durable qui profite à tous et encourager l'innovation	9.1 Mettre en place une infrastructure de qualité, fiable, durable et résiliente, y compris une infrastructure régionale et transfrontière, pour favoriser le développement économique et le bien-être de l'être humain, en mettant l'accent sur un accès universel, à un coût abordable et dans des conditions d'équité 9.2 Promouvoir une industrialisation durable qui profite à tous et, d'ici à 2030, augmenter nettement la contribution de l'industrie à l'emploi et au produit intérieur brut, en fonction du contexte national, et la multiplier par deux dans les pays les moins avancés. 9.3 Accroître, en particulier dans les pays en développement, l'accès des entreprises, notamment des petites entreprises industrielles, aux services financiers, y compris aux prêts consentis à des conditions abordables, et leur intégration dans les chaînes de valeur et sur les marchés 9.4 D'ici à 2030, moderniser l'infrastructure et adapter les industries afin de les rendre durables, par une utilisation plus rationnelle des ressources et un recours accru aux technologies et procédés industriels propres et respectueux de l'environnement, chaque pays agissant dans la mesure de ses moyens 9.5 Renforcer la recherche scientifique, perfectionner les capacités technologiques des secteurs industriels de tous les pays, en particulier des pays en développement, notamment en encourageant l'innovation et en augmentant considérablement le nombre de personnes travaillant dans le secteur de la recherche et du développement pour 1 million d'habitants et en accroissant les dépenses publiques et privées consacrées à la recherche et au développement d'ici à 2030 9.a Faciliter la mise en place d'une infrastructure durable et résiliente dans les pays en développement en renforçant l'appui financier, technologique et technique apporté aux pays d'Afrique, aux pays les

**ODD 10.
Réduction des
inégalités**

moins avancés, aux pays en développement sans littoral et aux petits États insulaires en développement

9.b Soutenir la recherche, le développement et l'innovation technologique au niveau national dans les pays en développement, notamment en instaurant des conditions propices telles que la diversification industrielle et l'ajout de valeur aux marchandises

9.c Accroître nettement l'accès aux technologies de l'information et de la communication et faire en sorte que tous les habitants des pays les moins avancés aient accès à Internet à un coût abordable d'ici à 2020

10.1 D'ici à 2030, faire en sorte, au moyen d'améliorations progressives, que les revenus des 40 pour cent les plus pauvres de la population augmentent plus rapidement que le revenu moyen national, et ce de manière durable

10.2 D'ici à 2030, autonomiser toutes les personnes et favoriser leur intégration sociale, économique et politique, indépendamment de leur âge, de leur sexe, de leur handicap, de leur race, de leur appartenance ethnique, de leurs origines, de leur religion ou de leur statut économique ou autre

10.3 Assurer l'égalité des chances et réduire l'inégalité des résultats, notamment en éliminant les lois, politiques et pratiques discriminatoires et en promouvant l'adoption de lois, politiques et mesures adéquates en la matière

10.4 Adopter des politiques, notamment sur les plans budgétaire, salarial et dans le domaine de la protection sociale, et parvenir progressivement à une plus grande égalité

10.5 Améliorer la réglementation et la surveillance des institutions et marchés financiers mondiaux et renforcer l'application des règles

10.6 Faire en sorte que les pays en développement soient davantage représentés et entendus lors de la prise de décisions dans les institutions économiques et financières internationales, afin que celles-ci soient plus efficaces, crédibles, transparentes et légitimes

10.7 Faciliter la migration et la mobilité de façon ordonnée, sans danger, régulière et responsable, notamment par la mise en œuvre de politiques de migration planifiées et bien gérées

**ODD 11. Villes
et communautés
durables**

10.a Mettre en œuvre le principe d'un traitement spécial et différencié pour les pays en développement, en particulier les pays les moins avancés, conformément aux accords de l'Organisation mondiale du commerce

10.b Stimuler l'aide publique au développement et les flux financiers, y compris les investissements étrangers directs, pour les États qui en ont le plus besoin, en particulier les pays les moins avancés, les pays d'Afrique, les petits États insulaires en développement et les pays en développement sans littoral, conformément à leurs plans et programmes nationaux

10.c D'ici à 2030, faire baisser au-dessous de 3 pour cent les coûts de transaction des envois de fonds effectués par les migrants et éliminer les couloirs de transfert de fonds dont les coûts sont supérieurs à 5 pour cent

11.1 D'ici à 2030, assurer l'accès de tous à un logement et des services de base adéquats et sûrs, à un coût abordable, et assainir les quartiers de taudis

11.2 D'ici à 2030, assurer l'accès de tous à des systèmes de transport sûrs, accessibles et viables, à un coût abordable, en améliorant la sécurité routière, notamment en développant les transports publics, une attention particulière devant être accordée aux besoins des personnes en situation vulnérable, des femmes, des enfants, des personnes handicapées et des personnes âgées

11.3 D'ici à 2030, renforcer l'urbanisation inclusive et durable pour tous et les capacités de planification et de gestion participatives, intégrées et durables des établissements humains dans tous les pays

11.4 Renforcer les efforts de protection et de préservation du patrimoine culturel et naturel mondial

11.5 D'ici à 2030, réduire considérablement le nombre de personnes tuées et le nombre de personnes touchées par les catastrophes, y compris celles d'origine hydrique, et réduire considérablement le montant des pertes économiques qui sont dues directement à ces catastrophes exprimé en proportion du produit intérieur brut mondial, l'accent étant mis sur la protection des pauvres et des personnes en situation vulnérable

11.6 D'ici à 2030, réduire l'impact environnemental négatif des villes par habitant, en accordant une attention particulière à la qualité de l'air et à la gestion, notamment municipale, des déchets

11.7 D'ici à 2030, assurer l'accès de tous, en particulier des femmes et des enfants, des personnes âgées et des personnes handicapées, à des espaces verts et des espaces publics sûrs

11.a Favoriser l'établissement de liens économiques, sociaux et environnementaux positifs entre zones urbaines, périurbaines et rurales en renforçant la planification du développement à l'échelle nationale et régionale

11.b D'ici 2020, accroître considérablement le nombre de villes et d'établissements humains qui adoptent et mettent en œuvre des politiques et plans d'action intégrés en faveur de l'insertion de tous, de l'utilisation rationnelle des ressources, de l'adaptation aux effets des changements climatiques et de leur atténuation et de la résilience face aux catastrophes, et élaborer et mettre en œuvre, conformément au Cadre de Sendai pour la réduction des risques de catastrophe (2015-2030), une gestion globale des risques de catastrophe à tous les niveaux

11.c Aider les pays les moins avancés, y compris par une assistance financière et technique, à construire des bâtiments durables et résilients en utilisant des matériaux locaux

**ODD 12.
Consommation
et production
responsables**

12.1 Mettre en œuvre le Cadre décennal de programmation concernant les modes de consommation et de production durables avec la participation de tous les pays, les pays développés montrant l'exemple en la matière, compte tenu du degré de développement et des capacités des pays en développement

12.2 D'ici à 2030, parvenir à une gestion durable et à une utilisation rationnelle des ressources naturelles

12.3 D'ici à 2030, réduire de moitié à l'échelle mondiale le volume de déchets alimentaires par habitant au niveau de la distribution comme de la consommation et réduire les pertes de produits alimentaires tout au long des chaînes de production et d'approvisionnement, y compris les pertes après récolte

12.4 D'ici à 2020, instaurer une gestion écologiquement rationnelle des produits chimiques et de tous les déchets tout au long de leur cycle de vie, conformément aux principes directeurs arrêtés à l'échelle internationale, et réduire considérablement leur déversement dans l'air, l'eau et le sol, afin de minimiser leurs effets négatifs sur la santé et l'environnement

12.5 D'ici à 2030, réduire considérablement la production de déchets par la prévention, la réduction, le recyclage et la réutilisation

12.6 Encourager les entreprises, en particulier les grandes et les transnationales, à adopter des pratiques viables et à intégrer dans les rapports qu'elles établissent des informations sur la viabilité

12.7 Promouvoir des pratiques durables dans le cadre de la passation des marchés publics, conformément aux politiques et priorités nationales

12.8 D'ici à 2030, faire en sorte que toutes les personnes, partout dans le monde, aient les informations et connaissances nécessaires au développement durable et à un style de vie en harmonie avec la nature

12.a Aider les pays en développement à se doter des moyens scientifiques et technologiques qui leur permettent de s'orienter vers des modes de consommation et de production plus durables

12.b Mettre au point et utiliser des outils de contrôle des impacts sur le développement durable, pour un tourisme durable qui crée des emplois et met en valeur la culture et les produits locaux

12.c Rationaliser les subventions aux combustibles fossiles qui sont source de gaspillage, en éliminant les distorsions du marché, selon le contexte national, y compris par la restructuration de la fiscalité et l'élimination progressive des subventions nuisibles, afin de mettre en évidence leur impact sur l'environnement, en tenant pleinement compte des besoins et de la situation propres aux pays en développement et en réduisant au minimum les éventuels effets pernicioeux sur le développement de ces pays tout en protégeant les pauvres et les collectivités concernées

**ODD 13. Lutte
contre les**

13.1 Renforcer, dans tous les pays, la résilience et les capacités d'adaptation face aux aléas climatiques et aux catastrophes naturelles liées au climat

changements climatiques	13.2 Incorporer des mesures relatives aux changements climatiques dans les politiques, les stratégies et la planification nationales 13.3 Améliorer l'éducation, la sensibilisation et les capacités individuelles et institutionnelles en ce qui concerne l'adaptation aux changements climatiques, l'atténuation de leurs effets et la réduction de leur impact et les systèmes d'alerte rapide 13.a Mettre en œuvre l'engagement que les pays développés parties à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques ont pris de mobiliser ensemble auprès de multiples sources 100 milliards de dollars des États-Unis par an d'ici à 2020 pour répondre aux besoins des pays en développement en ce qui concerne les mesures concrètes d'atténuation et la transparence de leur mise en œuvre et rendre le Fonds vert pour le climat pleinement opérationnel en le dotant dans les plus brefs délais des moyens financiers nécessaires 13.b Promouvoir des mécanismes de renforcement des capacités afin que les pays les moins avancés et les petits États insulaires en développement se dotent de moyens efficaces de planification et de gestion pour faire face aux changements climatiques, l'accent étant mis notamment sur les femmes, les jeunes, la population locale et les groupes marginalisés
ODD 14. Conserver et exploiter de manière durable les océans et les mers aux fins du développement durable	14.1 D'ici à 2025, prévenir et réduire nettement la pollution marine de tous types, en particulier celle résultant des activités terrestres, y compris les déchets en mer et la pollution par les nutriments 14.2 D'ici à 2020, gérer et protéger durablement les écosystèmes marins et côtiers, notamment en renforçant leur résilience, afin d'éviter les graves conséquences de leur dégradation et prendre des mesures en faveur de leur restauration pour rétablir la santé et la productivité des océans 14.3 Réduire au maximum l'acidification des océans et lutter contre ses effets, notamment en renforçant la coopération scientifique à tous les niveaux 14.4 D'ici à 2020, réglementer efficacement la pêche, mettre un terme à la surpêche, à la pêche illicite, non déclarée et non réglementée et aux pratiques de pêche destructrices et exécuter des plans de gestion fondés

sur des données scientifiques, l'objectif étant de rétablir les stocks de poissons le plus rapidement possible, au moins à des niveaux permettant d'obtenir un rendement constant maximal compte tenu des caractéristiques biologiques

14.5 D'ici à 2020, préserver au moins 10 % des zones marines et côtières, conformément au droit national et international et compte tenu des meilleures informations scientifiques disponibles

14.6 D'ici à 2020, interdire les subventions à la pêche qui contribuent à la surcapacité et à la surpêche, supprimer celles qui favorisent la pêche illicite, non déclarée et non réglementée et s'abstenir d'en accorder de nouvelles, sachant que l'octroi d'un traitement spécial et différencié efficace et approprié aux pays en développement et aux pays les moins avancés doit faire partie intégrante des négociations sur les subventions à la pêche menées dans le cadre de l'Organisation mondiale du commerce

14.7 D'ici à 2030, faire mieux bénéficier les petits États insulaires en développement et les pays les moins avancés des retombées économiques de l'exploitation durable des ressources marines, notamment grâce à une gestion durable des pêches, de l'aquaculture et du tourisme

14.a Approfondir les connaissances scientifiques, renforcer les capacités de recherche et transférer les techniques marines, conformément aux Critères et principes directeurs de la Commission océanographique intergouvernementale concernant le transfert de techniques marines, l'objectif étant d'améliorer la santé des océans et de renforcer la contribution de la biodiversité marine au développement des pays en développement, en particulier des petits États insulaires en développement et des pays les moins avancés

14.b Garantir aux petits pêcheurs l'accès aux ressources marines et aux marchés

14.c Améliorer la conservation des océans et de leurs ressources et les exploiter de manière plus durable en application des dispositions du droit international, énoncées dans la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer, qui fournit le cadre juridique requis pour la conservation et l'exploitation durable des océans et de leurs ressources, comme il est rappelé au paragraphe 158 de « L'avenir que nous voulons »

**ODD 15. Vie
terrestre**

15.1 D'ici à 2020, garantir la préservation, la restauration et l'exploitation durable des écosystèmes terrestres et des écosystèmes d'eau douce et des services connexes, en particulier les forêts, les zones humides, les montagnes et les zones arides, conformément aux obligations découlant des accords internationaux

15.2 D'ici à 2020, promouvoir la gestion durable de tous les types de forêt, mettre un terme à la déforestation, restaurer les forêts dégradées et accroître considérablement le boisement et le reboisement au niveau mondial

15.3 D'ici à 2030, lutter contre la désertification, restaurer les terres et sols dégradés, notamment les terres touchées par la désertification, la sécheresse et les inondations, et s'efforcer de parvenir à un monde neutre en matière de dégradation des terres.

15.4 D'ici à 2030, assurer la préservation des écosystèmes montagneux, notamment de leur biodiversité, afin de mieux tirer parti de leurs bienfaits essentiels pour le développement durable

15.5 Prendre d'urgence des mesures énergiques pour réduire la dégradation du milieu naturel, mettre un terme à l'appauvrissement de la biodiversité et, d'ici à 2020, protéger les espèces menacées et prévenir leur extinction

15.6 Favoriser le partage juste et équitable des bénéfices découlant de l'utilisation des ressources génétiques et promouvoir un accès approprié à celles-ci, ainsi que cela a été décidé à l'échelle internationale

15.7 Prendre d'urgence des mesures pour mettre un terme au braconnage et au trafic d'espèces végétales et animales protégées et s'attaquer au problème sous l'angle de l'offre et de la demande

15.8 D'ici à 2020, prendre des mesures pour empêcher l'introduction d'espèces exotiques envahissantes, atténuer sensiblement les effets que ces espèces ont sur les écosystèmes terrestres et aquatiques et contrôler ou éradiquer les espèces prioritaires

15.9 D'ici à 2020, intégrer la protection des écosystèmes et de la biodiversité dans la planification nationale, dans les mécanismes de développement, dans les stratégies de réduction de la pauvreté et dans la comptabilité

15.a Mobiliser des ressources financières de toutes provenances et les augmenter nettement pour préserver la biodiversité et les écosystèmes et les exploiter durablement

15.b Mobiliser d'importantes ressources de toutes provenances et à tous les niveaux pour financer la gestion durable des forêts et inciter les pays en développement à privilégier ce type de gestion, notamment aux fins de la préservation des forêts et du reboisement

15.c Apporter, à l'échelon mondial, un soutien accru à l'action menée pour lutter contre le braconnage et le trafic d'espèces protégées, notamment en donnant aux populations locales d'autres moyens d'assurer durablement leur subsistance

**ODD 16.
Éradication de
la pauvreté**

16.1 Réduire nettement, partout dans le monde, toutes les formes de violence et les taux de mortalité qui y sont associés

16.2 Mettre un terme à la maltraitance, à l'exploitation et à la traite, et à toutes les formes de violence et de torture dont sont victimes les enfants

16.3 Promouvoir l'état de droit aux niveaux national et international et donner à tous accès à la justice dans des conditions d'égalité

16.4 D'ici à 2030, réduire nettement les flux financiers illicites et le trafic d'armes, renforcer les activités de récupération et de restitution des biens volés et lutter contre toutes les formes de criminalité organisée

16.5 Réduire nettement la corruption et la pratique des pots-de-vin sous toutes leurs formes

16.6 Mettre en place des institutions efficaces, responsables et transparentes à tous les niveaux

16.7 Faire en sorte que le dynamisme, l'ouverture, la participation et la représentation à tous les niveaux caractérisent la prise de décisions

16.8 Élargir et renforcer la participation des pays en développement aux institutions chargées de la gouvernance au niveau mondial

16.9 D'ici à 2030, garantir à tous une identité juridique, notamment grâce à l'enregistrement des naissances

16.10 Garantir l'accès public à l'information et protéger les libertés fondamentales, conformément à la législation nationale et aux accords internationaux

16.a Appuyer, notamment dans le cadre de la coopération internationale, les institutions nationales chargées de renforcer, à tous les niveaux, les moyens de prévenir la violence et de lutter contre le terrorisme et la criminalité, en particulier dans les pays en développement

16.b Promouvoir et appliquer des lois et politiques non discriminatoires pour le développement durable

**ODD 17. Lutte
contre la faim**

17.1 Améliorer, notamment grâce à l'aide internationale aux pays en développement, la mobilisation de ressources nationales en vue de renforcer les capacités nationales de collecte de l'impôt et d'autres recettes

17.2 Faire en sorte que les pays développés honorent tous leurs engagements en matière d'aide publique au développement, notamment celui pris par nombre d'entre eux de consacrer 0,7% de leur revenu national brut à l'aide aux pays en développement et entre 0,15% et 0,20% à l'aide aux pays les moins avancés, les bailleurs de fonds étant encouragés à envisager de se fixer pour objectif de consacrer au moins 0,20% de leur revenu national brut à l'aide aux pays les moins avancés

17.3 Mobiliser des ressources financières supplémentaires de diverses provenances en faveur des pays en développement

17.4 Aider les pays en développement à assurer la viabilité à long terme de leur dette au moyen de politiques concertées visant à favoriser le financement de la dette, son allègement ou sa restructuration, selon le cas, et réduire le surendettement en réglant le problème de la dette extérieure des pays pauvres très endettés

17.5 Adopter et mettre en œuvre des dispositifs visant à encourager l'investissement en faveur des pays les moins avancés

Technologie

17.6 Renforcer l'accès à la science, à la technologie et à l'innovation et la coopération Nord-Sud et Sud-Sud et la coopération triangulaire régionale et internationale dans ces domaines et améliorer le partage des savoirs selon des modalités arrêtées d'un commun accord, notamment en coordonnant mieux les mécanismes existants, en particulier au niveau des

organismes des Nations unies, et dans le cadre d'un mécanisme mondial de facilitation des technologies

17.7 Promouvoir la mise au point, le transfert et la diffusion de technologies respectueuses de l'environnement en faveur des pays en développement, à des conditions favorables, y compris privilégiées et préférentielles, arrêtées d'un commun accord

17.8 Faire en sorte que la banque de technologies et le mécanisme de renforcement des capacités scientifiques et technologiques et des capacités d'innovation des pays les moins avancés soient pleinement opérationnels d'ici à 2017 et renforcer l'utilisation des technologies clefs, en particulier de l'informatique et des communications

Renforcement des capacités

17.9 Apporter, à l'échelon international, un soutien accru pour assurer le renforcement efficace et ciblé des capacités des pays en développement et appuyer ainsi les plans nationaux visant à atteindre tous les objectifs de développement durable, notamment dans le cadre de la coopération Nord-Sud et Sud-Sud et de la coopération triangulaire

Commerce

17.10 Promouvoir un système commercial multilatéral universel, réglementé, ouvert, non discriminatoire et équitable sous l'égide de l'Organisation mondiale du commerce, notamment grâce à la tenue de négociations dans le cadre du Programme de Doha pour le développement

17.11 Accroître nettement les exportations des pays en développement, en particulier en vue de doubler la part des pays les moins avancés dans les exportations mondiales d'ici à 2020

17.12 Permettre l'accès rapide de tous les pays les moins avancés aux marchés en franchise de droits et sans contingent, conformément aux décisions de l'Organisation mondiale du commerce, notamment en veillant à ce que les règles préférentielles applicables aux importations provenant des pays les moins avancés soient transparentes et simples et facilitent l'accès aux marchés

Questions structurelles

Cohérence des politiques et des structures institutionnelles

17.13 Renforcer la stabilité macroéconomique mondiale, notamment en favorisant la coordination et la cohérence des politiques

17.14 Renforcer la cohérence des politiques de développement durable

17.15 Respecter la marge de manœuvre et l'autorité de chaque pays en ce qui concerne l'élaboration et l'application des politiques d'élimination de la pauvreté et de développement durable

Partenariats multipartites

17.16 Renforcer le Partenariat mondial pour le développement durable, associé à des partenariats multipartites permettant de mobiliser et de partager des savoirs, des connaissances spécialisées, des technologies et des ressources financières, afin d'aider tous les pays, en particulier les pays en développement, à atteindre les objectifs de développement durable

17.17 Encourager et promouvoir les partenariats publics, les partenariats public-privé et les partenariats avec la société civile, en faisant fond sur l'expérience acquise et les stratégies de financement appliquées en la matière

Données, suivi et application du principe de responsabilité

17.18 D'ici à 2020, apporter un soutien accru au renforcement des capacités des pays en développement, notamment des pays les moins avancés et des petits États insulaires en développement, l'objectif étant de disposer d'un beaucoup plus grand nombre de données de qualité, actualisées et exactes, ventilées par niveau de revenu, sexe, âge, race, appartenance ethnique, statut migratoire, handicap et emplacement géographique, et selon d'autres caractéristiques propres à chaque pays

17.19 D'ici à 2030, tirer parti des initiatives existantes pour établir des indicateurs de progrès en matière de développement durable qui viendraient compléter le produit intérieur brut, et appuyer le renforcement des capacités statistiques des pays en développement