

# La Biodiversité et l'Agenda 2030:

Quelle trajectoire pour zéro perte nette  
de biodiversité en France métropolitaine?



Ce rapport synthétise les travaux d'un groupe d'experts réunis lors d'un atelier qui s'est tenu les 3 & 4 octobre 2019 à l'Institut de Recherche sur la Biologie de l'Insecte du CNRS et de l'Université de Tours. L'atelier a été préparé et animé par l'équipe du bureau français du Secrétariat de Future Earth et un Comité scientifique.

#### **Experts réunis lors de l'atelier**

Cyrille Barnerias, Agence Française pour la Biodiversité  
Gilles Benest, France Nature Environnement  
Joshua Berger, CDC Biodiversité  
Alice Colsaet, IDDRI  
Olivier Dangles, IRD  
Lise Geijzendorffer, Tour du Valat  
David Giron, CNRS  
Benjamin Javaux, Suez Eau France  
Claudy Jolivet, INRAE  
Alexandra Langlais, CNRS  
Paul Leadley, Université Paris-Sud  
Pascal Marty, ENS Lyon  
Camille Mazé, CNRS  
Edouard Michel, CNRS  
Laetitia Plaisance, CNRS  
David Renault, Université Rennes I  
Améline Vallet, AgroParisTech  
Nadia Vargas, Ministère de la Transition Écologique et Solidaire  
Claire Varret, EDF  
Maxime Zucca, Agence Régionale de la Biodiversité - Île de France

#### **Titre :**

La biodiversité et l'Agenda 2030 : Quelle trajectoire pour zéro perte nette de biodiversité en France métropolitaine ?

#### **Produit par Future Earth**

#### **Comité Scientifique**

David Giron, CNRS  
Martine Hossaert, CNRS  
Edouard Michel, CNRS  
Aleksandar Rankovic, IDDRI  
Jean-François Silvain, FRB

#### **Experts auditionnés**

Pierre-Marie Aubert, IDDRI  
Magnus Bengtsson, Future Earth Asia  
Lila Collet, INRAE  
Christian Couturier, SOLAGRO  
Catherine Donnars, INRAE  
Thibaud Griessinger, Direction Interministerielle de la Transformation Publique  
Philippe Pointereau, SOLAGRO

#### **Animation de l'atelier (Future Earth) :**

Fanny Boudet, Cosma Cazé, Alison Clausen,  
Hannah Moersberger, Sandrine Paillard, Vincent Virat

#### **Mise en page et graphiques :** Frederico Meira

**Citation :** Paillard, S., Virat, V., Cazé, C., Moersberger, H., Sharma, H., Valin, N., La biodiversité et l'Agenda 2030 : Quelle trajectoire pour zéro perte nette de biodiversité en France métropolitaine ? Future Earth, Paris, 2020.



# INDEX

<b>AVANT - PROPOS</b>	<b>4</b>
<b>1. L'ATELIER BIODIVERSITÉ :</b> CONTEXTE, OBJECTIFS ET APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE	<b>5</b>
<b>2. PRINCIPAUX ENJEUX ET FACTEURS DE PERTE DE BIODIVERSITÉ EN FRANCE</b>	<b>10</b>
<b>3. SCÉNARIO SCHÉMATIQUE POUR « ZÉRO PERTE NETTE DE BIODIVERSITÉ »</b>	<b>13</b>
<b>4. ÉNERGIE ET BIODIVERSITÉ</b>	<b>14</b>
<b>5. AGRICULTURE &amp; ALIMENTATION ET BIODIVERSITÉ</b>	<b>16</b>
<b>6. URBANISATION ET BIODIVERSITÉ</b>	<b>21</b>
<b>7. LES IMPLICATIONS DES TRANSITIONS ÉNERGÉTIQUE, AGRO-ÉCOLOGIQUE ET URBAINE POUR L'EAU DOUCE, LE CLIMAT, LES OCÉANS ET LES INÉGALITÉS</b>	<b>25</b>
<b>8. LE SCÉNARIO POUR LA BIODIVERSITÉ :</b> PRINCIPALES HYPOTHÈSES ET INCERTITUDES	<b>28</b>
<b>9. TRANSITIONS LOCALES ET ENJEUX PLANÉTAIRES</b>	<b>31</b>
<b>10. LES TRANSFORMATIONS SOCIÉTALES DU SCÉNARIO POUR LA BIODIVERSITÉ</b>	<b>33</b>
<b>11. DES APPROCHES INTÉGRÉES ET PARTICIPATIVES POUR RENFORCER LE RÔLE DES CONNAISSANCES DANS LES TRANSFORMATIONS</b>	<b>40</b>
<b>RÉFÉRENCES</b>	<b>42</b>

# AVANT - PROPOS

> La biodiversité est au cœur de la vie humaine et touche à de nombreux aspects de nos modes de vie au travers d'un système complexe d'interactions. Notre alimentation, l'eau que nous buvons, notre santé, notre énergie, notre climat et la qualité de nos vies sont inextricablement liés aux écosystèmes. Pourtant, ces derniers se dégradent, la biodiversité s'érode à un rythme jamais connu dans l'histoire de l'Humanité et l'on craint des effets de domino catastrophiques pour la planète. Pour renverser les tendances d'érosion de la biodiversité, nous devons tenir compte de ce réseau complexe d'interactions. Une approche en silos de la conservation et de la restauration de la biodiversité ne suffira pas. Si nous voulons réussir, et ce rapidement compte tenu des rythmes observés d'érosion, il nous faut appréhender les synergies et les tensions qui peuvent exister entre la protection de la biodiversité et d'autres Objectifs de développement durable (ODD).

> La pandémie de Covid-19 met en lumière l'importance de l'approche « *One health* » et des efforts collaboratifs de multiples disciplines travaillant à diverses échelles (du microscopique au planétaire). Ces efforts sont décisifs pour appréhender et répondre aux enjeux relatifs à la santé humaine et à celle de notre environnement. La pandémie met au premier plan les approches intégrées du développement durable. Un ensemble d'activités qui peuvent paraître indépendantes, comme l'extraction minière, l'expansion des infrastructures, l'agriculture industrielle, la déforestation, ont créé la « tempête parfaite » (« *the perfect storm* ») en permettant le transfert de maladies virales de la vie sauvage aux humains<sup>1</sup>. Cette pandémie a néanmoins un aspect positif en ce qu'elle montre que des changements rapides et profonds des politiques publiques, des comportements individuels et des modes de vie sont possibles.

> L'analyse des interactions entre les ODD est au cœur de l'initiative *Science-Based Pathways for Sustainability* et de l'atelier qui fait l'objet du présent rapport. Celui-ci s'intéresse aux solutions et aux défis de la lutte contre la perte de biodiversité en France métropolitaine en adoptant une approche holistique. Les experts mobilisés ont analysé les liens entre la biodiversité et l'artificialisation des terres, les modes de consommation et de production alimentaires,

l'océan, le système énergétique ou encore les inégalités sociales.

> 2020 est une année clé pour la protection de la biodiversité. Elle marque la fin de la Décennie des Nations unies pour la biodiversité. Tandis que la Convention sur la diversité biologique fait le point sur son Plan stratégique 2011-2020, force est de constater que, malgré des évolutions importantes, la plupart des Cibles d'Aichi ne sont pas atteintes. Le Cadre mondial pour la biodiversité pour l'après 2020, qui doit être approuvé lors de la COP15, sera déterminant. Il succède au premier rapport de l'évaluation mondiale de l'IPBES<sup>2</sup>, qui alerte sur la nécessité de déployer de toute urgence des efforts susceptibles d'entraîner des changements en profondeur pour préserver la biodiversité et de se confronter aux intérêts particuliers qui empêchent de telles transformations. Au niveau européen, au travers du *Green deal* et des stratégies Biodiversité et De la ferme à la fourchette, la Commission envoie des signaux clairs pour que les défis environnementaux soient systématiquement pris en compte dans toutes les politiques européennes.

> Les transformations socio-économiques et politiques transversales sont donc plus que jamais au cœur de la réflexion sur la biodiversité. Notre rapport est le fruit de la réflexion collective d'experts - chercheurs, acteurs publics, du monde de l'entreprise et de la société civile - et ambitionne de contribuer à ces transformations en explorant les options pour préserver la biodiversité en France métropolitaine. En soulignant les interactions entre les ODD et la complexité attachée à la conception de trajectoires nationales ou locales permettant de les atteindre, il se veut aussi une contribution aux discussions sur le Cadre mondial pour la biodiversité pour l'après 2020.

David Giron, CNRS  
Martine Hossaert, CNRS  
Edouard Michel, CNRS  
Aleksandar Rankovic, IDDRI  
Jean-François Silvain, FRB

<sup>1</sup> Settele, J., Díaz S., Brondizio E., Daszak P. (2020): COVID-19 Stimulus Measures Must Save Lives, Protect Livelihoods, and Safeguard Nature to Reduce the Risk of Future Pandemics. <https://ipbes.net/covid19stimulus>

<sup>2</sup> Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques.

# L'ATELIER BIODIVERSITÉ :

## Contexte, objectifs et approche méthodologique

### 1.1 Des scénarios participatifs et normatifs pour analyser les interactions entre Objectifs de développement durable et les transformations

► L'atelier tenu à Tours en octobre 2019 s'inscrit dans l'initiative *Science-Based Pathways for Sustainability* du programme international de recherche *Future Earth*<sup>3</sup>. Cette initiative a pour objectif d'encourager les approches intégrées et prospectives des Objectifs de développement durable (ODD). Il s'agit de mobiliser la diversité des connaissances nécessaires à la construction de scénarios et de trajectoires permettant d'atteindre les ODD « verts » (6-Eau douce, 13-Climat, 14-Océans, 15-Biodiversité terrestre) en explorant leurs interactions (synergies et tensions) avec les autres ODD à diverses échelles spatiales. L'initiative, qui repose notamment sur une série d'ateliers, vise à identifier de nouvelles questions et pratiques de recherche pour avancer dans la compréhension des systèmes socio-écologiques et à informer le débat et les politiques publiques. Les ateliers permettent en effet d'explorer différentes options pour progresser vers les objectifs environnementaux de l'Agenda 2030, et d'analyser les synergies et tensions entre ODD, les transformations sociétales et les incertitudes associées à ces options.

► L'approche méthodologique adoptée dans l'atelier Biodiversité repose sur trois ensembles de travaux : (i) la littérature sur la construction participative de scénarios qualitatifs, (ii) l'analyse des interactions entre les ODD à différentes échelles spatiales, et (iii) l'analyse des transformations sociétales pour un développement durable.

► L'intérêt des scénarios normatifs pour l'analyse des transformations a été largement abordé par la littérature. Contrairement aux scénarios exploratoires, qui envisagent plusieurs avenir possibles à partir d'hypothèses sur l'évolution de facteurs directs et indirects de changement, les approches normatives impliquent un travail rétrospectif partant d'un futur désirable et remontant vers le présent afin d'analyser la faisabilité de ce futur ainsi que les chemins pour y parvenir (Robinson, 1990, 2003, 2011 ; Dreborg, 1996). L'approche normative permet aux acteurs impliqués de fixer collectivement des priorités et de hiérarchiser les solutions envisagées pour les atteindre. Elle est donc particulièrement adaptée à la construction de trajectoires pour réaliser les ODD et est en mesure de contribuer à l'élaboration de politiques publiques qui repose de plus en plus sur la définition de cibles similaires à celles définies par l'Agenda 2030 (Kanter et al., 2016). L'intérêt des scénarios normatifs n'est toutefois pas prescriptif

mais heuristique. Un scénario normatif suppose qu'il est possible d'emprunter une trajectoire de développement durable à un horizon temporel donné ; l'objectif est de mieux comprendre le sens d'un tel développement, les dilemmes, les compromis et les principaux défis qu'une telle trajectoire implique, au travers des transformations et ruptures qu'elle suppose (Paillard et al., 2014).

► Les approches participatives sont fréquemment mobilisées pour construire collectivement des scénarios normatifs de sorte à favoriser une compréhension mutuelle et le croisement de différents types de connaissances (Kishita et al., 2017). À cet égard, la participation de chercheurs et d'acteurs de disciplines et secteurs variés élargit la base de connaissances tout en permettant l'intégration de valeurs et de perspectives ou visions différentes (Durham et al., 2014). Les approches participatives présentent également l'intérêt d'associer diverses parties prenantes aptes à diffuser les résultats de l'exercice de construction de scénario au sein des réseaux concernés (Bohunovsky et al., 2011) et d'encourager l'appropriation du projet par ceux qui sont susceptibles de bénéficier ou d'être affectés par les résultats (Durham et al., 2014). La réponse aux grands défis planétaires tels que le changement climatique ou l'érosion de la biodiversité repose sur une multitude d'acteurs dans différents secteurs. L'interdisciplinarité et l'implication d'acteurs de terrain sont donc particulièrement pertinents pour construire des trajectoires de développement durable (Vervoort et al., 2014). La principale difficulté des approches participatives réside dans la mobilisation d'une diversité d'acteurs concernés, porteurs d'intérêts divergents, en reconnaissant que la représentation égale de toutes les parties prenantes est impossible. À cet égard, la littérature sur les processus participatifs met en évidence la nécessité de prendre en compte la complexité des contextes sociaux – et plus particulièrement les asymétries de pouvoir – au sein desquels ces processus participatifs sont mis en œuvre (Barnaud et Van Paassen, 2013). Dans l'initiative *Pathways*, les trajectoires sont ancrées dans l'expertise mais aussi les valeurs et les visions pour l'avenir des participants (scientifiques et acteurs clés des politiques publiques, de la société civile et du secteur privé) dans le but de favoriser le dialogue et de susciter le débat.

► Tandis que les scénarios sont souvent centrés sur un secteur ou un enjeu, par exemple l'énergie (Kishita et al., 2017), les villes (Bibri, 2018), ou la sécurité alimentaire (Erb et al., 2016 ; Vervoort et al., 2014), l'initiative *Pathways* analyse les interactions entre les enjeux de développement

<sup>3</sup> <https://futureearth.org>

durable. L'Agenda 2030 présente les ODD de manière indépendante mais souligne leur indivisibilité puisque les progrès réalisés vers l'un des objectifs peuvent avoir un impact, positif ou négatif, sur les autres (Singh et al., 2018). La réalisation des ODD repose donc sur la compréhension des interactions complexes qui existent entre eux, à diverses échelles spatiales et temporelles, pour garantir que les progrès de certains secteurs n'entraveront pas les progrès d'autres secteurs (Nilsson et al., 2016). Diverses méthodes ont été utilisées pour explorer ces interactions, notamment l'échelle en sept points du Conseil international de la science (CIS, 2017) ou la classification proposée par Singh (interactions classées en sous-catégories telles que co-bénéfice/ contradiction / neutralité ; prérequis / optionnel ; dépendant / indépendant du contexte) (Singh et al., 2018). Dans l'initiative *Pathways*, l'élaboration de scénarios est étroitement liée à l'évaluation des interactions entre les ODD afin de construire des trajectoires de développement durable qui prennent en compte les synergies et les tensions entre les ODD. Les liens entre les dimensions sociétales et environnementales du développement durable sont mis en lumière en intégrant à la fois les ODD « verts » et les ODD sociétaux dans l'analyse et la construction de scénario (Scharlemann, 2020). Les interactions sont analysées à différentes échelles spatiales puisque les trajectoires nationales ou locales s'inscrivent dans des trajectoires régionales et mondiales (Friis et al., 2016 ; Eakin et al., 2014, Liu et al., 2013 ; Seto et al., 2012).

➤ Enfin, l'initiative *Pathways* est fondée sur l'analyse des transformations. Ce domaine d'étude cherche à identifier et à analyser « les changements fondamentaux qui marquent les dimensions structurelles, fonctionnelles, relationnelles et cognitives des systèmes socio-techniques et écologiques et produisent de nouveaux schémas d'interactions et résultats inédits » (Patterson et al., 2017). Il regroupe notamment les analyses des transitions socio-techniques pour des modes de développement durable (Smith et Stirling, 2010 ; Kemp et Rotmans, 2005 ; Geels, 2002), les études sur le management des transitions (Loorbach, 2007) ou encore sur l'adaptation transformative (Colloff et al., 2017) et la gouvernance transformative (Chaffin et al., 2016). Ces analyses cherchent à comprendre les processus de changements sociétaux qui permettent de réaliser des futurs plus durables et se concentrent sur les trajectoires et leur durabilité, ainsi que sur les dispositifs, les stratégies et les acteurs qui stimulent les transformations des systèmes socio-écologiques.

## 1.2 L'atelier *Pathways* sur la biodiversité en France métropolitaine

➤ L'atelier Biodiversité a réuni une vingtaine de participants à Tours en octobre 2019<sup>4</sup>. Il visait à construire un scénario qui permette d'atteindre l'objectif « Zéro perte nette de biodiversité terrestre en France métropolitaine à l'horizon 2030 ». Le scénario et sa trajectoire<sup>5</sup> ont été construits en tenant compte des synergies et tensions potentielles entre cet objectif pour l'ODD Biodiversité, appelé objectif central, et d'autres ODD. Se faisant, les participants ont été amenés à pondérer l'importance qu'ils accordaient aux différents objectifs dans un processus délibératif. En l'absence de consensus, ils pouvaient choisir de construire plusieurs scénarios. Une redéfinition de l'objectif central était également envisageable si, par exemple, sa réalisation signifiait de mettre au second plan d'autres objectifs auxquels les participants décidaient collectivement d'accorder plus de valeur.

➤ Le travail de construction du scénario pour la biodiversité inclut l'atelier lui-même mais aussi sa préparation et le travail de synthèse et de consolidation de ses résultats (Figure 1.1). En amont, un comité scientifique a été chargé de préciser le cadre des réflexions de l'atelier et de définir l'objectif central qui serait proposé aux participants<sup>6</sup>. Il s'agissait de retenir un objectif normatif faisant consensus au sein de la communauté scientifique. Le comité scientifique a retenu l'objectif « Zéro perte nette de biodiversité ». Celui-ci fait l'objet d'un consensus tant scientifique que politique et est inscrit dans la stratégie nationale pour la biodiversité à l'horizon 2030 (MTES, 2018). L'horizon 2030, qui tient au cadre de l'Agenda 2030, est proche et donc très contraignant pour imaginer un futur radicalement différent du présent. Pour desserrer cette contrainte le comité scientifique a défini une vision à 2050 de sorte que l'objectif à 2030 puisse être considéré par les participants comme une étape vers la réalisation d'une vision plus ambitieuse. La vision à 2050, « vivre en harmonie avec la nature », de la Convention sur la diversité biologique (CDB) a été retenue. Selon cette vision, « d'ici à 2050, la diversité biologique est valorisée, conservée, restaurée et utilisée avec sagesse, en assurant le maintien des services fournis par les écosystèmes, en maintenant la planète en bonne santé et en procurant des avantages essentiels à tous les peuples » (CDB, 2018).

➤ Le comité scientifique a ensuite procédé à l'analyse du système pour lequel l'atelier devait permettre d'explorer un futur possible au travers de la construction d'un scénario. Il s'agissait tout d'abord d'analyser les grandes tendances passées et présentes relatives à l'érosion de la biodiversité en France et aux facteurs de cette érosion. Une

<sup>4</sup> L'atelier de Tours sur la biodiversité est le premier d'une série de trois ateliers tenus en France. Les deux autres ont pris comme point d'entrée respectivement l'eau douce et les terres.

<sup>5</sup> Un scénario décrit un futur plausible dans toutes ses dimensions biophysiques et sociétales et la trajectoire qui permet d'y parvenir. Une trajectoire est composée des transformations, étapes, et actions nécessaires à la réalisation du scénario.

<sup>6</sup> Le comité scientifique a notamment décidé de retenir l'échelle de la France métropolitaine considérant que les enjeux associés à la biodiversité dans les outre-mer demandaient une réflexion spécifique. Un travail sur et avec les acteurs des outre-mer complètera celui réalisé sur la France métropolitaine.

synthèse de cette analyse est présentée dans la section 2 de ce document. Par ailleurs, le comité scientifique a sélectionné les ODD sur lesquels les discussions de l'atelier seraient centrées. Deux ensembles d'ODD ont été distingués (Figure 1.2). Le premier regroupe les ODD parmi les plus déterminants pour l'évolution des facteurs directs d'érosion de la biodiversité<sup>7</sup> en France métropolitaine à l'horizon 2030. Le second considère des ODD pour lesquels l'atteinte de l'objectif aura des implications majeures. Ce choix d'ODD, et donc des thématiques de l'atelier, a permis d'établir la liste de participants, qui a été élaborée sur la base de trois principes. D'une part, les principaux champs

d'expertise scientifique et de terrain nécessaires à l'analyse des interactions entre les ODD sélectionnés pour l'atelier devaient être réunis. D'autre part, il s'agissait de bénéficier de la présence d'acteurs dont les stratégies seraient déterminantes pour l'atteinte de l'objectif<sup>8</sup>. Enfin, les participants, en nombre limité, ne pouvaient pas représenter l'ensemble des expertises et des acteurs concernés par les enjeux relatifs à la biodiversité en France métropolitaine. C'est donc moins l'exhaustivité et la représentativité qui a été recherchée que la diversité des expertises et des visions pour l'avenir.

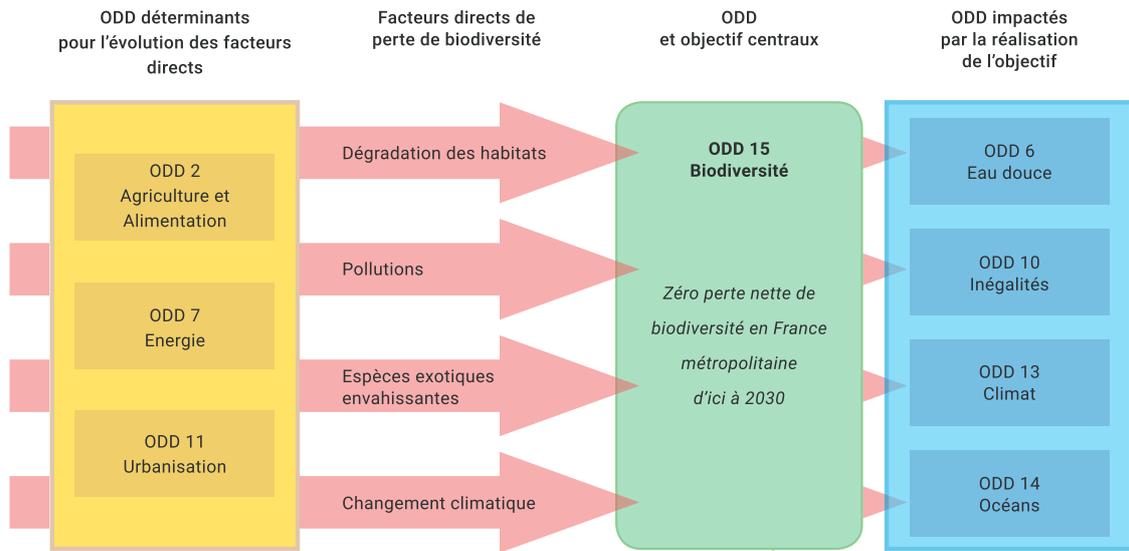
**Figure 1.1**  
Étapes de construction du scénario pour la biodiversité



<sup>7</sup> Nous reprenons la distinction faites par la Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques (IPBES) entre facteurs directs et indirects d'érosion de la biodiversité. « Les facteurs directs de changement de la nature ayant eu les incidences les plus lourdes à l'échelle mondiale sont, par ordre décroissant : la modification de l'utilisation des terres et des mers, l'exploitation directe des organismes, les changements climatiques, la pollution et les espèces exotiques envahissantes. Ces cinq facteurs directs découlent d'un ensemble de causes sous-jacentes, les facteurs indirects de changement, qui reposent à leur tour sur des valeurs sociales et des comportements incluant les modes de production et de consommation, la dynamique et les tendances démographiques, le commerce, les innovations technologiques et la gouvernance depuis le niveau local jusqu'au niveau mondial » (IPBES, 2019).

<sup>8</sup> Le comité scientifique a cherché à bénéficier de la présence d'autant de chercheurs que d'acteurs sociétaux. Le taux de réponses positives s'est avéré légèrement supérieur pour les chercheurs si bien que l'atelier a réuni 13 chercheurs et 7 acteurs sociétaux.

Figure 1.2 Objectif du scénario, facteurs directs de perte de biodiversité et ODD étudiés

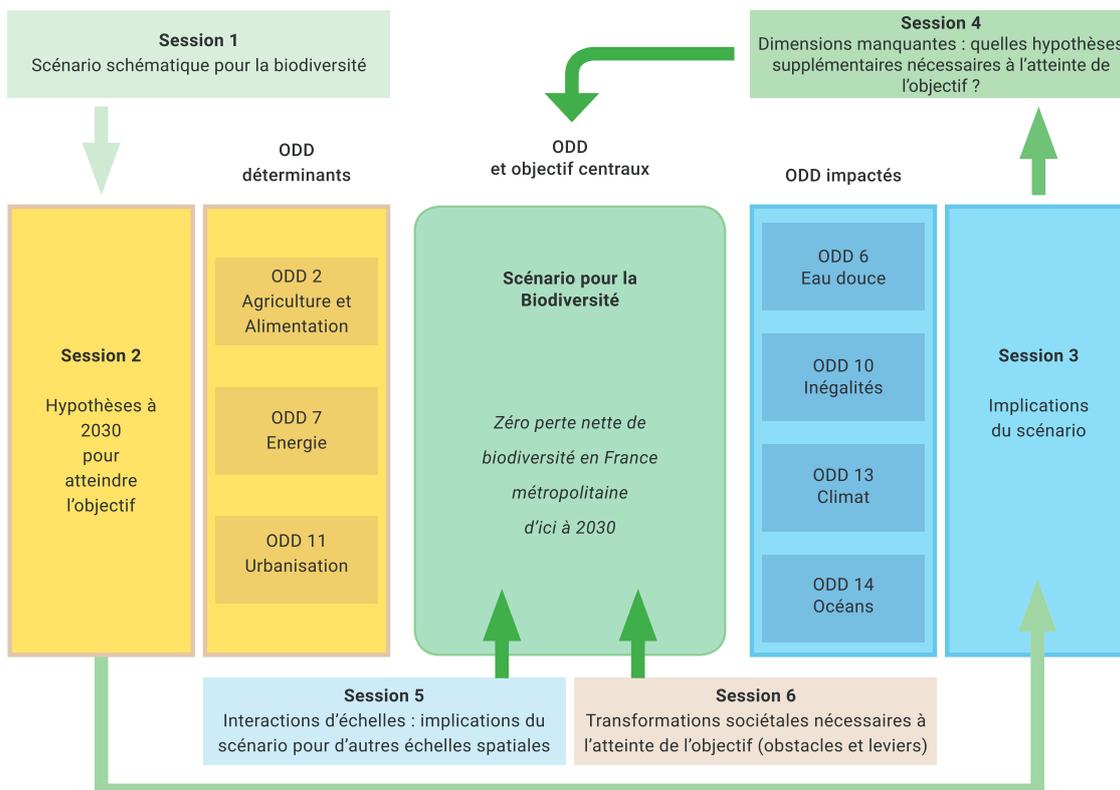


Note : Les facteurs associés à la modification de l'utilisation des terres et à l'exploitation directe des organismes sont regroupés dans les facteurs de dégradation des habitats.

➤ L'atelier s'est déroulé en six sessions (Figure 1.3). Un scénario schématique a été élaboré lors de la première session ; il fait l'objet de la section 3 du présent document. Il a été affiné, au fur et à mesure des deux sessions suivantes, grâce à l'analyse des principales synergies et tensions entre l'objectif central et chacun des autres ODD étudiés (Sections 4 à 7). Ainsi, le scénario schématique, initialement composé d'hypothèses centrées sur la biodiversité, s'est progressivement enrichi d'hypothèses d'évolution relatives à d'autres ODD. Pendant la quatrième session, les participants ont identifié des dimensions manquantes à leur scénario. Certaines hypothèses d'évolution n'ont pas fait consensus ou bien les participants ont considéré qu'ils n'avaient pas l'expertise nécessaire pour faire de telles hypothèses. Les hypothèses sur lesquelles les participants n'ont pas statué révèlent des points de controverses souvent liées aux tensions entre objectifs, ou des besoins de recherche quand les implications de la poursuite de l'objectif « Zéro perte nette de biodiversité » pour d'autres ODD s'avéraient incertaines et mal connues. Le scénario et ses principales hypothèses, ainsi qu'une analyse des incertitudes qui le caractérisent et de ses dimensions manquantes sont présentées en section 8.

➤ Lors de la cinquième session, les participants ont identifié les principales implications de leur scénario pour d'autres échelles spatiales. Il s'agissait notamment de comprendre comment la poursuite de l'objectif à l'échelle de la France métropolitaine altère ou renforce la capacité des acteurs à d'autres échelles spatiales (pays, régions du monde ou échelle planétaire) à atteindre les ODD. Cette séquence, présentée dans la section 9, pouvait amener les participants à adapter ou à enrichir encore leur scénario pour tenir compte des interactions d'échelle.

Figure 1.3 Déroulement de l'atelier



> La trajectoire associée au scénario a fait l'objet de la sixième et dernière session, présentée dans la section 10. Il s'agissait d'analyser les transformations sociétales nécessaires à la réalisation du scénario. A cette fin, le cadre *vrk* (*values, rules, knowledge*) développé par TARA (*Transformative Adaptation Research Alliance*<sup>9</sup>) a été mobilisé. Les transformations trouvent leur origine dans les processus de prise de décision, que ce soit dans les sphères sociale, économique ou politique. Ces processus sont contraints par les préférences des décideurs, le contexte institutionnel dans lequel ils évoluent et leur compréhension du monde (Lavorel et al., 2019 ; Colloff et al., 2017). S'inspirant du cadre *vrk*, les participants ont cherché à identifier les éléments des cadres décisionnels qui permettraient l'émergence de nouvelles options et la réalisation des transformations qu'ils considéraient indispensables à la réalisation du scénario pour la biodiversité.

<sup>9</sup> <https://research.csiro.au/tara/>

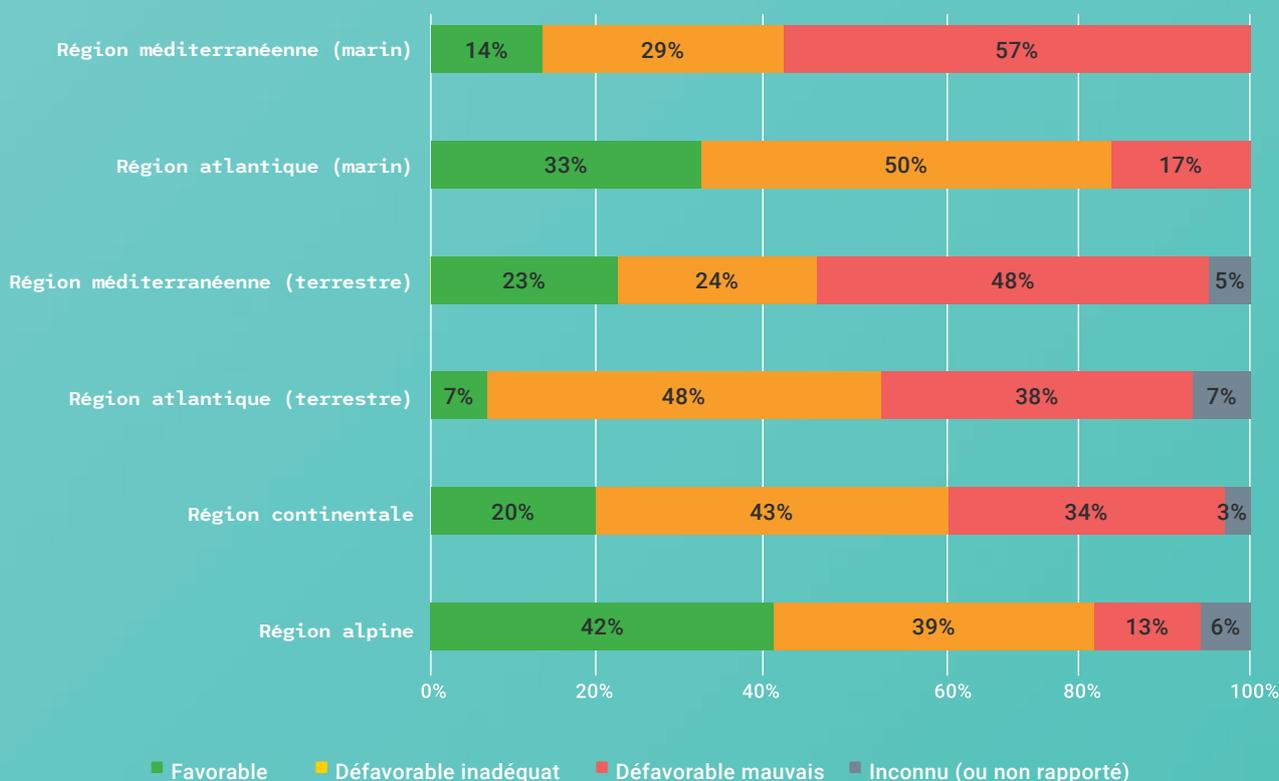
## 2.

# PRINCIPAUX ENJEUX ET FACTEURS DE PERTE DE BIODIVERSITÉ EN FRANCE

► Dotée d'un patrimoine naturel exceptionnellement riche, la France est un pays « mégadivers ». La France métropolitaine comporte quatre régions biogéographiques (continentale, alpine, méditerranéenne et atlantique) et ses territoires d'outre-mer s'étendent sous de nombreuses latitudes. Parmi les cinq réservoirs de biodiversité reconnus par le WWF<sup>10</sup> et l'UICN<sup>11</sup> en France, quatre se trouvent dans les territoires d'outre-mer. La géographie insulaire de ces territoires rend leur biodiversité hautement vulnérable. Par exemple, la liste rouge de la flore vasculaire de la Réunion comprend 49 espèces déjà éteintes et 275 menacées

d'extinction sur 905 espèces de plantes analysées (CDB, 2019a). Pour la France métropolitaine uniquement, comme le montre une analyse de l'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire sur la période 2013-2018, la biodiversité est hautement vulnérable, avec une majorité d'habitats se trouvant dans un état défavorable ou dégradé (ONB, 2019) (Figure 2.1). Les principaux facteurs de vulnérabilité des écosystèmes et de perte de biodiversité en France, et dans le monde en général, sont les changements d'utilisation des sols, les pollutions, le changement climatique et l'incidence des espèces exotiques envahissantes (CDB, 2014)<sup>12</sup>.

Figure 2.1 Etat de conservation des habitats d'intérêt communautaire par région géographique en France métropolitaine



Note : Résultats tous types d'habitat confondus. Source : MNHN (SPN), 2013

<sup>10</sup> World Wildlife Fund.

<sup>11</sup> International Union for Conservation of Nature.

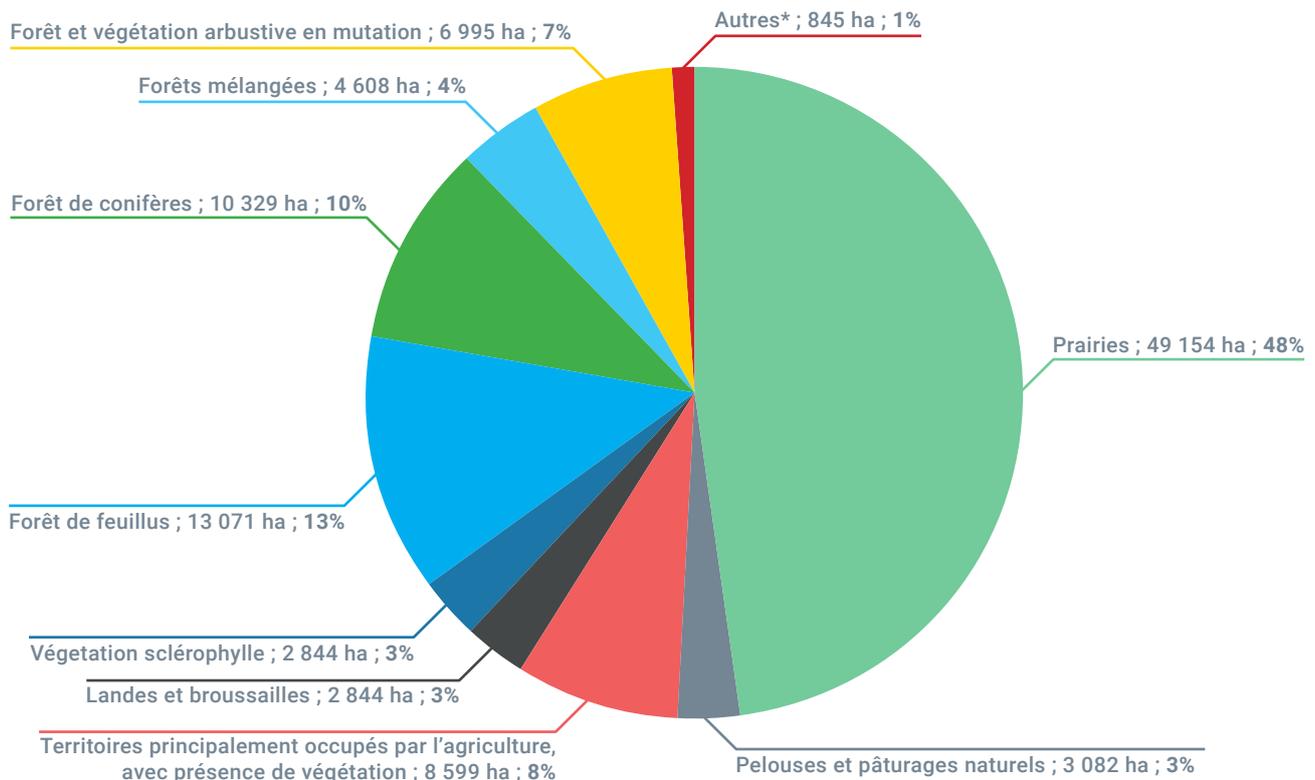
<sup>12</sup> Une revue de la littérature plus complète, consacrée à l'état des écosystèmes et aux facteurs de perte de biodiversité en France métropolitaine, préparée en amont de l'atelier, est disponible au lien suivant : <https://futureearth.org/initiatives/earth-targets-initiatives/science-based-pathways/>

## 2.1 Changements d'usage et de couverture des sols

➤ Les changements d'usage et de couverture des sols sont et resteront probablement un facteur majeur d'érosion de la biodiversité à travers la dégradation, la fragmentation et la perte d'habitats (IPBES, 2019 ; Bartlett et al., 2016). Les principaux facteurs de changements d'usage et de couverture des sols en France comprennent les activités agricoles et l'artificialisation des sols due à l'urbanisation. L'intensification de l'agriculture en France s'est traduite par une vulnérabilité génétique et une érosion de la diversité des écosystèmes agricoles (CDB, 2008). L'artificialisation des sols pour les infrastructures telles que les routes, ou pour les bâtiments industriels, agricoles ou d'habitation a des effets négatifs marqués sur la santé des écosystèmes (Figure 2.2). Comme le montre l'enquête Teruti-Lucas,

la surface totale des sols artificialisés a progressé de 3 millions d'hectares en 1981 à 5,1 millions d'hectares en 2014. Selon la base de données CORINE Land Cover de 2012, les surfaces artificialisées représentent 5,3 % du territoire métropolitain total, soit un taux légèrement supérieur à la moyenne européenne. Parallèlement à la dégradation, la fragmentation et la perte directe d'habitats causées par l'artificialisation des sols, l'effet d'îlot de chaleur et le ruissellement urbains affectent également la santé et la vulnérabilité des espèces. De plus, l'étalement urbain perturbe les habitats voisins, notamment au travers de la pollution sonore causée par le trafic routier qui affecte le comportement et les activités des espèces (Forman, 2000).

Figure 2.2 Zones naturelles détruites par l'artificialisation des sols entre 1990 et 2012 en France métropolitaine



Note : \*Autres : Plages ; Dunes de sable ; Roches nues ; Végétation clairsemée ; Marais intérieurs ; Marais maritimes ; Marais salants.

Source : UE-SOeS, CORINE Land Cover

## 2.2 Pollution

➤ La pollution prend de nombreuses formes (atmosphérique, lumineuse et sonore, contamination des sols et déchets non traités) et peut avoir divers impacts sur la biodiversité. L'agriculture, les industries et l'urbanisation sont autant de sources majeures de pollution anthropique. Les pesticides utilisés dans l'agriculture sont une des principales causes du déclin de la biodiversité dans les paysages agricoles. Les polluants peuvent affecter directement les écosystèmes, et menacer indirectement la biodiversité à travers l'impact du changement climatique. La pollution de l'air peut perturber la biodiversité et le fonctionnement d'un écosystème en modifiant la diversité génétique d'une population et/ou en appauvrissant la production végétale et la reproduction des populations (Barker et Tingey, 1992). L'utilisation généralisée de lumières artificielles, en particulier la nuit, peut dérégler les rythmes circadiens des animaux, des insectes et des plantes (Hölker et al., 2010). Les sons produits par les activités humaines constituent une autre source de pollution agissant sur la santé des écosystèmes en inhibant la communication animale et en bouleversant leur reproduction et leur utilisation de l'espace (Drolet et al., 2016 ; Sun et Narins, 2005). La pollution par les nutriments dans les écosystèmes des sols peut affaiblir la diversité des espèces végétales et affecter indirectement la faune qui en dépend. Dans le nord de la France, par exemple, la pollution par l'excès d'apport en nutriment lié à l'agriculture est une cause majeure de déclin de la biodiversité (Jeffery et al., 2010).

➤ Les cours et les nappes d'eau sont menacés par les pollutions diffuses d'origine agricole, ainsi que par le rejet d'eaux usées partiellement traitées. En 2015, seuls 44 % des masses d'eau de surface analysées en France métropolitaine se trouvaient dans « un bon ou très bon état écologique », et 69 % des masses d'eau souterraine étaient dans un « bon état chimique » (Blard-Zakar et Michon, 2018). Les principaux facteurs de pollution du milieu aquatique des eaux intérieures sont les nitrates et les pesticides liés aux pratiques agricoles. L'industrialisation et l'urbanisation représentent également une source importante de contamination et de pollution des écosystèmes des eaux souterraines et des sols (Panagos et al., 2013).

## 2.3 Changement climatique

➤ Le changement climatique fait peser une menace existentielle sur les écosystèmes et la biodiversité. La hausse des températures moyennes, les phénomènes météorologiques extrêmes, la baisse et la variabilité des précipitations vont selon toute vraisemblance avoir des conséquences de plus en plus graves en Europe et partout dans le monde (Stocker et al., 2013 ; Trömel & Schönwiese, 2007 ; Meehl et al., 2000). Les simulations climatiques du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) prévoient une augmentation des précipitations dans les régions de l'Europe du Nord et une diminution probable dans les régions d'Europe méridionale et du bassin méditerranéen (Jacob et al., 2014). La situation géographique de la France,

entre l'Europe du Nord et du Sud, complexifie la prévision des tendances des précipitations. Toujours est-il que la hausse des températures de l'air pourrait renforcer l'évapotranspiration et créer ainsi un déficit d'eau dans les sols susceptible d'exacerber la pression sur les ressources hydriques du fait de besoins accrus d'irrigation (Calvet et al., 2008). Avec sept années les plus chaudes depuis 1901 enregistrées au cours de la dernière décennie et des températures ayant déjà augmenté de 0,9 degré Celsius par rapport au siècle dernier, le changement climatique et ses impacts sont déjà perceptibles en France. Dans l'ensemble du territoire métropolitain, les températures minimales ont plus grimpé que les températures maximales tandis que les températures moyennes des régions méridionales ont connu une hausse particulièrement marquée (AEE, 2015).

➤ Thuiller et al. (2005) ont montré que plus de 80% des espèces végétales qu'ils ont étudiées pourraient être vulnérables ou menacées par le changement climatique d'ici à 2080. La perte d'espèces est très variable selon les scénarios climatiques (de 27 à 42% en moyenne en Europe) et selon les régions européennes (de 2,5 à 86% en moyenne des scénarios). Les régions alpine et méditerranéenne françaises font partie des zones les plus sensibles en Europe (ibid). Les écosystèmes montagneux sont particulièrement menacés. Dans le massif du Mont Blanc, par exemple, le nombre de jours sans neige à une altitude de 2 500 mètres a progressé de 25 % sur la période 2005-2015 par rapport à la période 1964-1975 (CREA Mont-Blanc, 2019).

## 2.4 Espèces exotiques envahissantes

➤ L'introduction d'espèces exotiques, définies par la CDB comme les espèces dont « l'introduction et/ou la dissémination menacent la diversité biologique », a explosé au cours des deux dernières décennies, stimulée par le développement du commerce et du transport de voyageurs et d'autres facteurs d'origine anthropique (Hulme, 2009 ; CDB 2019b). Pour la majorité des groupes biologiques, la France compte le plus grand nombre d'espèces exotiques envahissantes en Europe, avec 1 379 espèces de plantes exotiques et 708 espèces d'animaux exotiques listées en France métropolitaine (écrevisse de Louisiane, ragondin, ouaouaron, etc.) par l'Inventaire national du patrimoine naturel (DAISIE, 2009). La période 1979-2018 a vu une hausse notable de la présence d'espèces exotiques envahissantes dans tous les départements de la France métropolitaine par rapport à la période 1949-1978 (ONB, 2018). En outre, en raison de leur situation géographique particulière, les territoires français d'outre-mer sont particulièrement vulnérables aux pertes de biodiversité indigène dues aux espèces exotiques envahissantes.

➤ Le changement climatique exacerbe les problèmes causés par les espèces exotiques envahissantes, notamment à travers l'évolution significative de la répartition des insectes au cours des 30 dernières années. Parallèlement, l'essor des espèces exotiques envahissantes est en partie imputable aux changements d'usage et de couverture des sols. Les fourmis de feu (*Solenopsis invicta* Buren) sont ainsi bien plus susceptibles de s'adapter et de proliférer sur le bord des routes et dans les environnements agricoles que dans des forêts intactes (CDB, 2019b).

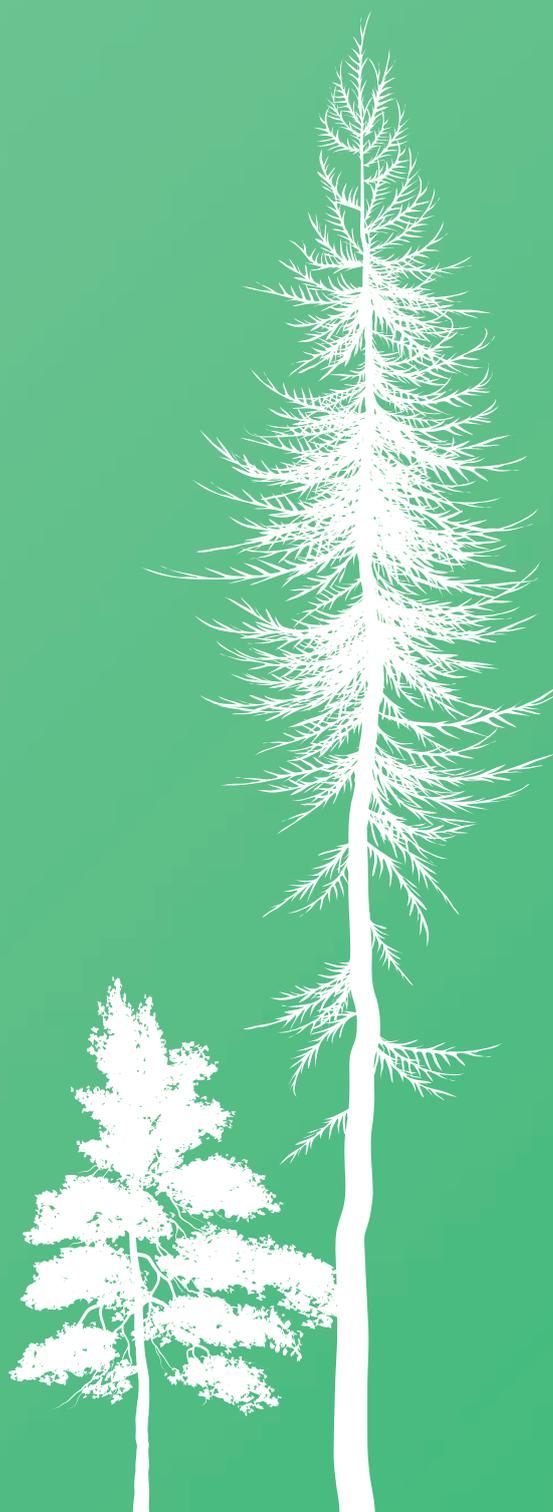
# SCÉNARIO SCHÉMATIQUE POUR « ZÉRO PERTE NETTE DE BIODIVERSITÉ »

➤ Deux grandes stratégies de protection de la biodiversité sont fréquemment opposées : une stratégie de spécialisation des espaces (*land sparing*), et une stratégie de multifonctionnalité des espaces (*land sharing*). L'opposition entre *land sparing* et *land sharing* (LSLS) a été mise en avant pour la première fois en 2005, afin d'évaluer la capacité de différents paysages agricoles à conserver la diversité des espèces sauvages (Green et al., 2005 ; Balmford et al., 2005). La stratégie de *land sparing* permet une production agricole intensive sur un espace donné de sorte à maintenir la surface des espaces naturels riches en biodiversité. La stratégie de *land sharing*, quant à elle, combine les objectifs de protection de la biodiversité et de production alimentaire sur un même territoire. Ce modèle visait à l'origine à quantifier les impacts de différents schémas agroenvironnementaux sur la biodiversité en comparant la densité de population de chaque espèce pour estimer la qualité de l'habitat (Phalan et al., 2011 ; Hodgson et al., 2010 ; Green et al., 2005). Initialement utilisé pour évaluer les gains en termes de conservation de la biodiversité à une petite échelle spatiale, le modèle LSLS a été depuis utilisé pour évaluer l'impact de diverses configurations spatiales sur la conservation de la biodiversité à plus grande échelle (Grau et al., 2013), y compris en milieu forestier et urbain (Phalan et al., 2011 ; Perfecto et Vandermeer, 2010 ; Green et al., 2005).

➤ Le modèle LSLS a fait l'objet de nombreuses critiques. La controverse concerne principalement les moyens de quantifier la biodiversité et le fait que les effets d'échelle, la connectivité écologique, l'équilibre homme-nature, la sécurité alimentaire et la rareté des terres sont des notions dont le modèle ne tient pas suffisamment compte (Fischer et al., 2013). Par exemple, même de grandes surfaces de terres inutilisées peuvent être insuffisantes pour maintenir des populations viables d'espèces sauvages à long terme, si la migration des espèces du paysage environnant n'est pas possible (Halley et al., 2016). Par conséquent, un cadre LSLS nécessite également d'étudier les moyens de connecter les habitats entre eux et d'améliorer la diversité (Renwick et Schellhorn, 2016).

➤ Le scénario schématique « Zéro perte nette de biodiversité à l'horizon 2030 » élaboré pendant l'atelier combine les deux stratégies de *land sharing* et *land sparing*. Les zones à forts enjeux de conservation de la biodiversité bénéficient d'une protection forte. En dehors de ces zones, un gradient d'écologisation plus ou moins intense est privilégié selon les caractéristiques écologiques et sociales des territoires. Une agriculture et une gestion forestière

durables, ainsi qu'une végétalisation des milieux urbains sont partout privilégiées avec des exigences plus ou moins fortes selon les territoires. La mise en place d'un réseau écologique permet de lutter contre la destruction et la fragmentation des milieux en supprimant les obstacles qui contraignent le mouvement des espèces. Elle repose sur des outils tels que la trame verte et bleue et les infrastructures écologiques.



# 4.

## ÉNERGIE ET BIODIVERSITÉ

### 4.1 Interactions entre ODD Biodiversité et Énergie et scénario de référence

➤ Les principales interactions entre les facteurs directs d'érosion de la biodiversité et les cibles de l'ODD 7 - Énergie révèlent les synergies et tensions entre cet ODD et l'ODD 15 - Biodiversité. Parmi les cibles de l'ODD 7, la cible d'accroissement de la part des énergies renouvelables dans le bouquet énergétique (cible 7.2) et celle d'amélioration de l'efficacité énergétique (cible 7.3) ont des implications majeures pour la biodiversité à l'échelle de la France métropolitaine, comme l'illustre le tableau 4.1. Ces cibles sont au cœur du scénario négaWatt qui a servi de référence pour analyser les implications de la transition énergétique pour la biodiversité (négaWatt, 2017). Ce scénario normatif propose une trajectoire dans laquelle la France parvient, en 2050, non seulement à une décarbonation complète de son système énergétique mais aussi à une sortie du nucléaire (Encadré 4.1).

### 4.2 Transition énergétique et biodiversité : synergies, tensions et incertitudes

➤ Les objectifs d'efficacité mais aussi de sobriété énergétiques, qui constituent deux des trois piliers du scénario négaWatt, renforcent l'objectif « Zéro perte nette de biodiversité ». Les synergies tiennent non seulement aux effets positifs de l'efficacité et de la sobriété énergétiques sur l'atténuation du changement climatique, en réduisant la demande totale d'énergie finale et donc la quantité de GES émis par le secteur énergétique, mais aussi à leurs effets de limitation de la dégradation des habitats et des pollutions.

➤ La cible d'augmentation de la part des énergies renouvelables dans le mix énergétique, qui est le troisième pilier du scénario négaWatt, a des effets mitigés et parfois incertains sur la biodiversité. Ces effets dépendent beaucoup du contexte de déploiement des énergies renouvelables, c'est-à-dire des sites choisis et de la taille des installations,

**Tableau 4.1 Exemples d'interactions entre les cibles de l'ODD 7 et la lutte contre l'érosion de la biodiversité**

Facteurs directs d'érosion de labiodiversité	Cible 7.2 : Part des énergies renouvelables	Cible 7.3 : Efficacité génétique
Dégradation des habitats	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Les parcs solaires peuvent fragmenter les habitats, gêner les déplacements des espèces et réduire la disponibilité en nourriture</li> <li>➤ Mortalité des oiseaux et chauve-souris par collision avec des éoliennes</li> <li>➤ Un barrage peut empêcher la migration des poissons</li> <li>➤ La transformation d'une rivière en réservoir artificiel pour produire de l'énergie hydraulique modifie les hauteurs d'eau, la composition chimique, la température de l'eau et sa teneur en oxygène dissous</li> <li>➤ La production d'énergie issue de la biomasse peut entraîner directement et indirectement des changements d'usage des terres et donc des dégradations des habitats</li> </ul> <p><i>Principalement des interactions négatives, très dépendantes du contexte de déploiement des énergies renouvelables : sites, taille des installations, processus de production des équipements et matériaux utilisés</i></p>	Interactions positives
Pollutions	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Pollutions sonores des éoliennes</li> <li>➤ Possibles réductions de la pollution atmosphérique quand les énergies renouvelables se substituent aux énergies fossiles</li> </ul> <p><i>Interactions négatives ou positives dépendantes du contexte de déploiement des énergies renouvelables</i></p>	
Changement climatique	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Possibles réductions des émissions de GES quand les énergies renouvelables se substituent aux énergies fossiles</li> </ul> <p><i>Interactions généralement positives, dépendantes du contexte de déploiement des énergies renouvelables</i></p>	
Espèces exotiques envahissantes	Neutre	Neutre

ainsi que des processus de production des infrastructures, notamment des matériaux utilisés (Gasparatos et al., 2017). D'une façon générale, les impacts des technologies et systèmes de production d'énergies renouvelables existantes et émergentes, tout au long de leurs cycles de vie, tant sur les émissions de gaz à effet de serre (GES) que sur la biodiversité restent mal évalués. L'essor du solaire tel qu'imaginé dans négaWatt, c'est-à-dire sans concurrence d'usage des terres, a peu d'impacts directs négatifs sur la biodiversité. Toutefois, les stratégies de développement des énergies renouvelables en France, notamment pour l'énergie solaire, ont jusqu'à présent favorisé la production par les grands groupes du secteur de l'énergie plutôt que par les utilisateurs finaux. Ceci s'est traduit par le développement de grands parcs solaires dont l'impact sur la biodiversité, au travers de la dégradation des habitats, peut être plus prononcé. De même, le maintien des niveaux de production d'énergie hydraulique peut constituer un obstacle à la restauration des cours d'eau. Enfin, la production d'énergie éolienne a des effets perturbateurs sur la biodiversité, notamment pour la faune volante, avifaune et chiroptère (Barré, 2017), au travers des pollutions sonores et de la dégradation des habitats. Éviter les sites présentant des enjeux forts comme les voies de migration, réduire l'aire d'assemblage ou adopter des mesures de compensation au travers du développement d'infrastructures agroécologiques

sont des exemples de solutions mises en place pour réduire les effets néfastes des éoliennes sur la biodiversité (Barré, 2017 ; Tosh et al., 2014).

➤ C'est probablement l'ampleur de l'augmentation de la biomasse dans le mix énergétique de négaWatt qui pose le plus question du fait de ses impacts potentiels sur les habitats et des risques de surexploitation des ressources naturelles. Dans négaWatt, les biocarburants de première génération sont abandonnés. L'énergie issue de la biomasse provient, pour l'essentiel, de sous-produits d'autres secteurs (bois-énergie comme sous-produit de la filière bois-matériaux, bois de haie, méthanisation des résidus de culture et des couverts végétaux, des déjections de l'élevage et des déchets organiques). L'objectif est d'éviter les concurrences d'usages des terres à des fins de production d'énergie, de production alimentaire et de préservation des écosystèmes. Or, la disponibilité en quantité suffisante de ces sous-produits pour répondre à l'ambition de négaWatt en termes de production d'énergie à partir de la biomasse apparaît incertaine. Les niveaux de production de méthane envisagés pourraient se traduire par une restitution insuffisante de matière organique dans les sols. L'essor des filières bois-énergie et bois-matériaux interroge sur la possibilité de développer les filières bois sans impact sur la biodiversité.

#### Encadré 4.1 NégaWatt comme scénario énergétique de référence

➤ Le scénario négaWatt a été construit pour la France à l'horizon 2050. Il se fonde sur trois piliers : la sobriété et l'efficacité énergétiques, avec une réduction de la demande en énergie finale de 25% en 2030 et de 50% en 2050, et un mix énergétique avec 100% d'énergies renouvelables en 2050. Les vecteurs gaz et électricité représentent plus de 70% de l'énergie finale et le stockage sous forme de méthane de synthèse<sup>13</sup> se développe. Avec les « puits de carbone » agricoles et forestiers compensant les émissions résiduelles, ces transformations permettent à la France de devenir neutre en carbone en 2050.

➤ L'éolien est la première source d'électricité en 2050. La production éolienne terrestre, et dans une moindre mesure en mer, croît de façon très soutenue, fournissant 123 TWh en 2030 et 247 TWh en 2050<sup>14</sup>, avec un développement progressif des éoliennes dites de nouvelle génération, plus fortement toileées et adaptées à des vents plus faibles.

➤ Le solaire connaît un essor important comme source d'électricité avec des installations allant de panneaux photovoltaïques sur des maisons individuelles à de grands parcs solaires sur des friches industrielles ou

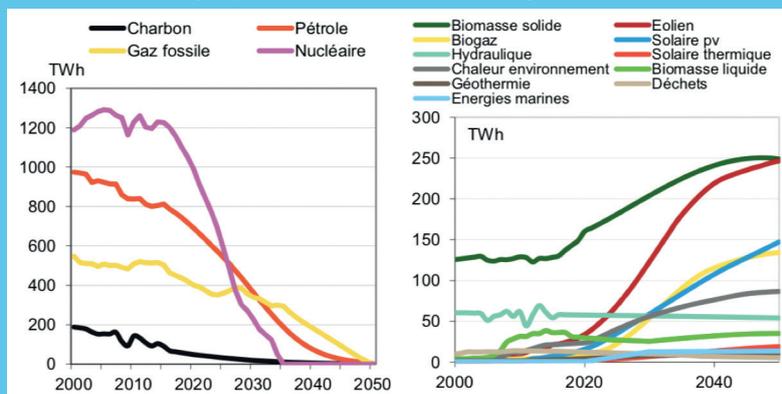
des terrains délaissés et impropres à l'agriculture.

➤ La production d'énergie hydraulique reste stable, la moindre disponibilité de la ressource en eau due au changement climatique étant compensée par la modernisation des ouvrages existants sans porter atteinte à la biodiversité.

➤ La biomasse (solide, liquide et biogaz) devient la première source d'énergie sans créer de concurrence d'usage des terres. Le bois utilisé pour l'énergie provient essentiellement de matières dérivées d'autres usages (bois d'œuvre notamment). Le biogaz est produit à partir de résidus de culture, de déjections de l'élevage, de bio-déchets et de couverts végétaux (méthanisation).

➤ En 2035, le dernier réacteur nucléaire est fermé et en 2050 pétrole, gaz fossile et charbon ont disparu du paysage énergétique français. Le scénario « ne fait appel de manière significative qu'à des technologies aujourd'hui suffisamment matures pour être certain qu'elles seront disponibles à temps, en quantité suffisante, à un coût abordable et avec des impacts acceptables ».

Mobilisation des ressources énergétiques fossiles et fissiles et des énergies renouvelables dans le scénario négaWatt



Source : adapté de négaWatt, 2017

<sup>13</sup> Selon le principe « power to gas », les excédents d'électricité provenant d'énergies renouvelables sont convertis en hydrogène par électrolyse puis en méthane de synthèse par méthanisation.

<sup>14</sup> Cette augmentation correspond à la continuation des tendances actuelles pour l'éolien : entre 2015 et 2019, la capacité installée a augmenté de 54% atteignant 16019 MW en septembre 2019 (Observ'ER, 2019) et la production d'électricité éolienne a augmenté de 25% entre 2016 et 2018 (Observ'ER, 2019 ; 2017).

# 5.

## AGRICULTURE & ALIMENTATION ET BIODIVERSITÉ

### 5.1 Interactions entre ODD Biodiversité et Agriculture & alimentation et scénarios de référence

► Parmi les cibles de l'ODD 2, les cibles d'alimentation suffisante, saine et nutritive, d'augmentation des revenus des agriculteurs, d'agriculture durable et résiliente et de préservation de la diversité génétique peuvent avoir des implications majeures pour la biodiversité à l'échelle de la France métropolitaine, comme l'illustre le tableau 5.1. Ces cibles sont au centre de différentes options de transition vers des systèmes agricoles plus durables, comme l'intensification durable ou écologique (Pretty, 1997) qui cherche à améliorer l'efficacité dans l'usage des ressources et des intrants<sup>15</sup> ou l'agro-écologie (Altieri, 1989). Cette dernière met l'accent sur la préservation de la biodiversité et vise à « maximiser l'usage des processus écologiques dans le fonctionnement des agroécosystèmes » (Poux et Aubert, 2018).

► Alors que l'intensification écologique cherche à économiser les intrants, y compris les terres (Balmford et al., 2005), l'agro-écologie correspond mieux à notre scénario schématique pour la biodiversité, dans lequel une agriculture soucieuse de préserver la biodiversité est partout privilégiée, à l'exception des zones à forts enjeux de conservation qui bénéficient d'une protection forte avec peu ou pas d'activités agricoles. Deux scénarios de transition agro-écologique à l'horizon 2050, Afterres2050 et TYFA, ont donc servi de référence pour analyser les implications de cette transition pour la biodiversité (Poux et Aubert, 2018 ; Solagro, 2016) (Encadrés 5.1 et 5.2). Ces deux scénarios répondent aux mêmes grands enjeux. En 2050, l'agriculture, à l'échelle européenne dans TYFA ou française dans Afterres2050, contribue à la préservation de la biodiversité et des ressources en eau ; elle est davantage résiliente au changement climatique et participe à son atténuation. La transition agro-écologique se traduit dans ces scénarios par une baisse, plus marquée que dans les scénarios tendanciels, des rendements, de la production et des exportations de produits agricoles<sup>16</sup>. Toutefois, l'agriculture fournit une alimentation suffisante à la population européenne ou française et, dans Afterres2050, l'emploi agricole est maintenu alors que les scénarios tendanciels prévoient une baisse du nombre d'exploitations et d'emplois agricoles<sup>17</sup>. Ces résultats reposent en grande partie sur une hypothèse forte de transformation des modes de consommation et des régimes alimentaires, qui souligne les synergies entre une agriculture respectueuse de l'environnement et une alimentation plus en phase avec les recommandations nutritionnelles.

<sup>15</sup> Initialement centré sur la capacité de l'agriculture à produire davantage avec moins d'intrants (Lang et Barling, 2012 ; Mueller et al., 2012), le concept d'intensification écologique a progressivement intégré d'autres dimensions comme la qualité sanitaire et nutritionnelle des aliments (Smith, 2013), le maintien des capacités à long terme des terres à produire de l'alimentation et d'autres services (Garnett et al., 2013), la durabilité sociale et éthique (Buckwell, 2014).



**Tableau 5.1** Exemples d'interactions entre les cibles de l'ODD 2 et la lutte contre l'érosion de la biodiversité

Facteurs directs d'érosion de la biodiversité	Cible 2.1a : Alimentation suffisante*	Cible 2.1b : Alimentation saine et nutritive*	Cible 2.3 : Revenus des agriculteurs	Cible 2.5 : Diversité génétique
Dégradation des habitats	<p>➤ Si la cible d'alimentation suffisante se traduit par l'intensification ou l'expansion agricole, elle renforce la dégradation des habitats, les pollutions et les émissions de GES</p> <p><b>Interactions négatives</b></p>	<p>➤ L'essor de l'agriculture biologique est favorable à une alimentation plus saine et une moindre dégradation des habitats</p> <p>➤ Plus de diversité dans les assiettes stimule la diversité des espèces, variétés et races cultivées et élevées</p> <p><b>Interactions positives</b></p>	<p>➤ L'adoption de pratiques agricoles limitant la dégradation des habitats, les pollutions et contribuant à la lutte contre le changement climatique impacte les coûts de production et peut entraîner une baisse des rendements</p> <p>➤ Les installations sur des petites surfaces en France se font majoritairement en agriculture biologique du fait de marges supérieures</p> <p><b>Interactions négatives ou positives, dépendantes du contexte</b></p>	<p>➤ Services de régulation rendus par la biodiversité (préservation des habitats, qualité de l'air et de l'eau, climat)</p> <p><b>Interactions positives</b></p>
Pollutions		<p>➤ L'essor de l'agriculture biologique permet à la fois une alimentation plus saine et une baisse des GES et pollutions</p> <p><b>Interactions positives</b></p>		
Changement climatique		<p>➤ Certaines espèces envahissantes peuvent présenter des risques pour la sécurité des aliments</p> <p><b>Interactions positives</b></p>		
Espèces exotiques envahissantes	<p>➤ Les espèces envahissantes ont des impacts sur la production agricole via leurs effets sur le recyclage des nutriments, la protection et la régénération des sols, la pollinisation des récoltes, et la dissémination des graines</p> <p><b>Interactions positives</b></p>	<p>➤ Certaines espèces envahissantes peuvent présenter des risques pour la sécurité des aliments</p> <p><b>Interactions positives</b></p>	<p>➤ La lutte contre les effets des espèces exotiques envahissantes entraîne des coûts pour les agriculteurs</p> <p><b>Interactions positives</b></p>	<p>➤ Les espèces exotiques ont des effets négatifs sur la diversité des espèces indigènes</p> <p><b>Interactions positives</b></p>

\* La cible 2.1 de l'ODD 2 a été déclinée en deux cibles dans la mesure où une cible d'alimentation suffisante et d'alimentation saine et nutritive n'ont pas les mêmes implications pour la biodiversité.

<sup>16</sup> Plus précisément, dans TYFA et Afterres2050, la production de céréales, de fourrages et de produits animaux diminue tandis que la production de fruits et légumes et de légumineuses augmente.

<sup>17</sup> La version 2018 du scénario TYFA ne traite pas des questions liées à l'emploi.

## 5.2 Transition agro-écologique et biodiversité : synergies, tensions et incertitudes

➤ Dans les scénarios TYFA et Afterres2050, la transformation des régimes alimentaires agit comme le principe de sobriété dans la transition énergétique en permettant de relâcher la pression sur les ressources naturelles, au travers d'un moindre gaspillage, d'un essor de la consommation de produits issus de l'agriculture biologique, et d'un apport limité en produits d'origine animale. La moindre consommation de produits d'origine animale est compensée par des aliments riches en protéines végétales, des fruits et des légumes ce qui stimule la diversité des espèces et variétés cultivées<sup>18</sup>. La généralisation des infrastructures agro-écologiques<sup>19</sup> et le développement de l'agroforesterie, qui représente 10% des surfaces cultivées en 2050 dans Afterres2050, participent à la restauration des habitats. TYFA projette une agriculture sans intrants chimiques en 2050 et Afterres2050 mise sur une division par quatre de l'usage des pesticides et par deux des fertilisants de synthèse entre 2010 et 2050. L'essor de l'agriculture biologique permet une baisse des pollutions causées par l'agriculture, favorable à la biodiversité mais aussi à la qualité sanitaire des aliments<sup>20,21</sup>. La mutation de l'élevage est caractérisée par une baisse de la production, une revalorisation des races bovines mixtes (lait et viande) et rustiques, et une complémentarité élevage-culture au sein de chaque territoire. Elle permet, d'une part, de maintenir des prairies temporaires à base de légumineuses dans les rotations et d'utiliser l'azote organique de manière plus efficace, et d'autre part, de diminuer, voire d'éliminer, la dépendance aux fertilisants de synthèse et aux importations de soja.

➤ Les deux scénarios, quoique très proches, diffèrent non seulement par leur échelle spatiale, mais aussi par l'importance relative des objectifs pris en compte. Afterres2050 met davantage l'accent sur la contribution de l'agriculture à l'atténuation du changement climatique

tandis que TYFA donne plus de valeur à la préservation de la biodiversité. La comparaison des deux scénarios révèle les tensions qui peuvent exister entre les deux objectifs, au travers de leurs hypothèses respectives sur l'évolution des surfaces en prairies et la production d'énergie par le secteur agricole.

➤ Les prairies permanentes, et particulièrement les prairies naturelles (prairies permanentes peu ou pas amendées chimiquement), représentent un enjeu important à la fois pour la biodiversité et pour le climat. Les prairies permanentes, qui représentaient 32,5% de la surface agricole en France métropolitaine en 2018, ont perdu 77 000 hectares par an entre 1960 et 2000 puis 44 000 hectares par an entre 2000 et 2018 (Agreste, 2019). Dans le scénario Afterres2050, 1,1 millions d'hectares de prairies permanentes sont perdues entre 2010 et 2050, soit 27 500 hectares par an. Quoique la perte de prairies permanentes y soit ralentie par rapport au scénario tendanciel, elle n'apparaît pas compatible avec l'objectif « Zéro perte nette de biodiversité ». Toutefois, le maintien des prairies permanentes (à l'échelle européenne) dans le scénario TYFA, bien que plus favorable à la préservation de la biodiversité, se traduit par une diminution bien moindre de la production de viande bovine par rapport au scénario Afterres2050. Dans TYFA, c'est la production et la consommation de produits issus des monogastriques qui diminuent nettement tandis que la production et la consommation de viande rouge y sont quasiment maintenues. Par conséquent, la baisse des émissions de méthane de l'agriculture est beaucoup moins marquée dans TYFA que dans Afterres2050 et elle n'est pas compensée par le stockage de carbone permis par le maintien des surfaces en prairie<sup>22,23</sup>. Alors que les émissions de GES de l'agriculture française sont divisées par deux entre 2010 et 2050 dans Afterres2050, elles ne sont divisées que par 1,5 dans TYFA à l'échelle européenne.

➤ L'agriculture ne contribue pas à la production d'énergies renouvelables dans TYFA tandis que la méthanisation agricole se développe dans Afterres2050. L'essor de la méthanisation pose question quant à sa compatibilité avec

<sup>18</sup> La baisse des consommations de produits d'origine animale dans Afterres2050 est alignée sur le profil alimentaire des « consommateurs bio » de la cohorte de l'étude Nutrinet-Santé (Kesse-Guyot et al., 2020 ; Baudry et al., 2019).

<sup>19</sup> Les infrastructures agro-écologiques sont définies comme des « habitats semi-naturels qui ne reçoivent ni fertilisants chimiques, ni pesticides et qui sont gérés de manière extensive : certaines prairies permanentes, estives, landes, haies, arbres isolés, lisières de bois, bandes enherbées, bordures de champs, jachères, terrasses et murets, mares et fossés, ... » (Solagro, 2016). En France métropolitaine, d'après les enquêtes Teruti-Terra, les haies et alignements d'arbres ont reculé de 8 000 hectares par an entre 2006 et 2014 tandis que les bosquets ont perdu 21 000 hectares par an entre 2006 et 2014 (Agreste, 2019).

<sup>20</sup> D'une façon générale, l'agriculture biologique, notamment la production maraîchère et l'élevage, est plus touchée par les pollutions, quelles que soient leurs origines, que l'agriculture sous serre (y compris hydroponique) ou que l'élevage intensif. La qualité sanitaire de l'agriculture biologique repose donc sur une baisse de toutes les sources de pollution.

<sup>21</sup> Comme le soulignent les auteurs du scénario TYFA, la prévalence des mycotoxines dans les produits alimentaires, qui comporte un risque pour la santé des consommateurs, ne semble pas significativement différente en agriculture biologique et en agriculture conventionnelle. L'absence de recours aux fongicides de synthèse en agriculture biologique est en effet compensée par des pratiques culturales limitant les risques de contamination aux mycotoxines (AFSSA, 2003).

<sup>22</sup> La tension entre biodiversité et climat peut se doubler d'une tension entre biodiversité et santé nutritionnelle étant donné les effets de la consommation de viande rouge sur la santé. Toutefois, les hypothèses de consommation de viande rouge par les Européens dans TYFA respectent les recommandations nutritionnelles. De plus, les effets de la consommation de viande rouge sur la santé demeurent controversés et concernent surtout la viande rouge transformée. Sans hypothèse sur la transformation des produits consommés par les Européens, il ne peut être conclu que le régime alimentaire envisagé dans le scénario TYFA est associé à un risque supérieur pour la santé. Enfin, les auteurs du scénario TYFA soulignent que « la teneur en Oméga 3 du lait et de la viande de ruminants est plus que doublée par une alimentation à l'herbe par rapport au maïs ensilage », ce qui constitue un bénéfice important « dans un contexte où la consommation [de produits riches en oméga 3] des Européens est en moyenne inférieure de plus de moitié aux recommandations en vigueur » (Poux et Aubert, 2018).

<sup>23</sup> A l'échelle planétaire, les produits d'origine animale sont responsables de plus d'émissions de GES que n'importe quelle autre source de nourriture (14,5 % des émissions de GES d'origine anthropique). Les bovins (viande, lait) émettent à eux seuls 2/3 des GES produits par l'élevage, du fait du méthane généré lors de leur digestion (GIEC, 2014).

l'objectif pour la biodiversité. En effet, comme souligné dans la section précédente (Afterres2050 constitue la composante agricole et sylvicole de négaWatt), les niveaux de production de méthane envisagés pourraient se traduire par une restitution insuffisante de matière organique dans les sols. De surcroît, la recherche d'une plus grande rentabilité à l'échelle de l'exploitation agricole pourrait inciter les exploitants à méthaniser non seulement des résidus de culture et des déjections animales mais aussi des céréales et des cultures intermédiaires.



### Encadré 5.1 Afterres2050 : un scénario de transition agricole et alimentaire pour la France à l'horizon 2050

➤ Le scénario Afterres2050 a été développé par Solagro entre 2011 et 2016 ; il constitue le volet agricole et sylvicole du scénario négaWatt et repose sur la généralisation de pratiques et techniques existantes aujourd'hui.

#### Une profonde transformation des régimes alimentaires

- Diminution des sur-consommations (-33%), pertes et gaspillages (-50%), de la consommation de produits animaux (-40%) ;
- Recours accru aux protéines végétales, aux céréales peu raffinées, fruits, légumes, légumineuses et fruits à coques.

#### L'agroécologie généralisée pour une production plus respectueuse de l'environnement

- La moitié des terres arables en agriculture biologique, l'autre en agriculture intégrée ou de conservation ;
- Généralisation des couverts permanents, des pratiques culturales simplifiées et du non labour ou faible travail du sol ;
- Fort développement des légumineuses, des cultures associées et intermédiaires ;
- Généralisation des infrastructures agro-écologiques (doublement du linéaire de haies) ;
- Fort développement de l'agroforesterie ;
- Production végétale à un niveau équivalent à celui de la production actuelle malgré une forte baisse des rendements (-36%) ;
- Diversification des productions, augmentation du maraîchage et de l'arboriculture ;
- Division par 2 des émissions de GES, de la consommation d'énergie, de l'irrigation en été et de la consommation d'azote minéral, par 3 des émissions d'ammoniac, par 4 des phytosanitaires.

#### Une mutation de l'élevage

- Extensification de l'élevage et complémentarité entre culture et élevage ;
- Forte diminution de la production de viande, notamment bovine, mais doublement du troupeau ovin ;
- Généralisation des signes de qualité ;
- Abandon des importations de tourteaux de soja, diminution de l'usage des concentrés et augmentation du pâturage pour les troupeaux bovins.

#### Les usages des terres

- Augmentation de la surface forestière de 0,5 Mha ;
- La perte de surfaces agricoles est ralentie (-1,4 Mha entre 2010 et 2050, dont -1,1 Mha de prairies permanentes).

#### Un développement des usages de la biomasse

- Augmentation des prélèvements forestiers, production conjointe de bois matériau (construction) et de bois-énergie ;
- Fort développement de la méthanisation agricole.

#### Des échanges plus équilibrés avec le reste du monde

- Baisse de 16% des volumes exportés ;
- Augmentation de 60% des exportations de céréales alimentaires vers l'espace Méditerranée / Moyen Orient ;
- Division par 2 des exportations de céréales fourragères vers l'Europe ;
- Suppression des importations de soja et du déficit de la filière forêt – bois.

Source : adapté de Solagro (2016)

**Encadré 5.2 TYFA, une Europe agroécologique en 2050**

➤ Le scénario TYFA (*Ten Years for Agroecology*) a été développé par l'IDDRI et l'ASCA entre 2016 et 2018 pour une Europe agro-écologique en 2050. Afters2050 et TYFA relèvent de visions proches et constituent tous deux des scénarios normatifs reposant sur des modélisations physiques. Néanmoins, TYFA se distingue d'Afters2050 du fait notamment des caractéristiques suivantes :

- Echelle européenne ;
- L'agriculture biologique est généralisée avec des baisses de production et de rendements plus marquées ;
- Maintien des prairies permanentes et de la production et consommation de viande bovine. Ce sont les productions et consommations de viande porcine et de volaille qui diminuent ;
- Les pertes et gaspillages sont réduits de 10% ;
- Pas d'usage de la biomasse agricole pour l'énergie.

**Les principales hypothèses du scénario TYFA**

**1. Une gestion de la fertilité au niveau territorial qui passe par :**

- Arrêt des importations de soja/protéines végétales
- Réintroduction des légumineuses dans les rotations
- Reterritorialisation de l'élevage dans les zones de culture

**2. Abandon des pesticides et extensification de la production végétale :**

- L'agriculture biologique comme référence

**3. Redéploiement des prairies naturelles sur l'ensemble du territoire européen et développement des infrastructures agroécologiques à hauteur de 10% de la sole cultivée**

**4. Extensification de l'élevage (ruminant et granivore) et limitation de la compétition feed/food, entraînant une forte baisse du cheptel de granivores et modérée de celui des herbivores**

**5. Adoption de régimes alimentaires moins riches et plus équilibrés suivant les recommandations nutritionnelles :**

- Réduction de la consommation de produits animaux et augmentation des protéines végétales

- Augmentation des fruits, légumes

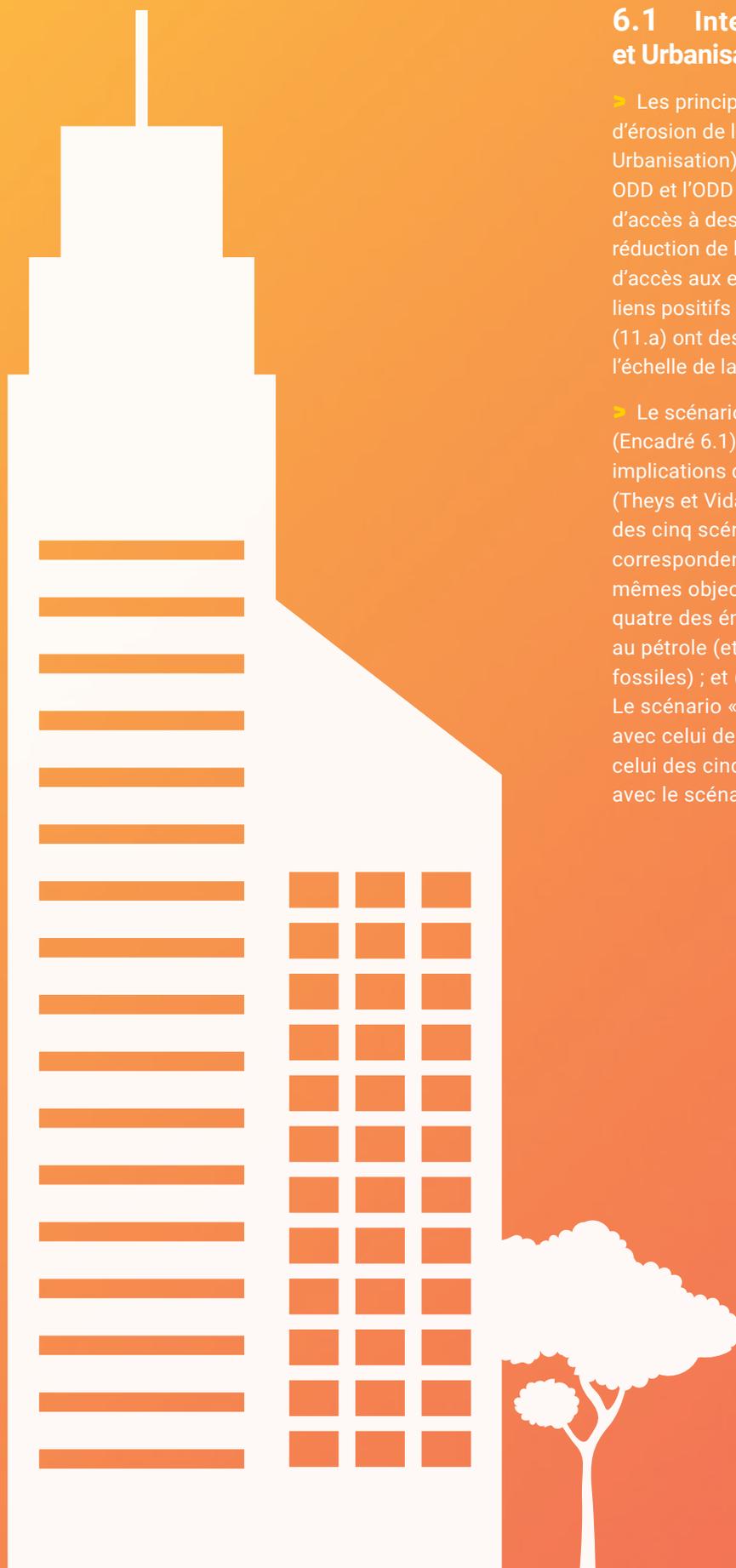
**6. Priorité à l'alimentation humaine (food), puis animale (feed), puis usages non alimentaires**

**Source :** adapté de Poux et Aubert, 2018



### 6.1 Interactions entre ODD Biodiversité et Urbanisation et scénario de référence

- ▶ Les principales interactions entre les facteurs directs d'érosion de la biodiversité et les cibles de l'ODD 11 - Urbanisation) révèlent les synergies et tensions entre cet ODD et l'ODD 15. Parmi les cibles de l'ODD 11, les cibles d'accès à des systèmes de transport durables (11.2), de réduction de l'impact environnemental des villes (11.6), d'accès aux espaces verts (11.7) et de renforcement des liens positifs entre zones urbaines, périurbaines et rurales (11.a) ont des implications majeures pour la biodiversité à l'échelle de la France métropolitaine (Tableau 6.1).
- ▶ Le scénario « Ville contenue » de l'ADEME et du MEDDE (Encadré 6.1) a servi de référence pour analyser les implications de la transition urbaine pour la biodiversité (Theys et Vidalenc, 2013). « Ville contenue » est l'un des cinq scénarios proposés dans cette étude, qui correspondent à cinq stratégies pour atteindre trois mêmes objectifs en 2050 : (1) la division par trois ou quatre des émissions de GES ; (2) l'autonomie par rapport au pétrole (et en partie par rapport aux autres énergies fossiles) ; et (3) l'adaptation au changement climatique. Le scénario « Ville contenue », en combinant ces objectifs avec celui de la préservation de la biodiversité apparaît celui des cinq scénarios de cette étude le plus en phase avec le scénario schématique pour la biodiversité.



**Tableau 6.1** Exemples d'interactions entre les cibles de l'ODD 11 et la lutte contre l'érosion de la biodiversité

Facteurs directs d'érosion de la biodiversité	Cible 11.2 : Transports sûrs, accessibles et durables	Cible 11.6 : Impact environnemental des villes	Cible 11.7 : Accès de tous à des espaces verts	Cible 11.a : Développement territorial
<b>Dégradation des habitats</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ De nouvelles lignes ferroviaires peuvent fragmenter les écosystèmes</li> <li>➤ L'essor de « voies vertes », associant pistes cyclables et corridors écologiques, peut contribuer à la restauration des habitats</li> </ul> <p><i>Interactions positives et négatives dépendantes du contexte</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Limiter l'étalement urbain contribue à la lutte contre la dégradation des écosystèmes</li> <li>➤ Densifier les villes peut se traduire par moins de nature en ville</li> </ul> <p><i>Interactions positives ou négatives dépendantes du contexte</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ La création de nouveaux espaces verts et la réhabilitation écologique d'espaces verts existants contribuent à la restauration des habitats</li> </ul> <p><i>Interactions positives</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Le développement d'activités récréatives à la périphérie des villes peut stimuler l'artificialisation des sols et les pollutions et perturbations associées</li> <li>➤ La mobilisation des acteurs autour de projets agri-urbains peut limiter l'artificialisation et le mitage des espaces</li> </ul> <p><i>Interactions positives ou négatives dépendantes du contexte</i></p>
<b>Pollutions</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ La promotion de la mobilité active et des transports collectifs réduit la pollution de l'air et les émissions de CO<sub>2</sub></li> </ul> <p><i>Interactions positives</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Une moindre production de déchets réduit les sources de pollution</li> </ul> <p><i>Interactions positives</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Les zones humides et forêts urbaines contribuent à filtrer et à réduire les concentrations des déchets liquides, des particules fines, des sons, des métaux lourds et de l'ozone</li> </ul> <p><i>Interactions positives</i></p>	<p><i>Interactions positives ou négatives dépendantes du contexte</i></p>
<b>Changement climatique</b>	<p><i>Interactions positives</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Promouvoir l'efficacité énergétique des bâtiments limite les émissions de CO<sub>2</sub></li> </ul> <p><i>Interactions positives</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Planter des arbres en milieu urbain permet de réduire l'effet d'îlot de chaleur et de stocker du CO<sub>2</sub></li> </ul> <p><i>Interactions positives</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Favoriser les circuits courts peut limiter les émissions de CO<sub>2</sub></li> </ul> <p><i>Interactions positives ou négatives dépendantes du mode de développement territorial</i></p>
<b>Espèces exotiques envahissantes</b>	<p><i>Neutre à l'échelle locale</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Les espaces verts urbains tendent à privilégier les espèces exotiques pour leurs qualités esthétiques ou fonctionnelles. Toutefois, des espaces verts peuvent être favorables à une diversité d'espèces natives non-envahissantes</li> </ul> <p><i>Interactions positives ou négatives dépendantes de la nature des espaces verts</i></p>		<p><i>Neutre</i></p>

## 6.2 Transition urbaine et biodiversité : synergies, tensions et incertitudes

➤ De même que pour les transitions énergétique et agro-écologique, pour réduire leur impact environnemental, les villes doivent d'abord tendre vers davantage de sobriété et d'efficacité dans l'usage des ressources. A cet égard, deux dimensions doivent être considérées : d'une part, les impacts directs liés à l'expansion urbaine au travers de la conversion des terres agricoles et forestières et des espaces naturels (friches, zones humides, etc.), et d'autre part, les impacts indirects associés à la consommation de biens et la production de déchets par les urbains.

➤ La première dimension, liée aux impacts urbains directs, questionne la forme même de la ville. A ce titre, le scénario « Ville contenue » dessine une ville compacte capable de limiter la dégradation des habitats en consommant moins d'espace, faisant écho à la stratégie de spécialisation des espaces (*land sparing*). Favoriser la densité urbaine est une réponse au phénomène d'étalement urbain, caractérisé par des habitats diffus, un isolement spatial des usages et une utilisation prononcée de la voiture individuelle (Johnson, 2001). Comme dans le reste de l'Europe, l'urbanisation en France obéit à la fois à l'étalement des villes dont les frontières s'étendent, et au développement du périurbain, l'étalement résultant alors d'une migration des populations et des entreprises vers des communes assez proches de la ville mais pas en continuité avec elle. La périurbanisation et la dispersion de l'habitat, en particulier individuel, a été particulièrement marquée en France (Béchet et al., 2019).

➤ L'étalement urbain se traduit par l'artificialisation des sols et une altération de leurs fonctions : régulation du cycle de l'eau, dégradation et rétention des polluants, stockage de carbone, production de biomasse végétale, et support de biodiversité (Béchet et al., 2019). Il affecte les paysages et les habitats, directement en les détruisant ou en les fragmentant, et indirectement, au travers des activités humaines induites par l'étalement qui modifient l'environnement physique, comme la température et la qualité de l'air ou le cycle de l'eau (ibid). Pour la biodiversité, l'étalement urbain se traduit par deux impacts majeurs : la perte et la fragmentation d'habitats naturels et, en moyenne, un déclin de la diversité et de l'abondance des espèces à l'échelle locale (McDonald et al., 2020 ; Béchet et al., 2019 ; Concepción et al., 2015). La ville compacte caractérisée par des zones urbaines denses, connectées par des systèmes de transports collectifs, préserve les sols et facilite l'accès à des services et des emplois à proximité des lieux de résidence (OCDE, 2012). L'impact de la densification urbaine sur la biodiversité reste toutefois peu documenté et quantifié (Haaland et Konijnendijk van den Bosch, 2015). L'urbanisme dense, s'il peut s'avérer positif à l'échelle de l'agglomération grâce à la préservation de terres périphériques, laisse toutefois peu de place à la nature

(Haaland et Konijnendijk van den Bosch, 2015 ; Sushinsky et al., 2013). Par ailleurs, la densification ne permet pas nécessairement de réduire les émissions de CO<sub>2</sub> (Gray et al., 2010) et si en réduisant les distances parcourues et la dépendance à l'automobile, elle peut diminuer la pollution de l'air, elle aggrave l'exposition des personnes aux niveaux élevés de pollution (Béchet et al., 2019). La densification peut également se traduire par l'encombrement du trafic (Melia et al., 2011), une qualité de vie moindre quand les formes urbaines denses favorisent l'anxiété par exemple (Mouratidis, 2019), ainsi que par une incidence accrue des îlots de chaleur, notamment la nuit (Lemonsu et al., 2015). Face à ce constat, il est important d'éviter d'opposer ville diffuse et ville compacte, et d'envisager des formes urbaines plus complexes permettant de lutter contre l'ensemble des facteurs de perte de biodiversité, et de tenir compte d'autres ODD comme la santé et le bien-être ou encore la réduction des inégalités.

➤ La deuxième dimension, liée aux impacts urbains indirects, concerne les modes de production, de consommation et de vie qui caractérisent les villes et leurs impacts sur les écosystèmes plus ou moins distants. On parle alors de « durabilité importée » des villes qui rejettent le coût de leur durabilité sur des territoires voisins ou distants (Mancebo, 2011), par exemple à travers la dégradation des écosystèmes aquatiques adjacents aux villes pour la consommation d'eau (McDonald et al., 2014 ; Fitzhugh et Richter, 2004) ou encore la déforestation causée par la production agricole ou la fabrication de mobilier (Puppim de Oliveira et al., 2011).

➤ Les systèmes de transports urbains et extra urbains ont un impact sur la biodiversité en générant, d'une part, des émissions de GES, et d'autre part, une altération des connectivités écologiques (AEE, 2016). Dans le scénario « Ville contenue », les transports collectifs remplacent de manière croissante l'usage de la voiture individuelle, favorisant la compacité et limitant les émissions de GES. Bien que bénéfique à l'atténuation du changement climatique, le développement d'infrastructures linéaires de transport comme les lignes ferroviaires peut dégrader les continuités écologiques et détruire les habitats (Villemey et al., 2018 ; Karlson et Mörtberg, 2015 ; Antrop, 2004). Il nécessite donc des mesures d'atténuation comme les écoducs<sup>24</sup> (Mimet et al., 2016 ; Glista et al., 2009). Enfin, la promotion des mobilités douces comme le vélo ou la marche à pied, dans le scénario « Ville contenue », à travers le développement de voies vertes multifonctionnelles, permet de restaurer des corridors écologiques et les habitats (Carlier et Moran, 2019).

➤ En ce qui concerne l'accès de tous à des espaces verts, le scénario « Ville contenue » met l'accent sur la végétalisation des toits et des murs, la préservation des zones naturelles et agricoles périurbaines, et le maintien

<sup>24</sup> Les écoducs sont des passages construits afin de permettre aux espèces animales et végétales de traverser les obstacles anthropiques comme les voies ferrées ou les autoroutes.

des parcs urbains existants. Ces derniers offrent de nombreux services écosystémiques tels que la régulation du climat (lutte contre les îlots de chaleur notamment), de la qualité de l'air et des risques naturels, ou encore des services culturels de récréation et de socialisation (Gómez-Baggethun et Barton, 2013). De plus, les espaces verts sont des lieux essentiels à la préservation de la biodiversité urbaine de par la richesse des espèces qui peuvent y résider (Nielsen et al., 2013). Au-delà des jardins privés et parcs publics, le développement de l'agriculture urbaine représente également un moyen, souvent participatif, de redonner une place à la biodiversité en ville tout en assurant une fonction d'approvisionnement alimentaire des villes (Mancebo, 2018 ; Lagneau et al., 2014). Les processus de densification peuvent porter atteinte aux habitats naturels, notamment à travers l'urbanisation intercalaire<sup>25</sup>, réduisant l'espace dédié à la nature en ville au profit de nouvelles constructions plus denses (Pauleit et al., 2005).

➤ Enfin, les villes ne peuvent se penser sans évoquer leurs relations avec les territoires ruraux. En effet, alors que les espaces ruraux fournissent des services environnementaux

aux villes tels que la production agricole ou la régulation du climat, ces dernières exportent leurs externalités négatives vers les premiers, au travers de la pollution de l'eau et de l'air (Jaeger, 2018). Le scénario « Ville contenue » propose quelques pistes de réflexion sur l'évolution des campagnes dans une France presque entièrement relocalisée dans des pôles urbains denses, notamment: (i) une protection accrue contre l'artificialisation des terres pour certaines zones caractérisées par un habitat dispersé, avec un développement centré sur des activités agricoles et forestières ou la gestion d'espaces protégés, (ii) des espaces de loisirs et de tourisme pour la majorité urbaine, aménagés et accessibles en transports collectifs, et (iii) des zones résidentielles rurales mêlant retraités et jeunes actifs dans une économie de proximité et/ou du télétravail (Theys et Vidalenc, 2013). De plus, la solidarité entre territoires urbains et ruraux peut être renforcée en créant des liens économiques et sociaux entre ces derniers, par exemple grâce à la création de circuits d'approvisionnement alimentaires régionaux et de nouvelles formes d'écotourisme local (Jaeger, 2018).

#### Encadré 6.1 La « Ville contenue » : un scénario de transition urbaine à l'horizon 2050

- Le scénario « Ville contenue » est l'un des cinq scénarios à horizon 2050 de l'étude Repenser les villes dans la société Post-carbone publiée en 2013 par l'ADEME et par la Mission prospective du MEDDE (Ministère de l'Ecologie - CGDD-DDD) (Theys et Vidalenc, 2013).
- Les agglomérations sont plus compactes, mieux équilibrées et allient mixité fonctionnelle (rapprochant logements et emplois) et mixité sociale ;
- Elles sont structurées par des réseaux de transports collectifs performants tandis que la circulation des véhicules motorisés individuels en centre-ville est limitée ;
- L'étalement urbain est maîtrisé, notamment dans le but de réduire les consommations énergétiques. Ceci résulte de l'articulation de politiques de maîtrise des déplacements, de construction de logements et de rénovation urbaine, et de maîtrise foncière par les collectivités ;
- La nature est intégrée dans le cœur des agglomérations et au-delà : les espaces verts (parcs urbains, trames vertes, etc.) sont valorisés et les espaces agricoles et naturels existant entre les zones denses sont préservés et organisés dans des trames ou corridors naturels qui vont jusqu'aux centres-villes ;
- L'adaptation au changement climatique est intégrée dans la planification. Par exemple, les constructions dans les zones inondables ou submersibles sont limitées, les zones d'expansion de crues sont étendues et les espaces naturels et forestiers sont développés ;
- Des actions en faveur de la re-densification des banlieues proches sont mises en place ;
- L'espace périurbain est réorganisé de sorte à contenir l'urbanisation autour de quelques pôles accessibles par transports publics ;
- Tendance à la « désurbanisation » des communes les plus éloignées des pôles urbains.

Source : adapté de Theys et Vidalenc, 2013



<sup>25</sup> L'urbanisation intercalaire ou le remplissage font référence à la construction sur des zones urbaines jugées « sous utilisées » comme des zones industrielles délaissées ou des jardins privés.

# 7.

## LES IMPLICATIONS DES TRANSITIONS ÉNERGÉTIQUE, AGRO-ÉCOLOGIQUE ET URBAINE POUR L'EAU DOUCE, LE CLIMAT, LES OCÉANS ET LES INÉGALITÉS

► Les implications des transitions qui viennent d'être analysées pour les ODD 6 - Eau douce, 10 - Inégalités, 13 - Climat et 14 - Océans, présentées dans les tableaux 7.1 et 7.2, sont multiples. Celles-ci se traduisent par des synergies, indiquées en vert, ou des contradictions, indiquées en rouge. Les questions, indiquées en bleu, traduisent des incertitudes sur les implications des transitions énergétique, agro-écologique et urbaine pour les ODD 6, 10, 13 et 14, qui sont autant de questions posées à la recherche.

► Les transitions énergétique, agro-écologique et urbaine génèrent surtout des co-bénéfices pour les ODD relatifs aux océans, à l'eau douce, au climat et aux inégalités. Ces co-bénéfices dépendent cependant des échelles spatiales et temporelles considérées. En particulier, les impacts positifs des transitions sur l'atténuation du changement climatique et l'acidification des océans ne sont pas perceptibles à l'horizon 2030. De même, ces transitions, si elles ne concernent que l'échelle nationale, n'ont que peu d'impacts sur ces variables. Les effets négatifs des transitions énergétique, agro-écologique et urbaine sont à la fois peu nombreux et susceptibles d'être atténués en les prenant en compte dans la définition des hypothèses de notre scénario pour la biodiversité. Ainsi, les effets négatifs des énergies éoliennes marines, ou terrestres installées à proximité des populations rurales, peuvent être évités, atténués et parfois compensés en conditionnant leur déploiement, dans notre scénario pour la biodiversité, aux conclusions d'études d'impacts, tout au long du cycle de vie, sur la biodiversité terrestre ou marine, les émissions de GES et la qualité de vie des populations avoisinantes. De même, pour que l'essor des espaces verts, des jardins potagers ou de l'agriculture dans les zones urbaines ne renforce pas le stress hydrique, notre scénario doit faire l'hypothèse que les choix d'espèces et de variétés, ainsi que les pratiques de production ou d'entretien soient adaptés aux conditions locales et au changement climatique.

► Les incertitudes sur les implications des transitions imaginées pour les ODD 6, 10, 13 et 14 indiquent des enjeux qui doivent être pris en compte dans notre scénario pour la biodiversité. Ainsi, les impacts de la transition urbaine sur les océans reposent en particulier sur la forme qu'elle

prendra dans les zones côtières. En outre, les zones littorales sont particulièrement riches en biodiversité terrestre. Les incertitudes associées aux besoins en minerais et en énergie d'origine marine associées aux transitions urbaine et énergétique révèlent des enjeux qui vont en réalité au-delà des océans. Ces incertitudes concernent à la fois les conséquences pour la biodiversité de l'extraction des matières premières indispensables à la transition énergétique, et les impacts de la numérisation croissante de nos sociétés sur les besoins en énergie, et par suite sur la biodiversité. Enfin, les implications de la transition urbaine pour l'accès des populations rurales aux infrastructures de transport et aux services soulignent plus généralement que notre scénario pour la biodiversité mérite une réflexion plus poussée que celle amorcée dans la section sur la transition urbaine sur l'aménagement des territoires et le devenir des territoires ruraux.

► Les questions posées par les implications des transitions énergétique, agro-écologique et urbaine pour les inégalités permettent d'amorcer la réflexion sur les trajectoires. En effet, ces questions révèlent à quel point les inégalités sont des obstacles puissants aux transitions envisagées. En effet, si la rénovation énergétique des habitats, les modes de transport durables et une alimentation saine ne sont pas accessibles au plus grand nombre, les transitions ne concerneront qu'une fraction limitée de la population et ne permettront pas d'atteindre l'objectif « Zéro perte nette de biodiversité ».

**Tableau 7.1** Implications des transitions énergétique, agro-écologique et urbaine pour les ODD 6 et 13

ODD	Cibles	Transition énergétique	Transition agro-écologique	Transition urbaine
Eau douce	Pollution de l'eau	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Le déclin du nucléaire est favorable à une diminution de la pollution thermique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Le moindre usage des pesticides et l'essor des infrastructures agro-écologiques et de l'agroforesterie entraînent une amélioration de la qualité de l'eau</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Limiter l'étalement urbain et développer les espaces verts en ville a un impact positif sur la qualité de l'eau (création et restauration de zones humides)</li> <li>➤ L'essor de l'agriculture urbaine sans intrants chimiques est favorable à la qualité de l'eau</li> </ul>
	Ecosystèmes liés à l'eau	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Le déclin du nucléaire est favorable à de moindres perturbations des écosystèmes (moindres volumes d'eau dédiés au refroidissement)</li> <li>➤ L'essor de solutions fondées sur la nature dans la production hydraulique est favorable à une restauration des écosystèmes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Le moindre usage de pesticides et l'essor des infrastructures agro-écologiques (arrêt du drainage et hausse des surfaces en zones humides) entraînent une amélioration de l'état des écosystèmes aquatiques</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ La maîtrise de l'étalement urbain limite les perturbations des zones humides</li> <li>➤ La préservation des espaces agricoles et naturels entre et dans les zones denses, (espaces verts, trames ou corridors naturels) inclue les cours d'eau et leurs écosystèmes</li> </ul>
	Prélèvements		<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Le stockage de carbone dans les sols permet un moindre recours à l'irrigation en favorisant la rétention d'eau dans les sols</li> <li>➤ L'adaptation des cultures, variétés et races aux spécificités climatiques locales se traduit par une moindre pression sur l'eau</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ La maîtrise de l'étalement urbain rend le réseau de distribution d'eau plus efficace (réduction des pertes)</li> <li>➤ La récupération et réutilisation des eaux usées contribuent à relâcher la pression quantitative</li> </ul>
Climat	Adaptation	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ La baisse de la production d'énergie nucléaire réduit les risques de rupture d'approvisionnement associés à la baisse du niveau des cours d'eau en été</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <b>D'avantage d'espaces verts en ville peut entraîner une hausse des prélèvements pour leur entretien</b></li> <li>➤ <b>L'essor d'une agriculture urbaine irriguée renforcerait le stress hydrique</b></li> </ul>
	Atténuation	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ La baisse de la consommation d'énergie fossile contribue à la réduction des émissions de GES</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ La réduction de la production d'engrais chimiques et la meilleure maîtrise de la fertilisation azotée contribuent à la réduction des émissions de GES</li> <li>➤ La baisse des gaspillages et surconsommations contribue à la réduction des émissions de GES</li> <li>➤ La baisse de la consommation de viande rouge contribue à la réduction des émissions de GES</li> <li>➤ Le développement des infrastructures agro-écologiques, de l'agroforesterie, des cultures intermédiaires, etc. contribue au stockage du carbone</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Le développement de réseaux de transport en commun contribue à la réduction des émissions de GES</li> <li>➤ Freiner l'artificialisation des sols contribue au stockage du carbone</li> <li>➤ L'écologisation des zones urbaines contribue au stockage du carbone</li> </ul>

Tableau 7.2 Implications des transitions énergétique, agro-écologique et urbaine pour les ODD 10 et 14

ODD	Cibles	Transition énergétique	Transition agro-écologique	Transition urbaine	
Océan	Pollutions marines	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Le déclin des énergies fossiles réduit la pollution marine liée au plastique et au transport maritime</li> <li>&gt; La construction d'infrastructures éoliennes en mer risque d'ajouter à la pollution marine</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Le moindre usage d'intrants chimiques et la mutation de l'élevage ont des effets significatifs sur les estuaires, les zones côtières et les océans (moins d'eutrophisation due à une moindre charge en nutriments et rééquilibrage du réseau trophique)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; L'écologisation des zones urbaines et la maîtrise de l'étalement urbain permettent de diminuer le ruissellement et la pollution des zones côtières et des océans</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Quelles évolutions de l'urbanisation des zones côtières ? Quels besoins en minerais et en énergie d'origine marine associés aux « villes numériques » ?</li> </ul>
	Dégradation des écosystèmes marins et côtiers	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Le déclin des énergies fossiles va de pair avec une moindre extraction offshore</li> <li>&gt; Le déploiement des éoliennes en mer peut perturber les espèces migratrices</li> <li>&gt; Quels besoins en minerais d'origine marine associés à l'essor des énergies renouvelables ?</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Le ralentissement de l'étalement urbain peut réduire l'extraction de granulats marins</li> </ul>	
	Acidification	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Le déclin des énergies fossiles contribue, avec des délais, à la lutte contre l'acidification</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; La moindre production d'engrais chimiques contribue, avec des délais, à la lutte contre l'acidification</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; L'essor des transports en commun et une moindre artificialisation des sols contribuent, avec des délais, à la lutte contre l'acidification</li> </ul>	
	Pêche	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Le déclin des énergies fossiles peut entraîner une moindre capacité de captage</li> <li>&gt; L'essor des énergies marines entraîne des restrictions à la pêche autour des infrastructures</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; L'essor des circuits courts et la moindre consommation de produits halieutiques sont favorables à une pêche artisanale et de moindres volumes de capture</li> </ul>		
Inégalités	Inégalités de revenus et d'accès	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Les zones urbaines, en s'approvisionnant en énergie produite dans les territoires avoisinants, contribuent à créer des opportunités économiques dans les zones rurales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; L'essor des énergies renouvelables dans les territoires ruraux peut générer des nuisances pour les populations avoisinantes</li> <li>&gt; Comment assurer l'accès de tous à des modes de consommation énergétique sobres ?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; L'essor des circuits courts et des filières sous signes de qualité peut se traduire par des revenus supérieurs pour les agriculteurs et par une réduction des inégalités entre petits et gros exploitants</li> <li>&gt; Comment assurer l'accès de tous à des modes de consommation alimentaire durables ?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; La densification, l'essor des transports publics et la mixité fonctionnelle dans les pôles urbains favorisent l'accès de tous aux activités de socialisation et aux services</li> <li>&gt; Les jardins collectifs et l'agriculture urbaine (dans un contexte de baisse des pollutions) favorisent l'accès des populations urbaines à une alimentation plus saine</li> <li>&gt; Davantage d'espaces verts urbains peut favoriser l'accès de tous aux bénéfices de la nature</li> <li>&gt; Comment assurer l'accès de tous à des modes d'habitat et de transport durables ?</li> <li>&gt; Quelles implications de la transition urbaine pour l'accès des populations rurales aux infrastructures de transport, aux services sociaux et culturels, etc. ?</li> </ul>
	Intégration sociale, économique et politique		<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Les circuits courts favorisent les liens sociaux</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Les jardins collectifs favorisent les liens sociaux au sein des populations urbaines</li> <li>&gt; La plus grande mixité fonctionnelle des pôles urbains permet de lutter contre la ségrégation spatiale</li> </ul>	

# 8.

## LE SCÉNARIO POUR LA BIODIVERSITÉ :

### Principales hypothèses et incertitudes

#### 8.1 La composante Énergie du scénario

► Notre scénario pour la biodiversité reprend ou adapte certaines des hypothèses du scénario négaWatt mais laisse en suspens celles dont les implications pour la biodiversité s'avèrent trop incertaines. Les hypothèses de négaWatt quant aux réductions de la consommation d'énergie finale (-25%) et de la production d'énergie primaire (-40%) entre 2010 et 2030 sont reprises telles quelles. Elles sont rendues possibles par des actions favorisant la sobriété et l'efficacité énergétiques. Il en va de même des hypothèses de production d'énergies mobilisant le charbon, le gaz fossile et le pétrole. Ces sources d'énergie ne sont pas complètement absentes du mix énergétique en 2030, mais notre scénario s'inscrit clairement dans une trajectoire de décarbonation complète à l'horizon 2050.

► Les hypothèses de négaWatt quant au mix d'énergies renouvelables non issues de la biomasse sont reprises sous conditions dans notre scénario. Leur déploiement, c'est-à-dire les sites choisis et la taille des installations, ainsi que les processus de production des infrastructures associées et notamment les matériaux utilisés, est soumis aux conclusions d'études d'impacts tout au long du cycle de vie, sur la biodiversité terrestre ou marine, les émissions de GES et la qualité de vie des populations avoisinantes. Enfin, notre scénario ne statue pas sur l'ampleur de la mobilisation de la biomasse à des fins de production d'énergie. Les implications pour la biodiversité des hypothèses de négaWatt sur la filière bois-énergie et la méthanisation sont en effet trop incertaines. Ne statuant pas sur l'ampleur de la mobilisation de la biomasse, tout en s'inscrivant dans une trajectoire rapide de décarbonation, notre scénario est nécessairement incertain en ce qui concerne le rythme auquel la sortie du nucléaire est envisageable.

#### 8.2 La composante Agriculture & alimentation du scénario

► Notre scénario pour la biodiversité s'inscrit dans la transition agro-écologique telle qu'imaginée pour la France dans Afterres2050 ou pour l'Europe dans TYFA. La baisse de l'usage des intrants chimiques proposée dans Afterres2050 à l'horizon 2050 (division par deux de la consommation d'azote minéral et par quatre de celle des produits phytosanitaires par rapport aux chiffres de 2010) est envisagée à l'horizon 2030 dans notre scénario, comme une étape vers leur élimination totale en 2050. La réduction de l'usage des intrants chimiques étant étroitement liée

aux autres transformations des modes de production et de consommation alimentaires, notre scénario retient pour 2030 l'essentiel des autres hypothèses faites pour 2050 dans Afterres2050. Les pertes et gaspillages se réduisent de 50% et les surconsommations par rapport aux recommandations nutritionnelles d'un tiers par rapport aux chiffres de 2010. La baisse de la consommation de produits animaux (-40%) est compensée par une hausse de celle de fruits et légumes et d'aliments riches en protéines végétales. Les circuits courts et la demande pour des produits de qualité se développent. Les pratiques agro-écologiques se généralisent et s'accompagnent de l'essor des infrastructures agro-écologiques et de l'agroforesterie et d'une baisse de la consommation d'eau pour l'irrigation de 30%. La transformation des systèmes d'élevage se caractérise par l'extensification et un retour au système de polyculture-élevage.

► 50% des surfaces sont cultivées en agriculture biologique en 2030. La baisse des rendements est cependant moins marquée dans notre scénario que dans Afterres2050<sup>26</sup>. En effet, d'une part, les impacts du changement climatique sur les rendements seront moins élevés en 2030 qu'en 2050<sup>27</sup>. D'autre part, les hypothèses d'évolution des rendements d'Afterres2050 sont prudentes puisqu'elles se fondent sur la généralisation de pratiques et techniques existantes aujourd'hui. Notre scénario table sur des progrès rapides des rendements en agriculture biologique. Le développement de pratiques agro-écologiques « rigoureuses » (sans intrants) est plus rapide dans les zones à forts enjeux de conservation de la biodiversité. Le rythme de la transition agro-écologique est adapté au contexte local, au travers de politiques publiques de soutien, en fonction des caractéristiques pédoclimatiques, écologiques et socio-économiques locales.

► Notre scénario pour la biodiversité voit la méthanisation se développer mais, comme indiqué à propos de la transition énergétique, il ne statue pas sur les niveaux de production. Ceux-ci doivent être compatibles avec une restitution suffisante de matière organique dans les sols et ne pas générer de concurrence d'usage des terres entre production alimentaire et production d'énergie. Enfin, notre scénario ne peut retenir l'hypothèse d'Afterres2050 quant à la baisse des surfaces en prairies permanentes due à l'artificialisation des sols, qui constituerait une perte nette de biodiversité. Toutefois, le maintien des surfaces en prairies, comme dans TYFA (à l'échelle européenne), s'il passe par le maintien du troupeau bovin, a des

<sup>26</sup> Les hypothèses d'Afterres2050 se traduisent par une baisse des rendements de 27% entre 2010 et 2050 alors que la poursuite des tendances se traduirait par une baisse de 7% sur la même période du fait des impacts du changement climatique.

<sup>27</sup> A cet égard, Afterres2050 adopte le scénario climatique RCP 6.0 du 5ème rapport du GIEC, soit pour la France : +1.6°C pour 2020-2050 et +3° pour 2070-2100 (pour une moyenne mondiale de +2.2°).

implications importantes pour les émissions de GES. Or, le changement climatique aura des effets très importants sur la biodiversité. Cette tension conduit à s'interroger sur les options qui permettraient de maintenir et valoriser les surfaces en prairies permanentes tout en réduisant l'élevage bovin, ou encore de compenser une perte de surfaces en prairies permanentes en augmentant et en valorisant d'autres surfaces agricoles riches en biodiversité.

### 8.3 La composane Urbanisation du scénario

➤ La transition urbaine dans notre scénario pour la biodiversité reprend les hypothèses de ralentissement de l'étalement urbain du scénario « Ville contenue ». Il y est toutefois accéléré puisqu'il se produit à l'horizon 2030. Les villes se densifient mais l'accent est mis sur le développement des espaces verts, des toits et murs végétalisés, des jardins collectifs et de l'agriculture urbaine avec des choix d'espèces et de variétés et des pratiques adaptés aux conditions locales et au changement climatique. Le développement de ces aménités « naturelles » au sein des villes est à la fois un facteur d'attraction pour les populations, et donc de limitation de l'étalement, et de réduction des impacts environnementaux de la densification. Notre scénario pour la biodiversité adopte donc un objectif de densité urbaine « soutenable » pour ses habitants et pour la biodiversité qui l'habite. Les seuils de densité sont définis en fonction du contexte local et reposent sur des objectifs d'amélioration de la qualité de vie, de protection et de développement d'espaces verts écologiquement riches et connectés les uns aux autres. Les politiques d'aménagement reposent, pour chaque pôle urbain, sur un arbitrage entre les bénéfices de la densification et ceux associés au développement, plus consommateur d'espaces, de mosaïques paysagères ouvertes mêlant différents types d'occupation des sols sans fragmenter les écosystèmes.

➤ Les hypothèses de diminution de l'utilisation de la voiture individuelle au profit des transports en commun du scénario « Ville contenue » sont aussi intégrées à notre scénario à l'horizon 2030, tout en y ajoutant des mesures d'atténuation comme l'aménagement de ponts et tunnels de franchissement pour la faune et le développement de voies vertes propices au maintien des corridors écologiques et au bien-être des habitants des villes. Enfin, notre scénario suppose des modes de vie, de consommation et de production plus sobres afin de réduire la pression exercée par les villes sur les ressources localement, par exemple, via une moindre consommation d'eau et production de déchets, et régionalement, par exemple, au travers du développement des circuits courts d'approvisionnement alimentaire.

### 8.4 Les aires protégées et les forêts : composantes incontournables d'un scénario pour la biodiversité

➤ Les composantes Énergie, Agriculture & alimentation et Urbanisation du scénario pour la biodiversité permettent d'enrichir le scénario schématique présenté dans la section 3. Toutefois, les hypothèses sur le futur de ces composantes ne permettent pas à elles seules d'atteindre l'objectif « Zéro perte nette de biodiversité à l'horizon 2030 ». Elles n'en disent pas suffisamment sur le futur des zones à forts enjeux de conservation de la biodiversité pour lesquelles le scénario schématique prévoit une protection forte.

➤ Une première dimension manquante à notre scénario concerne le devenir des aires protégées. En 2019, le réseau des aires protégées terrestres représentait 29,5% de la superficie totale de la France, très proche de l'objectif fixé par le gouvernement de 30% en 2022. Toutefois, seulement 13,5% du territoire métropolitain étaient couverts par des aires protégées et 1,39% bénéficiait d'une protection forte (MTES, 2020). La cible d'Aichi sur les aires protégées est celle qui a été la plus facilement atteinte par les pays signataires puisqu'il est aisé de créer des aires protégées sans mettre en place de réelles mesures de protection ou dans des zones peu peuplées et représentant parfois peu d'intérêt pour la biodiversité. La capacité d'un réseau d'aires protégées à contribuer à l'objectif « Zéro perte nette de biodiversité » repose donc sur la répartition des aires protégées à travers le territoire, leurs modes de gestion, leurs connectivités et leurs niveaux de protection. Le choix des niveaux de protection, et des activités humaines autorisées ou non, implique des arbitrages, en fonction des spécificités de chaque territoire, entre objectifs de conservation et objectifs sociaux et économiques.

➤ Le devenir des forêts est une seconde dimension manquante de notre scénario, les enjeux associés à la forêt n'étant qu'effleurés dans ses composantes Agriculture et Énergie. Les forêts couvrent 31% du territoire métropolitain (INRA, 2019) et leurs surfaces ont augmenté de 120 000 hectares par an entre 2006 et 2015 notamment du fait de la déprise agricole (Denardou et al., 2017). L'artificialisation des sols au bénéfice de l'urbanisation et des infrastructures se traduit toutefois par des destructions et fragmentations d'habitats, notamment dans les petits massifs forestiers. La forêt française a généralement bénéficié de niveaux de protection plus élevés que les autres écosystèmes ; elle représente d'ailleurs 37% des surfaces en aires terrestres protégées de la métropole (Léonard et al., 2019). Pourtant, l'évaluation nationale de l'état de conservation des habitats et espèces d'intérêt communautaire pour la période 2007-2012 considère que, pour les écosystèmes métropolitains évalués, plus de la moitié des plantes

forestières, 17% des oiseaux forestiers et 7% des mammifères forestiers sont menacés (EFESE, 2019). Le changement climatique affecte et continuera d'affecter les forêts françaises en augmentant les risques naturels associés (tempêtes, sécheresses, incendies, ravageurs et pathogènes) et en modifiant les aires de répartition des espèces (ibid).

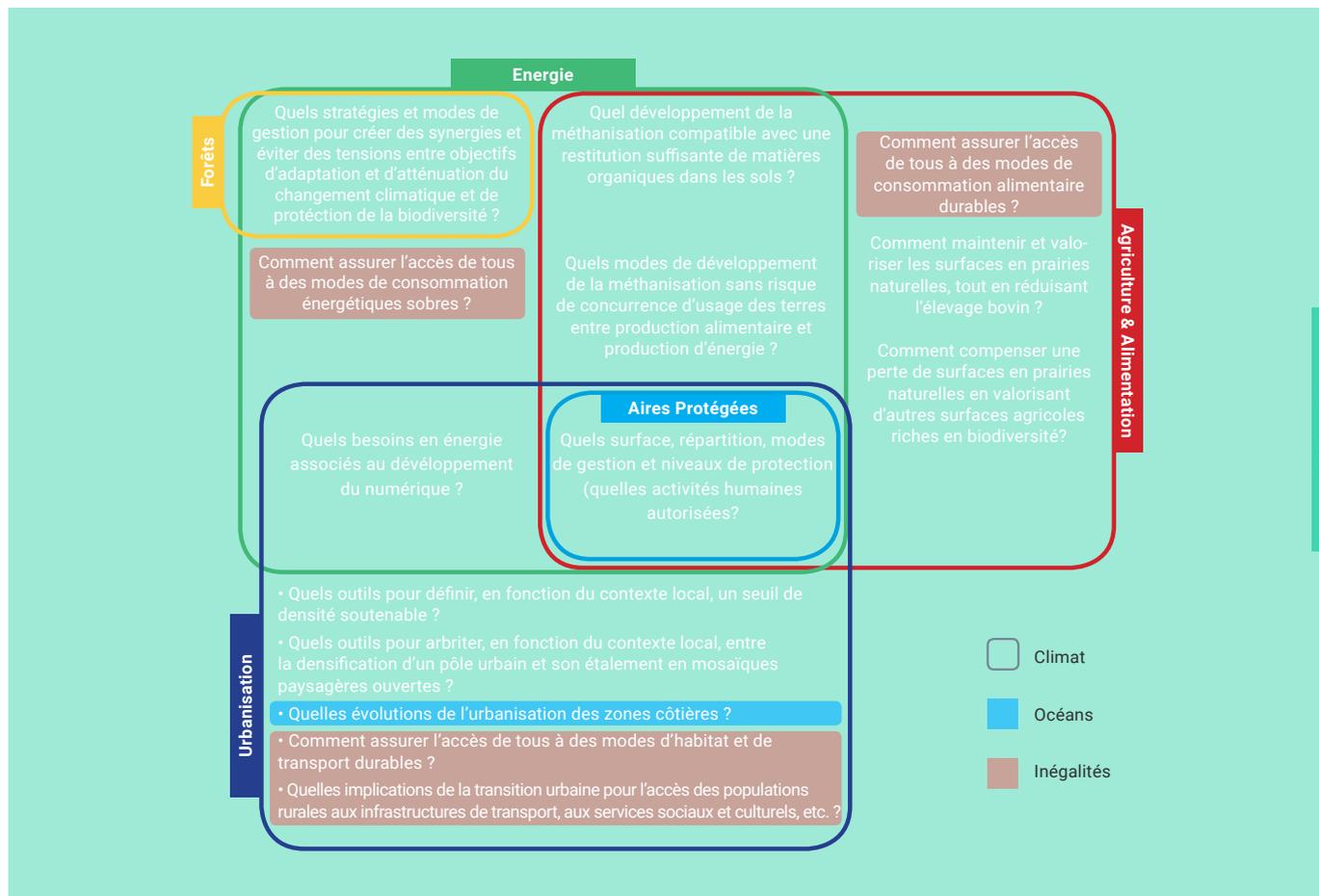
➤ La filière bois-énergie représente déjà près de 40% de la production d'énergies renouvelables (MEEM, 2016) et le scénario négaWatt envisage une augmentation de 60% de la production d'énergie bois (en TWh) entre 2010 et 2030. Notre scénario, quant à lui, ne statue pas sur l'ampleur du développement de la filière bois-énergie, les implications d'un tel développement pour la biodiversité étant trop incertaines. La filière bois-matériaux, susceptible d'être stimulée par la demande en matériaux biosourcés, pose les mêmes questions. Le rôle des forêts dans l'atténuation du changement climatique, au-delà des effets de substitution (bois-énergie ou bois-matériaux comme substitués aux énergies fossiles et aux matériaux tels que l'acier ou le béton), tient aussi au stockage de carbone dans les écosystèmes (et dans les produits bois). Une question importante pour le futur des forêts tient donc à notre capacité à concevoir et à mettre en œuvre des stratégies régionales et nationales et des modes de gestion adaptés

à chaque massif créant le plus de synergies et le moins de tensions possibles entre les objectifs d'adaptation et d'atténuation du changement climatique, de protection de la biodiversité et de la diversité des services qu'elle rend.

### 8.5 Des incertitudes et questions pour la recherche à l'intersection d'une variété d'enjeux de développement durable

➤ Notre scénario pour la biodiversité est incomplet puisqu'il ne statue pas sur les éléments des transitions énergétique, agro-écologique et urbaine dont les implications pour la biodiversité apparaissent incertaines, ni sur le futur des aires protégées et des forêts, qui mériteraient d'être étudiées de façon plus approfondie. A ces incertitudes s'ajoutent celles identifiées dans la section précédente, qui concernent les implications des transitions énergétique, agro-écologique et urbaine pour les océans, l'eau douce, le climat et les inégalités. La figure 8.1 reprend l'ensemble de ces incertitudes, qui sont autant de questions posées à la recherche, en soulignant leur imbrication dans les différents ODD étudiés. Ces questions, toutes déterminantes pour le futur de la biodiversité mais aussi du climat, se situent aux intersections d'une variété d'enjeux de développement durable et par conséquent de disciplines scientifiques.

Figure 8.1 Les principales incertitudes et questions de recherche du scénario



# TRANSITIONS LOCALES ET ENJEUX PLANÉTAIRES

► Analyser en quoi la réalisation du scénario pour la biodiversité en France affecterait la capacité d'autres pays et régions à atteindre les ODD conduit nécessairement à poser la question en sens inverse, à savoir ce qui dans le reste du monde empêcherait ou faciliterait la réalisation du scénario en France. Les implications internationales d'un scénario pour la France, qui représente 1,3% de la surface terrestre et moins de 1% de la population mondiale, sont nécessairement limitées quand on considère les enjeux planétaires tels que la biodiversité, la sécurité alimentaire ou le changement climatique. Ainsi, la baisse des émissions de GES françaises ne peut pas influencer significativement les scénarios climatiques. Les implications de notre scénario pour d'autres pays ou régions, et pour l'échelle planétaire, ne prennent donc tout leur sens que si les transitions et transformations qu'il met en jeu sont au minimum européennes. En outre, étant donné le poids de la Politique agricole commune dans les orientations du secteur agricole français, la transition agro-écologique imaginée n'est envisageable qu'à l'échelle européenne. Si l'on fait l'hypothèse que les transformations sur lesquelles le scénario pour la biodiversité repose ne sont pas seulement françaises mais européennes ou même plus largement adoptées, les implications pour les ODD dans d'autres régions ou à l'échelle mondiale sont multiples. Les transitions agro-écologique et énergétique, notamment, sont à l'origine d'interactions d'échelles déterminantes pour la biodiversité à l'échelle mondiale.

## 9.1 Transition agro-écologique et sécurité alimentaire mondiale

► Une transition agro-écologique permettant de rétablir l'autonomie française, a fortiori européenne, en protéine végétale a des implications très importantes à l'échelle mondiale, à la fois pour la biodiversité et le changement climatique. En effet, les importations de protéines végétales pour l'alimentation animale sont la principale cause de déforestation importée de la France et de l'Europe. Elles représentaient 44 % de la déforestation importée dans l'Union Européenne en 2008 (Commission Européenne, 2013). Pendrill et al. (2019) estiment par ailleurs que la déforestation importée représente environ un sixième de l'empreinte carbone de l'alimentation humaine de l'Union Européenne sur la période 2010-2014. Plus généralement, les transformations des régimes alimentaires (moindres gaspillages et consommation de produits animaux) et

des pratiques d'élevage apparaissent centrales dans toute trajectoire de réalisation des ODD Biodiversité et Climat à l'échelle mondiale puisque 29 à 39% des émissions de carbone dues à la déforestation sur la période 2010-2014 sont liées au commerce international, principalement de viande bovine et d'oléagineux (Pendrill et al., 2019).

► La réduction des exportations agricoles françaises, a fortiori européennes, dans le scénario pour la biodiversité, à l'image de celle caractérisant Afterres2050, suggère un possible déséquilibre entre offre et demande alimentaires à l'échelle mondiale<sup>28</sup>. Afterres2050 fait l'hypothèse d'un développement très rapide de l'agriculture subsaharienne permettant à cette région, dont la population devrait doubler entre 2010 et 2050 (ONU, 2019), d'être proche de la souveraineté alimentaire en 2050. Le volant de céréales françaises disponible pour l'exportation est donc réservé, dans Afterres2050, à la région Afrique du Nord et Moyen-Orient pour tenir compte de l'impact du changement climatique et des disponibilités limitées en terres cultivables dans cette région. L'hypothèse de l'essor rapide de l'agriculture dans les pays d'Afrique subsaharienne, eux aussi très marqués par le changement climatique, est lourde d'enjeux sur les modalités du commerce mondial. En ce qui concerne plus directement la biodiversité, un tel développement agricole en Afrique subsaharienne pose de nombreuses questions. Elles concernent l'évolution de l'usage des terres et en particulier les surfaces en forêts, les voies d'augmentation des rendements (révolution verte avec forte augmentation des intrants ou révolution agro-écologique ?), ou encore les évolutions des régimes alimentaires et donc des besoins en surfaces agricoles pour l'élevage.

## 9.2 Transition énergétique et numérisation : une nouvelle géographie des ressources stratégiques

► L'augmentation de la part des énergies renouvelables dans le scénario pour la biodiversité repose sur l'extraction croissante de certains métaux pour la construction des infrastructures énergétiques comme les éoliennes, les panneaux solaires ou les accumulateurs, qui ne sont pas disponibles en Europe. Giurco et al. (2019) évaluent l'ampleur des besoins en lithium et en cobalt, utilisés dans la fabrication de batteries<sup>29</sup>, et en argent, utilisé dans la fabrication de cellules photovoltaïques, dans un scénario

<sup>28</sup> La France est aujourd'hui au cinquième rang des exportateurs de produits agroalimentaires, les céréales représentant l'essentiel du solde excédentaire (surtout vers l'Europe et l'Afrique du nord et le Moyen-Orient). Dans le scénario Afterres2050, le solde excédentaire diminue d'environ 15% en valeur énergétique entre 2010 et 2050. Les échanges intra-européens de céréales concernent aujourd'hui essentiellement l'alimentation animale. Une baisse de la consommation de produits animaux dans l'ensemble de l'Europe, avec des ruminants davantage nourris à l'herbe, rendrait l'essentiel de ces échanges inutiles (Solagro, 2016).

<sup>29</sup> Dans le scénario de Giurco et al (2019), les technologies de stockage de l'énergie sont dominées par le stockage via l'hydrogène et le stockage hydraulique gravitaire. Les batteries lithium, importantes pour le transport et les systèmes embarqués, représentent 6% du stockage de l'énergie.

mondial permettant de limiter le réchauffement climatique à 1.5° en 2100 conformément à l'Accord de Paris. Ce scénario est caractérisé, en 2050 par 100% d'énergies renouvelables (le photovoltaïque fournissant un tiers de l'énergie) et une électrification importante du transport terrestre (55% de l'énergie utilisée dans le transport routier est électrique). Il comporte plusieurs variantes qui permettent d'explorer le potentiel associé à des gains d'efficacité dans l'utilisation des matériaux et à une augmentation substantielle du recyclage<sup>30</sup>. Dans ce scénario, la demande cumulée d'argent, sur la période 2015-2050, pour la seule production de cellules photovoltaïques, représente 50% des réserves actuelles d'argent. Les demandes cumulées de cobalt et de lithium, quant à elles, sont supérieures aux réserves actuelles<sup>31</sup>, quelles que soient les variantes pour le cobalt, et pour toutes les variantes sauf celle envisageant un effort massif de recyclage, pour le lithium.

➤ L'essor des énergies renouvelables modifie considérablement l'origine géographique des matières premières stratégiques pour la production énergétique, avec des conséquences géopolitiques mais aussi sociales et environnementales pour les communautés locales (Giurco et al., 2019). Leur extraction et leur traitement sont des sources majeures de dégradations des habitats et de pollutions (Tableau 9.1). Le scénario de Giurco et al. (2019) souligne le rôle clé des progrès en matière de recyclage dans la transition énergétique puisqu'il table sur une baisse de la demande finale d'énergie à l'échelle mondiale de 26% entre 2015 et 2050. L'évolution du numérique, dont les implications ont déjà été soulignées à propos de la transition urbaine, sera déterminante à cet égard. Le Shift Project, sur la base des données de Andrae et Edler (2015), estime ainsi que la consommation énergétique mondiale du numérique double tous les huit ans et est appelée à s'accélérer si les pratiques de consommation n'évoluent pas vers davantage de sobriété (The Shift Project, 2018).

**Tableau 9.1** Les impacts de l'extraction de minerais pour la production de batteries sur l'environnement et la santé

	Principaux pays producteurs	Impacts sur l'environnement et la santé
<b>Graphite</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Chine : 65% ;</li> <li>➤ Inde : 15%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Chine : pollution de l'air par la poussière de graphite causant des affections respiratoires ; pollution de l'eau par les acides, y compris de l'eau potable</li> </ul>
<b>Lithium</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Australie : 40% ;</li> <li>➤ Chili : 35%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Australie : volume important de déchets pierreux, prélèvements massifs d'eau</li> <li>➤ Argentine et Chili : Pollution et diminution des ressources en eau, lessivage, déversement et émissions de produits chimiques</li> </ul>
<b>Cobalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ République démocratique du Congo : 50% ;</li> <li>➤ Chine, Canada, Russie et Australie : à peu près 5% chacun</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ RDC : pollutions de l'air, de l'eau et des sols menant à des contaminations importantes aux métaux lourds chez les populations locales, impacts pour la santé incluant des troubles thyroïdiens, des affections respiratoires et des malformations congénitales</li> </ul>
<b>Roche phosphatée</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Chine : 45% ;</li> <li>➤ Maroc et Sahara occidental : 13% ;</li> <li>➤ USA : 12%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Chine : volume important de déchets pierreux ; contamination des eaux à l'uranium, l'arsenic et le cadmium avec des impacts sur la santé humaine</li> <li>➤ Namibie : Risques associés à l'exploitation minière des grands fonds marins</li> </ul>
<b>Plomb</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Chine : 50% ;</li> <li>➤ Australie : 13%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Chine : contaminations aux métaux lourds (cuivre et cadmium) de l'eau, du sol et des végétaux ; impacts sur la santé importants notamment pour les enfants</li> </ul>

Source : Florin et Dominish (2017)

<sup>30</sup> Le taux de recyclage de l'argent et du lithium passe de 0% à respectivement 81% et 95% et le taux de recyclage du cobalt passe de 90% à 95% entre 2015 et 2050 (Giurco et al., 2019)

<sup>31</sup> Les réserves représentent la part des ressources totales qui peuvent être extraites aux conditions de rentabilité actuelles.

# LES TRANSFORMATIONS SOCIÉTALES DU SCÉNARIO POUR LA BIODIVERSITÉ

► Le scénario pour la biodiversité repose sur des changements rapides de notre modèle agricole, nos comportements alimentaires, notre système énergétique, nos modes de transports et d'habitat, et nos stratégies de protection de la biodiversité. Ces changements représentent des transformations sociétales majeures, qui touchent à notre relation à la nature et mettent la sobriété de nos modes de consommation et de production au premier plan. Inverser les tendances à l'œuvre d'usage des intrants chimiques dans l'agriculture et d'artificialisation des sols constitue deux exemples de transformations vers davantage de sobriété particulièrement intéressants. En effet, d'une part, les pollutions causées par les intrants chimiques et l'artificialisation des sols comptent parmi les facteurs les plus déterminants de l'érosion de la biodiversité en France métropolitaine. D'autre part, ces facteurs peuvent être infléchis par les acteurs publics et privés à l'échelle du territoire. Enfin, la réduction de l'usage des intrants chimiques et le ralentissement de l'artificialisation sont inscrits dans l'agenda politique national depuis plus de dix ans sans qu'ils aient pu être réellement amorcés.

► Les transformations trouvent leur origine dans les processus de prise de décision, que ce soit des consommateurs, des producteurs, des citoyens ou des acteurs publics. Ces processus sont façonnés et contraints par des facteurs qui peuvent être distingués selon leur nature. Ils relèvent des préférences des décideurs, qui traduisent leurs valeurs (v), du contexte institutionnel dans lequel les décideurs évoluent, c'est-à-dire les règles formelles et informelles (r), et de leur compréhension du monde, qui relève des connaissances (k) (Colloff et al., 2017). L'approche *vrk* (*value, rule, knowledge*), mobilisée ici pour analyser les transformations nécessaires à la réduction de l'usage des intrants chimiques et au ralentissement de l'artificialisation, permet de faire un diagnostic des obstacles aux transformations mais aussi d'identifier les leviers de changement. En effet, les facteurs qui façonnent les cadres de prise de décision interagissent et co-évoluent. Ainsi de nouvelles connaissances ou de nouvelles lois peuvent faire évoluer les valeurs, qui à leur tour peuvent stimuler des changements institutionnels ou valoriser des connaissances jusqu'alors peu mobilisées dans la prise de décision.

## 10.1 Sobriété dans l'usage des intrants chimiques : un objectif largement consensuel qui se heurte à la cohérence du système agricole et alimentaire

► Dans le scénario pour la biodiversité la consommation d'azote minéral est réduite de moitié et celle de produits phytosanitaires est divisée par quatre d'ici à 2030. Ceci repose sur des transformations des pratiques agricoles et des habitudes de consommation alimentaire partiellement amorcées, mais à un rythme trop lent pour atteindre l'objectif « Zéro perte nette de biodiversité » à l'horizon 2030. Si les conversions en agriculture biologique progressent à un rythme plutôt soutenu en France<sup>32</sup>, l'usage des phytosanitaires n'a pas amorcé de tendance à la baisse<sup>33</sup>. Pourtant, cet objectif est affiché dans les politiques publiques depuis une vingtaine d'années, et ce tant au niveau européen (Directive cadre européenne sur l'eau, Directive Reach) que national (Premier plan national santé-environnement en 2004, Ecophyto 1 et 2). Ainsi, le plan « Ecophyto 2018 » adopté en 2008 qui visait une réduction, « si possible », de moitié de l'usage des pesticides en 10 ans ne s'est traduit ni par une réduction de l'usage des pesticides, ni par une réduction de la pollution de l'eau (Hossard et al., 2017). Le plan Ecophyto II, adopté en 2015, repousse l'objectif de réduction de 50% à 2025 mais l'objectif intermédiaire de réduction de 25% pour 2020 n'est pas atteint et aucune baisse ne semble amorcée à ce jour.

► Les habitudes alimentaires des français sont en constante évolution depuis les années 1960. Les préoccupations de santé jouent un rôle croissant depuis les années 2000, notamment suite à la crise de la vache folle, tandis que les préoccupations environnementales se sont affirmées plus récemment. D'après l'enquête annuelle de l'Agence française pour le développement et la promotion de l'agriculture biologique, les achats des ménages en produits biologiques ont augmenté de 22% par an entre 2013 et 2018. En 2019, 59% des consommateurs bio déclarent consommer des produits bio pour préserver leur santé, 51% pour la qualité et le goût et 45% pour préserver l'environnement. En outre, 82% des Français interrogés estiment important de développer l'agriculture

<sup>32</sup> Les surfaces cultivées en agriculture biologique représentent 7% de la Surface Agricole Utile (SAU) française en 2018 et ont progressé en moyenne de 16% par an entre 2012 et 2018 (EUROSTAT, 2020a). Dans notre scénario, elles atteignent 50% en 2030, ce qui suppose une progression à un rythme trois fois plus rapide entre 2020 et 2030. La part de la SAU en agriculture biologique s'élevait à 7,5% pour l'Union Européenne dans son ensemble en 2018 (EUROSTAT, 2020a).

<sup>33</sup> L'usage de produits phytosanitaires mesuré en tonne de substance active par hectare et la consommation de fertilisants azotés en France se situent dans la moyenne européenne (EUROSTAT, 2020b).

biologique et 83% lui font confiance. Pourtant, la part des Français consommant des produits bio quotidiennement reste limitée et progresse lentement puisqu'elle est passée de 10% en 2015 à 14% en 2019. Parallèlement, la part de marché du bio dans l'alimentation des ménages a certes un peu plus que doublé entre 2012 et 2018 mais demeure marginale à 4,8% en 2018 (Agence Bio, 2019).

➤ Le tableau 10.1 présentent les principaux obstacles à une réduction de l'usage des intrants chimiques en les classant selon qu'ils relèvent des valeurs, des institutions (ou règles) ou des connaissances. Les valeurs qui font obstacle à la réduction de l'usage des intrants chimiques, que ce soit du côté des consommateurs (abondance, apparence des fruits et légumes) ou des producteurs (agriculture à haut rendement, « terre propre ») sont contrebalancées par la montée en puissance de nouvelles valeurs. Celles-ci, au contraire, mettent en avant l'authenticité, le terroir, la proximité<sup>34</sup>, la qualité et s'accompagnent d'une perception de plus en plus négative de l'industrialisation des aliments et de plus en plus favorable aux pratiques agricoles respectueuses de l'environnement.

➤ Les obstacles relevant des règles apparaissent beaucoup plus prégnants du fait de leur caractère systémique. Du côté des consommateurs, l'écart de prix entre produits issus des agricultures conventionnelle et biologique tend à se réduire, notamment du fait de l'offre croissante de produits bio par la grande distribution, qui facilite également l'accès à proximité de tous les ménages à ces produits. En outre, dans le scénario pour la biodiversité, à l'image du scénario Aferres2050, les ménages français achètent un peu moins de produits alimentaires grâce à la réduction des surconsommations et gaspillages, moins de produits d'origine animale et de produits transformés. L'augmentation des prix des produits alimentaires sous-tendue par la hausse de leur qualité (produits issus de l'agriculture biologique et autres signes de qualité) est compensée par les effets volumes et de substitution et les dépenses alimentaires des ménages se voient en moyenne inchangées. Dans notre scénario, les prix et les inégalités de revenus ne sont donc pas à eux seuls un frein à l'essor de la consommation de produits issus de l'agriculture biologique. Toutefois, les inégalités d'accès au bio et plus généralement au régime alimentaire de notre scénario résultent de nombreux facteurs démographiques et socio-culturels qui ne se résument pas aux effets prix et revenu. Elles concernent aussi l'éducation nutritionnelle, les compétences culinaires et les conditions de vie. Ainsi, par exemple, la tendance à la baisse de la consommation de viande en France depuis 20 ans s'est accompagnée d'un renversement des caractéristiques sociologiques de cette consommation, qui a longtemps été plus importante chez les ménages les plus aisés. En 2016, la consommation

moyenne de produits carnés des cadres et professions libérales était de 113 grammes par jour, alors que celle des ouvriers s'élevait à 151 grammes par jour (Tavoularis et Sauvage, 2018). Un autre exemple concerne le temps passé à cuisiner. Les femmes des groupes socio-économiques les plus modestes passent davantage de temps à cuisiner que les femmes aux revenus les plus élevés, mais les employées et les ouvrières utilisent moins de produits bruts et frais que les cadres supérieures<sup>35</sup> (Méjean et al., 2017).

➤ Du côté de la production, les obstacles relevant des règles révèlent le poids de la structuration des filières agricoles et agro-alimentaires. Notamment, les exploitants sont très dépendants des coopératives qui imposent des critères exigeants en termes de rendements tout en fournissant les services de conseil et parfois les produits phytosanitaires permettant de les atteindre. Les cahiers des charges sont contraignants puisqu'ils doivent répondre aux exigences de standardisation de la grande distribution et de l'industrie agroalimentaire. Leur forte structuration rend les systèmes agricoles très « dépendants du sentier » et marqués par des phénomènes puissants de verrouillage (*lock-in*) (Vanloqueren et Baret, 2009). Analysant les formes prises par les trajectoires de conversion à l'agriculture biologique et à la protection intégrée, Lamine et al. (2009) montrent que les transformations entreprises par l'exploitant en conversion vont bien au-delà d'un changement de pratiques agricoles et modifient ses « relations à d'autres « objets » : le sol, les productions, les rotations, l'organisation du travail, la commercialisation, les réseaux sociaux, les apprentissages ». La difficulté à sortir de l'agriculture conventionnelle est renforcée par la cohérence de l'ensemble du système agroalimentaire, la transformation des systèmes de production reposant en grande partie sur celles des modes de transformation, de distribution et de consommation et inversement. Le cas des légumineuses est un bon exemple à cet égard puisque leur développement appelle des transformations qui vont de l'amont à l'aval du système agricole et alimentaire (Encadré 10.1).



<sup>34</sup> Les résultats préliminaires de l'enquête « Manger au temps du Coronavirus » réalisée par une équipe de l'INRAE montrent que les consommateurs français ont plébiscité les produits locaux distribués en circuits courts pendant la période de confinement pour des raisons de confiance dans les produits, de solidarité et de santé (RMT Alimentation locale, 2020). Ce phénomène, qu'il faudra suivre dans la durée, semble confirmer que les situations de crise sont propices à accélérer les transformations des comportements.

<sup>35</sup> Peu de différences entre catégories socio-professionnelles sont observées pour les hommes (Méjean et al., 2017).

Tableau 10.1 Obstacles à une moindre utilisation de pesticides et de fertilisants de synthèse

	Consommateurs	Producteurs	Acteurs publics
<b>Valeurs</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Importance donnée à l'abondance et à l'apparence des produits alimentaires</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Image positive d'une agriculture à haut rendement produisant en abondance</li> <li>➤ Image positive associée à une « terre propre »<sup>36</sup></li> </ul>	
<b>Règles</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Le prix des produits issus de l'agriculture biologique reste le premier frein à la consommation de ces produits<sup>37</sup></li> <li>➤ Insuffisance de l'offre locale de produits bio<sup>38</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Asymétries de pouvoir entre les exploitants agricoles, les coopératives, les industries de transformation et les distributeurs</li> <li>➤ Risques et incertitudes associés au changement de pratiques agricoles. Le faible niveau de rémunération de la profession agricole freine la prise de risque</li> <li>➤ Difficultés d'obtention des labels de bonnes pratiques agricoles (coûts élevés et réglementations exigeantes)</li> <li>➤ Difficultés d'accès aux réseaux de distribution de l'agriculture bio</li> <li>➤ Difficultés d'accès au foncier agricole et aux financements pour les petits exploitants</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Peu d'instruments de politique publique contraignants, que ce soit aux niveaux local, national ou dans le cadre de la Politique agricole commune</li> </ul>
<b>Connaissances</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Manque de transparence de l'industrie agro-alimentaire quant à la provenance, la composition et la qualité de leurs produits</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Manque de solutions alternatives aux produits phytosanitaires</li> <li>➤ Manque de formations techniques et de gestion en non-conventionnel</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Manque de connaissances sur les effets néfastes de l'utilisation des produits phytosanitaires pour la santé des agriculteurs et des consommateurs</li> <li>➤ Manque de connaissances sur l'effet « cocktail » : peu de données concernant les interactions possibles entre les composants d'un mélange de substances chimiques et leurs effets sur la santé</li> </ul>		

<sup>36</sup> Comme le soulignent Roussary et al. (2013), « la présence d'adventices ou de nuisibles – sur ses propres cultures ou dans les parcelles voisines – renvoie pour les agriculteurs à une stigmatisation de « mauvaises pratiques agricoles », et du « laisser-aller ». À l'inverse, « la technicité agronomique », le « propre » renvoient à une représentation valorisante de leur métier ».

<sup>37</sup> Les coûts de production en agriculture biologique sont plus élevés en moyenne. Il faut y ajouter les coûts de contrôle et de certification. Par ailleurs, les réseaux de collecte et de distribution ne permettent pas les économies d'échelle des réseaux conventionnels.

<sup>38</sup> Bien que la part (en valeur monétaire) des produits bio provenant d'autres pays dans le total des produits bio achetés en France tend à baisser, elle reste significative à 31% en 2018 (Agence Bio, 2019).

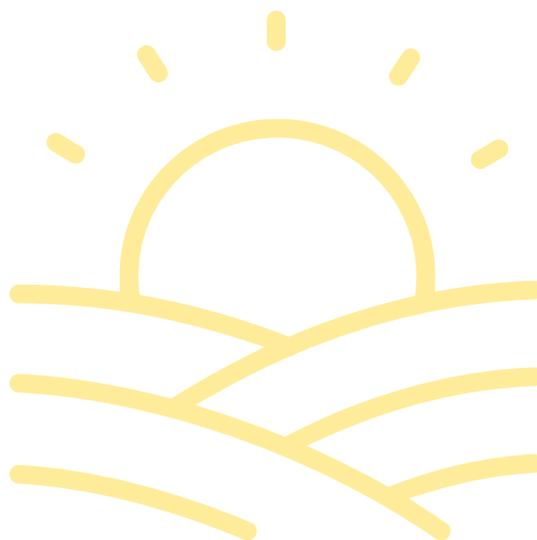
## 10.2 Sobriété dans l'usage des sols : un objectif secondaire

➤ Le scénario pour la biodiversité suppose un renversement des tendances d'étalement urbain et d'artificialisation des sols<sup>39</sup>. L'expertise scientifique collective sur l'artificialisation, réalisée en 2017 à la demande des pouvoirs publics, témoigne de l'importance du sujet dans le débat public (Béchet et al., 2019). Les inquiétudes des citoyens et des décideurs portent sur le rôle de l'artificialisation à la fois dans l'érosion de la biodiversité et dans la perte de terres agricoles<sup>40</sup>.

➤ L'évaluation des taux d'artificialisation des sols français varient selon les méthodes d'estimation. Selon l'enquête Teruti-Lucas, en 2014, 9,3 % des sols français étaient artificialisés (5,1 millions d'hectares)<sup>41</sup> alors que les données européennes issues de *Corine Land Cover* évaluaient cette part à 5,3 % en 2012 (3 millions d'hectares), situant la France dans la moyenne européenne. Ces études s'accordent sur l'accélération de l'artificialisation des sols français, caractérisée par une forte progression dans les années 2000, suivi d'un ralentissement entre 2009 et 2014 et d'une reprise en 2015. Avec un rythme de croissance des surfaces artificialisées évalué à environ 0,5 % par an, la France est proche de la moyenne européenne et se situe entre l'Espagne et l'Allemagne dont les rythmes d'artificialisation sont respectivement cinq fois plus et deux fois moins rapides (Béchet et al., 2019).

➤ Béchet et al. (2019) montrent que les changements d'affectation des sols français résultent pour beaucoup d'un double mouvement : d'urbanisation, d'une part, et de déprise agricole, d'autre part. D'après les données de Teruti-Lucas, les deux tiers des surfaces artificialisées entre 2006 et 2014 l'ont été au détriment des sols agricoles. Il ne faut cependant pas en conclure que la déprise agricole résulte de l'étalement urbain puisque, sur cette période, les pertes de terres agricoles au profit des surfaces boisées et naturelles (- 817 000 ha) ont été plus importantes que celles associées à l'artificialisation (- 524 000 ha), avec des impacts très différents sur la biodiversité et en termes de réversibilité. Quoi qu'il en soit, l'impact des tendances à l'œuvre sur les écosystèmes est considérable puisque l'expansion des surfaces imperméabilisées a été plus rapide que celle de l'ensemble des surfaces artificialisées. De plus, l'artificialisation a davantage touché, d'une part, les espaces à proximité des villes, qui sont souvent des espaces agricoles de qualité, et d'autre part, les espaces naturels côtiers et les zones humides (Béchet et al., 2019 ; Chery et al., 2014). Enfin, la périurbanisation s'est traduite par un mitage de constructions immobilières situées au milieu d'espaces agricoles, forestiers ou naturels avec des effets très importants sur la biodiversité.

➤ Le tableau 10.2 rassemble les obstacles à une moindre artificialisation des sols en les distinguant selon leur nature (valeurs, règles, connaissances). La préférence pour l'habitat individuel est particulièrement marquée chez les Français. Selon une enquête du CREDOC, en 2004, 87 % des Français interrogés souhaitaient un habitat individuel (56 % une maison individuelle isolée, 20 % une maison individuelle en ensemble pavillonnaire, et 11 % un petit habitat individuel en ville) et 58% considéraient la présence d'un jardin comme un élément très important d'un logement (Djefal & Eugène, 2004). Cette préférence ne s'est vraisemblablement pas démentie puisque les maisons individuelles représentaient 55,4% des logements en France métropolitaine en 2017, contre 55,8% en 2007 (INSEE, 2020). Elle est un facteur puissant d'artificialisation puisque la maison individuelle (avec son jardin) représente 94% de l'extension des surfaces artificialisées pour l'habitat sur la période 2006-2014 (Béchet et al, 2019).



<sup>39</sup> Le terme d'artificialisation des sols désigne des surfaces retirées de leur état naturel (friche, zone humide, etc.) ou de leurs usages forestiers ou agricoles. Les sols artificialisés regroupent donc des espaces construits et non construits (logements, bâtiments industriels, chantiers, carrières, mines, décharges, etc.) mais aussi des espaces verts (parcs et jardins, équipements sportifs et de loisirs, etc.).

<sup>40</sup> Le plan Biodiversité de 2018 fixe l'objectif de « zéro artificialisation nette » des sols à l'horizon 2050 (MTES, 2018).

Tableau 10.2 Obstacles à une moindre artificialisation des sols

	Acteurs privés	Acteurs publics
<b>Valeurs</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Le désir de maison individuelle avec jardin et le rejet de l'habitat dense</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ La croissance urbaine est un signe de réussite pour les élus locaux</li> </ul>
<b>Règles</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ La croissance démographique et la décohabitation stimulent la demande de logement</li> <li>➤ Le nombre croissant de résidences secondaires et de logements vacants</li> <li>➤ La relocalisation des emplois dans la périphérie des grandes villes et dans le périurbain</li> <li>➤ Le développement des activités logistiques (entrepôts mais aussi parkings et voies d'accès)</li> <li>➤ L'essor du secteur récréatif, grand consommateur d'espace</li> <li>➤ Le coût du logement (en hausse) relativement au coût du transport (en baisse) favorise l'étalement urbain</li> <li>➤ Le coût de la rénovation relativement à celui de la construction neuve favorise l'étalement urbain</li> <li>➤ Les rentes attendues pour un usage urbain des sols sont souvent supérieures à la rente agricole</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Des politiques publiques destinées à renforcer le parc immobilier pour faire face aux besoins en logement</li> <li>➤ L'impératif de création d'emplois pour les collectivités locales</li> <li>➤ La fiscalité sur le foncier non bâti encourage la rétention de terrains constructibles dans les zones urbaines</li> <li>➤ La mise en œuvre des politiques de zonage à l'échelon local expose les décideurs à de fortes pressions des propriétaires et des aménageurs</li> <li>➤ Les mécanismes de compensation de l'artificialisation des sols sont limités et peu appliqués</li> <li>➤ La mise en œuvre des instruments existants est complexe et coûteuse (mesures de taxation et de suivi)</li> <li>➤ Le champ d'application des études d'impact est limité en raison des seuils élevés de surface au-delà desquels elles sont requises</li> <li>➤ Les impacts sur la qualité des sols sont peu pris en compte dans les études d'impact des projets ou dans les évaluations environnementales des documents de planification</li> </ul>
<b>Connaissances</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Le manque de connaissance sur les conséquences environnementales de nos choix de modes de vie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Les instruments juridiques et politiques existants de lutte contre l'artificialisation sont peu connus et donc peu mis en œuvre</li> <li>➤ Le déficit de connaissance sur l'état de l'environnement et en particulier des sols</li> </ul>

**Note :** Les tableaux présentés dans ce document, quand ils ne mentionnent pas de source, reposent sur les discussions des participants de l'atelier ou sur des auditions d'experts avant ou après l'atelier. Le tableau 10.2 repose à la fois sur les discussions et auditions d'experts et sur l'analyse des déterminants de l'artificialisation réalisée par Béchet et al, (2019).

<sup>41</sup> Les 5,1 millions d'hectares artificialisés en 2014, selon Teruti-Lucas, comprennent 1 million d'ha bâtis (+22% par rapport à 2006), 2,5 millions d'ha de sols revêtus ou stabilisés (+14% par rapport à 2006) et 1,7 million d'ha de sols non imperméabilisés, enherbés ou nus (+4% par rapport à 2006). La réversibilité de l'artificialisation est très différente selon ces catégories, l'artificialisation étant beaucoup plus aisément réversible pour les sols stabilisés (lignes de chemin de fer notamment), et enherbés ou nus (Béchet et al., 2019).

➤ A ce facteur d'artificialisation associé aux valeurs s'ajoutent des tendances démographiques et sociétales lourdes qui stimulent la demande de logement, telles que la croissance démographique, la décohabitation ou encore l'augmentation du nombre de résidences secondaires. Des facteurs économiques, tels que la hausse du coût du logement relativement à celui du transport et l'essor d'activités consommatrices d'espaces périurbains (activités logistiques, secteur récréatif), renforcent à leur tour l'artificialisation et en particulier la périurbanisation. Béchet et al. (2019) montrent que les politiques publiques peuvent également être un obstacle à un usage plus sobre des sols. D'une part, l'intervention de l'État en matière d'aménagement vise avant tout à répondre aux difficultés d'accès au logement, notamment des ménages français les plus modestes, en soutenant la construction. D'autre part, les instruments conçus pour contenir l'artificialisation mis à disposition des collectivités locales (fiscalité, zonages) souffrent d'un manque d'efficacité du fait de nombreuses possibilités de dérogation ou de leur caractère facultatif, et de la dispersion des compétences à des échelles territoriales multiples. En outre, ces instruments peuvent être à l'origine d'effets pervers. Ainsi, « la taxe d'aménagement [qui s'applique à toutes les opérations soumises à autorisation d'urbanisme] apparaît plus comme une opportunité pour les communes que comme un réel levier pour inciter à réduire l'utilisation de surface au sol. Elle a en effet été instituée en vue de participer au financement des équipements publics de la commune » (ibid). De même, la décentralisation des politiques de zonages soumet les élus locaux aux pressions des aménageurs et des propriétaires et stimule la concurrence entre collectivités pour attirer des entreprises et des emplois.

### 10.3 Les connaissances : leviers puissants de transformation

➤ Les connaissances ont un rôle important à jouer pour lever les obstacles aux transformations en contribuant à l'évolution des valeurs et des préférences des acteurs et des règles formelles et informelles qui encadrent leur prise de décision. L'encadré 10.1 illustre le rôle des connaissances comme leviers de changement pour la production et la consommation de légumineuses, dont la place dans une agriculture plus sobre en intrants est centrale. En permettant de mieux comprendre les conséquences des choix et en stimulant les innovations techniques et sociétales, les connaissances et leur appropriation par les acteurs élargissent le champ des décisions et actions possibles. Le débat public et l'information des consommateurs sur les implications de l'alimentation pour leur santé et l'environnement ont d'ores et déjà transformé les valeurs associées à l'alimentation et les comportements et régimes alimentaires. En revanche, la très grande majorité des ménages dissocient encore leurs comportements en matière d'habitat de leurs impacts environnementaux. Une meilleure information sur les relations entre les modes d'habitat (mais aussi modes de transport ou choix en matière de réseaux de

distribution commerciale), l'usage des sols et ses implications pour l'environnement ne permettrait probablement pas d'influencer à court terme les comportements des ménages. Elle rendrait toutefois possible davantage de consultation et d'implication des citoyens dans la conception des plans d'urbanisme.

➤ Béchet et al (2019) montrent qu'une connaissance beaucoup plus poussée des sols est une condition nécessaire à l'élaboration et à la mise en œuvre de politiques publiques capables de concilier la réponse au besoin de logement et la protection des sols et de la biodiversité. Cette connaissance des sols recouvre aussi bien des données d'inventaires sur l'occupation des sols que la compréhension du fonctionnement biogéochimique des sols. Par exemple, la réhabilitation des espaces vacants est un levier puissant de maîtrise de l'artificialisation et de réponse au besoin de logement. Ces espaces peuvent être directement mobilisés pour le logement mais aussi pour des espaces verts qui, en améliorant le bien-être des habitants, rendent une ville plus attractive, ce qui limite à la fois l'étalement urbain et l'abandon de nouveaux espaces. Or, comme le soulignent Béchet et al. (2019), une politique active en matière de réhabilitation des espaces vacants se heurte au manque de données. Le nombre de logements vacants est connu<sup>42</sup> mais l'inventaire des friches industrielles et des bureaux vacants reste à faire. Au-delà, ces auteurs relèvent un déficit important de connaissance sur l'état de l'environnement et en particulier des sols, qui empêche, lors d'un projet de conversion, de mesurer l'impact qu'aurait l'artificialisation. Développer ces connaissances aiderait les acteurs publics locaux à éviter l'artificialisation, à limiter ses impacts ou à les compenser en leur permettant de déterminer le meilleur usage possible des sols en fonction de leurs qualités.

➤ Beaucoup des connaissances qui viennent d'être évoquées peuvent être mobilisées par les acteurs si elles sont contextualisées et déclinées à différentes échelles spatiales. La transition agro-écologique repose par exemple sur des connaissances des agro-écosystèmes aux échelles de l'exploitation, des paysages et des territoires (Meynard, 2017). Quand il s'agit de limiter les impacts environnementaux des activités humaines, la diversité des situations devient en effet un élément clé à plusieurs égards. D'une part, « le milieu », qu'il ne s'agit plus d'homogénéiser, est à l'origine des solutions. Ainsi, par exemple, les légumineuses sont mobilisées pour leur capacité à fixer l'azote atmosphérique, et les solutions fondées sur la nature telles que les noues ou les « jardins de pluie », en stockant et en infiltrant les eaux pluviales au plus près de la source, permettent de limiter les perturbations du cycle de l'eau causées par l'urbanisation. D'autre part, les arbitrages entre les objectifs associés à l'usage des ressources naturelles (emplois, revenus, lutte contre le changement climatique, protection de la biodiversité et de la ressource en eau, etc.) se posent différemment selon les échelles spatiales et doivent tenir compte des spécificités de chaque contexte social et écologique.

<sup>42</sup> Le nombre de logements vacants en France est passé de 1,8 à 2,8 millions entre 1982 et 2017 (INSEE, 2020).

### Encadré 10.1 « Déverrouiller » la production et la consommation de légumineuses : le rôle des connaissances

► Les légumineuses offrent de nombreux avantages. Elles sont caractérisées par leur capacité à fixer l'azote atmosphérique et constituent donc des éléments riches en protéines pour l'alimentation humaine et animale. Elles améliorent la fertilité des sols et sont particulièrement intéressantes comme cultures intermédiaires. Une diversification à base de légumineuses permet en outre de réduire l'usage des herbicides et favorise une plus grande diversité fonctionnelle des écosystèmes agricoles (Magrini et al., 2018 ; Schneider et Huyghe, 2015). Le développement des légumineuses contribuerait à la réduction des émissions de GES de l'agriculture au travers d'un moindre usage de fertilisants azotés mais aussi en offrant un substitut à la consommation de viande. Pourtant, les légumineuses ne représentaient que 2,1% des surfaces cultivées dans l'Union Européenne<sup>43</sup> en 2015 quand les céréales en représentaient 50% (EUROSTAT, 2016).

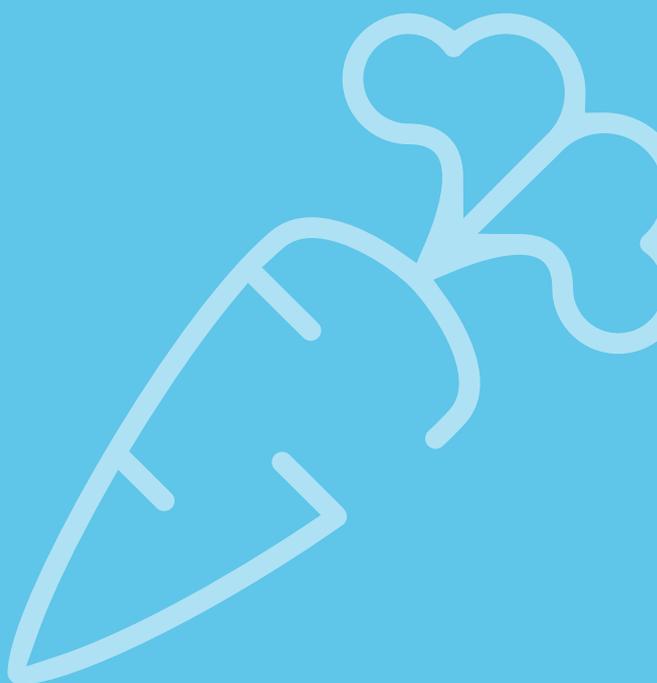
► Magrini et al. (2018) étudient les obstacles à l'essor de la production et consommation de légumineuses en France. Ils soulignent le rôle des connaissances comme leviers de changement de l'amont à l'aval du système agricole et alimentaire. Tout d'abord, les exploitants connaissent mal les bénéfices de la diversification et de l'introduction des légumineuses dans les rotations. Leurs outils de gestion, centrés sur les rendements annuels, rendent ces bénéfices peu visibles. La recherche, le conseil et la formation agricoles constituent donc des leviers importants pour diffuser les connaissances sur l'intérêt agronomique des légumineuses mais aussi pour augmenter et stabiliser leurs rendements.

► Ensuite, les incitations économiques à produire des légumineuses sont faibles. Les aides nationales et de la PAC ont été intermittentes et centrées sur les légumineuses fourragères ; elles sont aujourd'hui insuffisantes pour soutenir l'essor de cette filière. La création de nouveaux débouchés pour les légumineuses repose en grande partie sur la capacité des coopératives agricoles à structurer de nouvelles filières pour augmenter leur valeur marchande. Cette capacité repose sur l'innovation commerciale, mais aussi sur l'adaptation des chaînes logistiques (en matière de stockage notamment) et des services de conseils aux exploitants pour promouvoir la diversification des cultures.

► Les débouchés reposent en fine sur la demande des consommateurs. Les légumineuses sont une source de protéines en moyenne moins onéreuse que la viande (Solagro, 2015) et sont également riches en fibres et en glucide complexes, et pauvres en lipides. Des efforts de recherche pourraient améliorer la biodisponibilité

et les caractéristiques alimentaires des protéines végétales (leur digestibilité notamment) et aideraient à déterminer les associations à d'autres types d'aliments qui permettraient de reproduire les qualités nutritionnelles des protéines animales (Laleg et al., 2017). Bien que les légumineuses constituent un aliment important dans un régime alimentaire caractérisé par un apport limité en protéines animales, l'information des consommateurs sur leurs bénéfices pour la santé a été plutôt limitée en France. Les légumineuses ont ainsi longtemps été classées parmi les féculents dans la pyramide alimentaire promue par le PNNS<sup>44</sup>, ne rejoignant la classe des aliments riches en protéines qu'en 2017.

► Par ailleurs, les modes de préparation des légumineuses sont mal connus des consommateurs ; des innovations dans les industries de transformation pourraient les rendre plus attractives en améliorant leur qualité nutritionnelle et organoleptique ainsi que leur praticité (diminution des temps de préparation notamment). Enfin, informer les consommateurs sur la contribution des légumineuses à des régimes alimentaires plus durables sur le plan environnemental semble être une piste intéressante à la fois pour leur promotion commerciale et les campagnes d'information sur les recommandations nutritionnelles.



Source : adapté de Magrini et al., 2018

<sup>43</sup> Les légumineuses représentaient 1,5% des surfaces cultivées en France en 2015 (EUROSTAT, 2016).

<sup>44</sup> Plan National Nutrition Santé.

# 11.

## DES APPROCHES INTÉGRÉES ET PARTICIPATIVES POUR RENFORCER LE RÔLE DES CONNAISSANCES DANS LES TRANSFORMATIONS

► La construction du scénario pour la biodiversité a pris comme point de départ l'objectif « Zéro perte nette de biodiversité » en l'inscrivant dans le cadre de l'Agenda 2030, reconnaissant qu'une trajectoire de développement durable doit répondre à une variété d'enjeux environnementaux et sociétaux. Plutôt que d'envisager directement les actions de préservation et de restauration de la biodiversité, le travail de construction de scénario a consisté à considérer d'abord les facteurs d'érosion de la biodiversité. De cette façon, le scénario tient compte des interactions entre la biodiversité et les activités humaines parmi les plus déterminantes pour son évolution, que sont l'agriculture et l'alimentation, l'énergie et l'urbanisation. En s'interrogeant sur les implications du devenir de ces activités pour d'autres ODD, les interactions avec les objectifs relatifs aux océans, au climat, à l'eau douce et aux inégalités sont également considérées dans la construction du scénario.

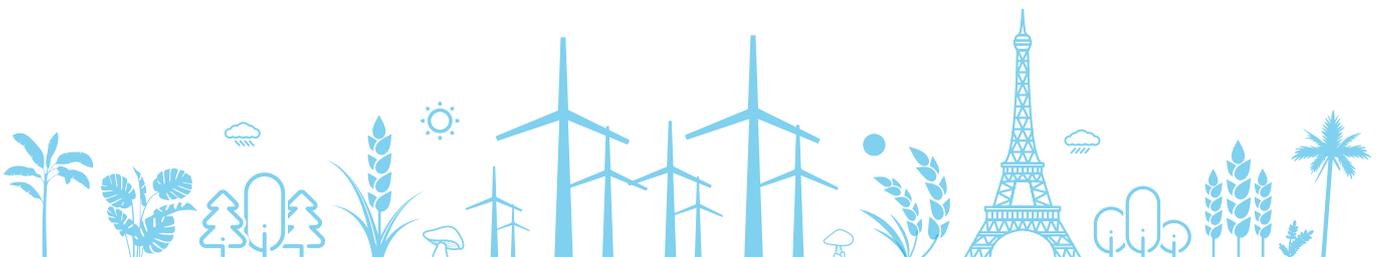
► Les interactions entre les ODD sont multiples ; elles se traduisent par des synergies ou des contradictions et se manifestent à diverses échelles temporelles et spatiales. Ainsi, par exemple, la lutte contre le changement climatique constitue un élément de la lutte contre l'érosion de la biodiversité. Mais, d'une part, les délais nécessaires pour que les actions entreprises dans le but d'atténuer le changement climatique aient effectivement un impact sur le climat et par suite sur la biodiversité font que les synergies entre ces deux objectifs se manifesteront bien après 2030. D'autre part, les actions d'atténuation du changement climatique, si elles ne sont entreprises qu'à l'échelle d'un pays ou d'une région, n'auront que peu d'impacts sur le climat et la biodiversité. Certaines actions destinées à atténuer le changement climatique sont bénéfiques à la biodiversité à l'horizon 2030. C'est le cas de toutes les actions encourageant la sobriété dans l'usage des ressources naturelles. D'autres peuvent être à l'origine de tensions. Décarboner notre système énergétique en développant massivement les énergies renouvelables peut ainsi participer à l'érosion de la biodiversité, le risque étant particulièrement important quand ces énergies reposent sur la biomasse.

► Les transformations nécessaires à la réalisation du scénario sont d'autant plus radicales qu'elles sont censées se réaliser en 10 ans. L'analyse des obstacles à ces transformations montre que les blocages tiennent à la fois au caractère systémique de nos modes de développement et aux contradictions qui peuvent exister entre différents objectifs de développement. Les connaissances et leur appropriation par les acteurs jouent un rôle majeur dans les transformations en participant à la redéfinition des valeurs et des institutions. Pourtant, beaucoup de connaissances sur les interactions entre les systèmes socio-économiques et les écosystèmes sont déjà disponibles, et pour certaines depuis longtemps, alors que les transformations sont, elles, à peine amorcées. En outre, mettre en avant le rôle des connaissances et de leur appropriation par les acteurs, aussi bien sur le plan individuel que collectif, peut apparaître contradictoire. La production et l'appropriation des connaissances prennent nécessairement du temps alors que les enjeux de préservation de l'environnement sont marqués par l'urgence. Cette urgence met les politiques publiques locales, nationales, européennes et internationales au premier plan. L'action publique est indispensable à la réalisation des investissements, à la mise en œuvre des réglementations et des mécanismes incitatifs nécessaires aux transformations et à l'orchestration des arbitrages.

► Les progrès des connaissances et leur mise à disposition des politiques ont été considérables ces dernières décennies mais le travail de lanceur d'alertes entrepris par la communauté scientifique n'a pas été suffisant. L'atelier Biodiversité se veut une des pistes proposées à la communauté scientifique pour lui permettre de contribuer aux transformations sociétales au-delà de son rôle de lanceur d'alertes. Ses résultats montrent l'intérêt, pour les chercheurs comme pour les acteurs de terrain, d'une approche intégrée des ODD. Les synergies et tensions qui existent, à différentes échelles temporelles et spatiales, entre les ODD font que les décideurs publics et privés (y compris les citoyens) ont besoin d'appréhender la nature systémique et donc nécessairement complexe et parfois conflictuelle de nos modes de développement.

➤ Des approches intégrées des enjeux de développement durable fournissent des outils pour accompagner les acteurs. Pour reprendre l'exemple des pesticides, de telles approches rappellent tout d'abord que les enjeux d'une réduction de l'usage des pesticides ne se réduisent pas à un arbitrage entre rendements agricoles et qualité de l'eau. Elle produit directement des bénéfices pour l'eau et la biodiversité et préserve les services qu'ils rendent à long terme, les zones côtières, tant sur les plans écosystémique qu'économique, les océans ou encore la santé. Indirectement, la mise en place de pratiques agro-écologiques alternatives élargissent et amplifient les bénéfices de la réduction de l'usage des pesticides. Ensuite, en soulignant le caractère très structuré du système agricole et alimentaire, ces approches montrent que le développement agricole est très « dépendant du sentier » et marqué par des phénomènes puissants de verrouillage. Ceux-ci appellent des transformations complémentaires des pratiques agricoles, de la formation des agriculteurs, des stratégies de l'ensemble des acteurs des filières et des modes de consommation. Exiger des agriculteurs qu'ils réduisent l'usage des pesticides sans transformer dans le même temps les autres composantes du système apparaît donc voué à l'échec. Enfin, les approches intégrées des enjeux de développement durable montrent que les problèmes à résoudre, les solutions, et les arbitrages à réaliser sont fortement dépendants du contexte. Une cible de réduction de l'usage des pesticides à l'échelle nationale doit donc être déclinée à l'échelle des exploitations, des bassins versants et des territoires en fonction de chaque contexte socio-économique et écologique.

➤ Pour conclure, l'atelier a reposé sur l'implication d'acteurs de terrain, aux côtés de chercheurs, dans la construction d'un scénario pour la biodiversité. Contribuer en tant que chercheur aux transformations sociétales pour un développement durable au-delà d'un rôle de lanceur d'alertes implique en effet de reconnaître le caractère normatif des sciences de la durabilité. Comme le soulignent Schneider et al. (2019), travailler avec des acteurs sociétaux est fondamental, non seulement pour bénéficier de leur expertise de terrain, mais aussi pour que « les chercheurs puissent appréhender la pluralité des valeurs et des perspectives des acteurs et en tenir compte dans la production des savoirs destinés à répondre à des enjeux de durabilité complexes et marqués par l'urgence. Les acteurs de la société doivent être impliqués dans la définition des problèmes à résoudre et des besoins de connaissances [...]. Ils peuvent aussi contribuer au développement de nouvelles visions pour l'avenir » (Schneider et al., 2019).



# RÉFÉRENCES

- AEE. (2015). France country briefing - The European environment – State and outlook 2015. Agence européenne pour l'environnement. <https://www.eea.europa.eu/soer-2015/countries/france>
- AEE. (2016). Transitions towards a more sustainable mobility system. TERM 2016 : Transport indicators tracking progress towards environmental targets in Europe (EEA Report 34/2016). Agence européenne pour l'environnement. <https://www.eea.europa.eu/publications/term-report-2016>
- AFSSA. (2003). Évaluation nutritionnelle et sanitaire des aliments issus de l'agriculture biologique. Agence française de sécurité sanitaire des aliments, Maisons-Alfort, 236 p. <https://www.anses.fr/fr/system/files/NUT-Ra-AgriBio.pdf>
- Agence Bio. (2019). Baromètre 2018 de consommation et de perception des produits biologiques en France - Edition 2018. [https://www.agencebio.org/wp-content/uploads/2019/02/Rapport\\_Barometre\\_Agence-Bio\\_fevrier2019.pdf](https://www.agencebio.org/wp-content/uploads/2019/02/Rapport_Barometre_Agence-Bio_fevrier2019.pdf)
- Agreste. (2019). Graph'Agri 2019. Ministère de l'agriculture et de l'alimentation. <https://agreste.agriculture.gouv.fr/agreste-web/disaron/GraFraIntegral/detail/>
- Altieri, M. A. (1989). Agroecology : A new research and development paradigm for world agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 27(1), 37-46.
- Andrae, A. S. G., & Edler, T. (2015). On global electricity usage of communication technology : Trends to 2030. *Challenges*, 6(1), 117-157.
- Antrop, M. (2004). Landscape change and the urbanization process in Europe. *Landscape and Urban Planning*, 67(1), 9-26.
- Balmford, A., Green, Rhys. E., & Scharlemann, J. P. W. (2005). Sparing land for nature : Exploring the potential impact of changes in agricultural yield on the area needed for crop production. *Global Change Biology*, 11(10), 1594-1605.
- Barker, J. R., & Tingey, D. T. (1992). The effects of air pollution on biodiversity : A synopsis. In J. R. Barker & D. T. Tingey (Éds.), *Air Pollution Effects on Biodiversity*. Springer US. 3-9.
- Barnaud, C., & Van Paassen, A. (2013). Equity, power games, and legitimacy : Dilemmas of participatory natural resource management. *Ecology and Society*, 18(2). Art. 21.
- Barré, K. (2017). Mesurer et compenser l'impact de l'éolien sur la biodiversité en milieu agricole. Thèse Muséum national d'histoire naturelle, MNHN Paris.
- Bartlett, L., Newbold, T., Purves, D., Tittensor, D., & Harfoot, M. (2016). Synergistic impacts of habitat loss and fragmentation on model ecosystems. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 283 (1839), 9 p.
- Baudry, J., Pointereau, P., Seconda, L., Vidal, R., Taupier-Letage, B., Langevin, B., Allès, B., Galan, P., Hercberg, S., Amiot, M.-J., Boizot-Szantai, C., Hamza, O., Cravedi, J.-P., Debrauwer, L., Soler, L.-G., Lairon, D., & Kesse-Guyot, E. (2019). Improvement of diet sustainability with increased level of organic food in the diet : Findings from the BioNutriNet cohort. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 109(4), 1173-1188.
- Béchet, B., Desrousseaux, M., Le Bissonnais, Y., Ruas, A., & Schmitt, B. (2019). Sols artificialisés - Déterminants, impacts et leviers d'action. Matière à débattre et décider. Editions Quae.
- Bibri, S. E. (2018). Backcasting in futures studies : A synthesized scholarly and planning approach to strategic smart sustainable city development. *European Journal of Futures Research*, 6, Art. 13.
- Blard-Zakar, A. & Michon, J. (2018). Rapportage 2016 des données au titre de la DCE. Agence française pour la biodiversité. 16 p. <https://www.eaufrance.fr/publications/rapportage-2016-des-donnees-au-titre-de-la-dce>
- Bohunovsky, L., Jäger, J., & Omann, I. (2011). Participatory scenario development for integrated sustainability assessment. *Regional Environmental Change*, 11(2), 271-284.
- Buckwell, A. (with contributions from Heissenhuber, A. & Blum, W.). (2014). The sustainable intensification of European agriculture : A review sponsored by the RISE Foundation. Rural Investment Support for Europe.
- Calvet, J.-C., Gibelin, A.-L., Roujean, J.-L., Martin, E., Moigne, P. L., Douville, H., & Noilhan, J. (2008). Past and future scenarios of the effect of carbon dioxide on plant growth and transpiration for three vegetation types of southwestern France. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 8(2), 397-406.
- Carlier, J., & Moran, J. (2019). Landscape typology and ecological connectivity assessment to inform Greenway design. *Science of The Total Environment*, 651, 3241-3252.
- CDB. (2008). Quel est le problème? Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique. <https://www.cbd.int/agro/whatstheproblem.shtml>
- CDB. (2014). Executive Summary, 5th French National Report of the Convention on Biological Diversity. <https://www.cbd.int/doc/world/fr/fr-nr-05-oth-en.pdf>
- CDB. (2018). Éléments clés du plan stratégique 2011-2020, incluant les objectifs d'Aichi pour la biodiversité. Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique. <https://www.cbd.int/sp/elements/>
- CDB. (2019a). France - Principaux détails. Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique. <https://www.cbd.int/countries/profile/?country=fr#measures>
- CDB. (2019b). Qu'est-ce qu'une espèce exotique envahissante ? Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique. <https://www.cbd.int/invasive/WhatareIAS.shtml>
- Chaffin, B. C., Garmestani, A. S., Gunderson, L. H., Benson, M. H., Angeler, D. G., Arnold, C. A. (Tony), Cosens, B., Craig, R. K., Ruhl, J. B., & Allen, C. R. (2016). Transformative environmental governance. *Annual Review of Environment and Resources*, 41(1), 399-423.

- Chery, D., Albin, V., Lair, L., & Cassir, M. (2014). Thermodynamic and experimental approach of electrochemical reduction of CO<sub>2</sub> in molten carbonates. *Int. J. Hydrogen Energy* 39, 12330.
- CIS. (2017). A guide to SDG interactions : From science to implementation. Conseil international des sciences. 225 p. <https://council.science/wp-content/uploads/2017/05/SDGs-Guide-to-Interactions.pdf>
- Colloff, M. J., Martín-López, B., Lavorel, S., Locatelli, B., Gorddard, R., Longaretti, P.-Y., Walters, G., van Kerkhoff, L., Wyborn, C., Coreau, A., Wise, R. M., Dunlop, M., Degeorges, P., Grantham, H., Overton, I. C., Williams, R. D., Doherty, M. D., Capon, T., Sanderson, T., & Murphy, H. T. (2017). An integrative research framework for enabling transformative adaptation. *Environmental Science & Policy*, 68, 87-96.
- Commission européenne. (2013). The impact of EU consumption on deforestation : Comprehensive analysis of the impact of EU consumption on deforestation. Study funded by the European Commission, DG ENV, and undertaken by VITO, IIASA, HIVA and IUCN NL. 210 p.
- Concepción, E. D., Obrist, M. K., Moretti, M., Altermatt, F., Baur, B., & Nobis, M. P. (2015). Impacts of urban sprawl on species richness of plants, butterflies, gastropods and birds : Not only built-up area matters. *Urban Ecosystems*, 19, 225-242.
- CREA Mont-Blanc. (2019). Climate change and its impact in the Alps. <https://creamontblanc.org/en/climate-change-and-its-impacts-alps>
- DAISIE. (2009). Handbook on alien species in Europe. In: Drake, J.A., Ed., *Invading Nature*, Springer Series in Invasion Ecology, Vol. 3. Springer, Knoxville, 1-26.
- Denardou, A., Hervé, J. C., Dupouey, J. L., Bir, J., Audinot, T., & Bontemps, J. D. (2017). L'expansion séculaire des forêts françaises est dominée par l'accroissement du stock sur pied et ne sature pas dans le temps. *Revue forestière française*, 4-5, 319-340.
- Djefal, S. & Eugène, S. (2004). Être propriétaire de sa maison : un rêve largement partagé, quelques risques ressentis. *Consommation et modes de vie*, 177, CREDOC, 4 p.
- Dreborg, K. H. (1996). Essence of backcasting. *Futures*, 28 (9), 813-828.
- Drolet, A., Dussault, C., & Côté, S. D. (2016). Simulated drilling noise affects the space use of a large terrestrial mammal. *Wildlife Biology*, 22(6), 284-293.
- Durham, E., Baker, H., Smith, M., Moore, E., & Morgan, V. (2014). The BiodivERsA Stakeholder engagement hand-book. BiodivERsA. 108 p.
- Eakin, H., Defries, R., Kerr, S., Lambin, E., Liu, J., Marcotullio, P., Messerli, P., Reenberg, A., Rueda, X., Swaffield, S., Wicke, B., & Zimmerer, K. (2014). Significance of telecoupling for exploration of land-use change. In: *Rethinking global land use in an urban era*. 141-162. MIT Press.
- EFESE. (2019). Les écosystèmes forestiers en France - Messages clés à l'attention des décideurs. L'évaluation française des écosystèmes et des services écosystémiques, Ministère de la transition écologique et solidaire. <https://www.ecologie.gouv.fr/evaluation-francaise-des-ecosystemes-et-des-services-ecosystemiques>
- Erb, K.-H., Lauk, C., Kastner, T., Mayer, A., Theurl, M. C., & Haberl, H. (2016). Exploring the biophysical option space for feeding the world without deforestation. *Nature Communications*, 7(1), 11382.
- EUROSTAT. (2016). Dry Pulses in EU Agriculture - Statistics on cultivation, production and economic value. <http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/pdfscache/54636.pdf>
- EUROSTAT. (2020a). Statistics explained. Organic farming statistics. Consulté le 8 juillet 2020: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Organic\\_farming\\_statistics](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Organic_farming_statistics)
- EUROSTAT. (2020b). Statistics explained, Pesticide sales statistics. Consulté le 8 Juillet 2020: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Archive:Pesticide\\_sales\\_statistics&oldid=379581](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Archive:Pesticide_sales_statistics&oldid=379581)
- Fischer, J., Abson, D. J., Butsic, V., Chappell, M. J., Ekroos, J., Hanspach, J., Kuemmerle, T., Smith, H. G., & von Wehrden, H. (2013). Land sparing versus land sharing : moving forward. *Conservation Letters*, 7(3), 149-157.
- Fitzhugh, T. W., & Richter, B. D. (2004). Quenching urban thirst : Growing cities and their impacts on freshwater Ecosystems. *BioScience*, 54(8), 741-754.
- Florin, N., & Dominish, E. (2017). Sustainability evaluation of energy storage technologies. Institute for Sustainable Futures, for the Australian Council of Learned Academies. 48 p. <https://opus.lib.uts.edu.au/handle/10453/121977>
- Forman, R. T. T. (2000). Estimate of the area affected ecologically by the road system in the United States. *Conservation Biology*, 14(1), 31-35.
- Friis, C., Nielsen, J. Ø., Otero, I., Haberl, H., Niewöhner, J., & Hostert, P. (2016). From teleconnection to telecoupling : Taking stock of an emerging framework in land system science. *Journal of Land Use Science*. 23 p.
- Garnett, T., Appleby, M. C., Balmford, A., Bateman, I., Benton, T., Bloomer, P., Burlingame, B., Dawkins, M., Dolan, L., Fraser, D., Herrero, M., Hoffmann, I., Smith, P., Thornton, P., Toulmin, C., Vermeulen, S., & Godfray, C. (2013). Sustainable intensification in agriculture : Premises and policies. *Science*, 341, 33-34.
- Gasparatos, A., Doll, C. N. H., Esteban, M., Ahmed, A., & Olang, T. A. (2017). Renewable energy and biodiversity : Implications for transitioning to a Green Economy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 70, 161-184.
- Geels, F. (2002). Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes : A multi-level perspective and a case-study. *Research Policy*, 31, 1257-1274.

# RÉFÉRENCES

- GIEC. (2014). Climate change 2014: Mitigation of climate change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Giurco, D., Dominish, E., Florin, N., Watari, T., & McLellan, B. (2019). Requirements for Minerals and Metals for 100% Renewable Scenarios. In S. Teske (Éd.), *Achieving the Paris Climate agreement goals : Global and regional 100% renewable energy scenarios with non-energy GHG pathways for +1.5°C and +2°C*. Springer International Publishing. 437-457.
- Glista, D. J., DeVault, T. L., & DeWoody, J. A. (2009). A review of mitigation measures for reducing wildlife mortality on roadways. *Landscape and Urban Planning*, 91(1), 1-7.
- Gómez-Baggethun, E., & Barton, D. N. (2013). Classifying and valuing ecosystem services for urban planning. *Ecological Economics*, 86, 235-245.
- Grau, R., Kuemmerle, T., & Macchi, L. (2013). Beyond 'land sparing versus land sharing' : Environmental heterogeneity, globalization and the balance between agricultural production and nature conservation. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 5, 477-483.
- Gray, R., Gleeson, B., & Burke, M. (2010). Urban consolidation, household greenhouse emissions and the role of planning. *Urban Policy and Research*, 28(3), 335-346.
- Green, R. E., Cornell, S. J., Scharlemann, J. P. W., & Balmford, A. (2005). Farming and the fate of wild nature. *Science*, 307(5709), 550.
- Haaland, C., & Konijnendijk van den Bosch, C. (2015). Challenges and strategies for urban green-space planning in cities undergoing densification : A review. *Urban Forestry & Urban Greening*, 14(4), 760-771
- Halley, J. M., Monokrousos, N., Mazaris, A. D., Newmark, W. D., & Vokou, D. (2016). Dynamics of extinction debt across five taxonomic groups. *Nature Communications*, 7(1), 12283.
- Hodgson, J. A., Moilanen, A., Wintle, B. A., & Thomas, C. D. (2010). Habitat area, quality and connectivity : Striking the balance for efficient conservation. *Journal of Applied Ecology*, 48(1), 148-152.
- Hölker, F., Wolter, C., Perkin, E. K., & Tockner, K. (2010). Light pollution as a biodiversity threat. *Trends in ecology & evolution*, 25(12), 681-682.
- Hossard, L., Guichard, L., Pelosi, C., & Makowski, D. (2017). Lack of evidence for a decrease in synthetic pesticide use on the main arable crops in France. *Science of The Total Environment*, 575, 152-161.
- Hulme, P. E. (2009). Trade, transport and trouble : Managing invasive species pathways in an era of globalization. *Journal of Applied Ecology*, 46(1), 10-18.
- INRAE. (2019). Stocker du carbone dans les sols français, Quel potentiel au regard de l'objectif 4 pour 1000 et à quel coût ? Synthèse du rapport d'étude, Institut national de la recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement. 114 p. <https://www.inrae.fr/sites/default/files/pdf/etude-4-pour-1000-resume-en-francais-pdf-1.pdf>
- INSEE. (2020). Logements en 2017. Institut national de la statistique et des études économiques. Consulté le 23 juillet 2020: [https://www.insee.fr/fr/statistiques/4515899?sommaire=4515952&geo=METRO-1#LOG\\_T2](https://www.insee.fr/fr/statistiques/4515899?sommaire=4515952&geo=METRO-1#LOG_T2)
- IPBES. (2019). Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. E. S. Brondizio, J. Settele, S. Díaz, & H. T. Ngo (editors). Secrétariat IPBES, Bonn, Germany. 56 p. <https://ipbes.net/global-assessment>
- Jacob, D., Petersen, J., Eggert, B., Alias, A., Christensen, O. B., Bouwer, L. M., Braun, A., Colette, A., Déqué, M., Georgievski, G., Georgopoulou, E., Gobiet, A., Menut, L., Nikulin, G., Haensler, A., Hempelmann, N., Jones, C., Keuler, K., Kovats, S., ..., Yiou, P. (2014). EURO-CORDEX : New high-resolution climate change projections for European impact research. *Regional Environmental Change*, 14(2), 563-578.
- Jaeger, A. (2018). La nature en ville : Comment accélérer la dynamique ? Conseil économique, social et environnemental. 90 p.
- Jeffery, S., Gardi, C., Jones, A. et al. (2010). The European Atlas of Soil Biodiversity. Publications office of the European Union, Luxembourg.
- Johnson, M. P. (2001). Environmental impacts of urban sprawl : A survey of the literature and proposed research Agenda. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 33(4), 717-735.
- Kanter, D. R., Schwoob, M. H., Baethgen, W. E., Bervejillo, J. E., Carriquiry, M., Dobermann, A., Ferraro, B., Lanfranco, B., Mondelli, M., Penengo, C., Saldias, R., Silva, M. E., & de Lima, J. M. S. (2016). Translating the Sustainable Development Goals into action : A participatory backcasting approach for developing national agricultural transformation pathways. *Global Food Security*, 10, 71-79
- Karlson, M., & Mörtberg, U. (2015). A spatial ecological assessment of fragmentation and disturbance effects of the Swedish road network. *Landscape and Urban Planning*, 134, 53-65.
- Kemp, R., & Rotmans, J. (2005). The Management of the Co-Evolution of Technical, Environmental and Social Systems. In M. Weber & J. Hemmelskamp (Éds.), *Towards Environmental Innovation Systems*. Springer. 33-55.
- Kesse-Guyot, E., Chaltiel, D., Wang, J., Pointereau, P., Langevin, B., Allès, B., Rebouillat, P., Lairon, D., Vidal, R., Mariotti, F.,

- Egnell, M., Touvier, M., Julia, C., Baudry, J., & Hercberg, S. (2020). Sustainability analysis of French dietary guidelines using multiple criteria. *Nature Sustainability*, 3(5), 377-385.
- Kishita, Y., McLellan, B. C., Giurco, D., Aoki, K., Yoshizawa, G., & Handoh, I. C. (2017). Designing backcasting scenarios for resilient energy futures. *Technological Forecasting and Social Change*, 124, 114-125.
- Lagneau, A., Debacq, K., & Barra, M. (2014). Agriculture urbaine et biodiversité : Deux mots qui vont très bien ensemble ? *Pour*, 224(4), 315-321.
- Laleg, K., Barron, C., Cordelle, S., Schlich, P., Walrand, S., & Micard, V. (2017). How structure, nutritional and sensory attributes of pasta made from legume is impacted by the legume protein. *Food Sci. Tech.* 49, 471–478.
- Lamine, C., Meynard, J.M., Perrot, N., & Bellon, S. (2009) Analyse des formes de transition vers des agricultures plus écologiques : les cas de l'Agriculture Biologique et de la Protection Intégrée. *Innovations Agronomiques*, 178(4), 313-326.
- Lang, T. & Barling, D. (2012). Food security and food sustainability : reformulating the debate. *The Geographical Journal*, 178(4), 313–326.
- Lavorel, S., Colloff, M. J., Locatelli, B., Gorddard, R., Prober, S. M., Gabillet, M., Devaux, C., Laforgue, D., & Peyrache-Gadeau, V. (2019). Mustering the power of ecosystems for adaptation to climate change. *Environmental Science & Policy*, 92, 87-97.
- Lemonsu, A., Viguié, V., Daniel, M., & Masson, V. (2015). Vulnerability to heat waves : Impact of urban expansion scenarios on urban heat island and heat stress in Paris (France). *Urban Climate*, 14, 586-605.
- Léonard, L., Witté, I., Rouveyrol, P., Grech, G. & Hérard, K. (2019). Bilan de la SCAP et diagnostic 2019 du réseau d'aires protégées métropolitain terrestre. Paris : UMS PatriNat. 78 p.
- Liu, J., Ouyang, Z., Zhang, F., Lambin, E. F., Zhu, C., Martinelli, L. A., Batistella, M., Fu, F., Polenske, K. R., Li, S., Simmons, C. S., Dietz, T., Naylor, R., Liu, J., de Miranda Rocha, G., DeFries, R., Reenberg, A., Hull, V., McConnell, W. J., ..., Vitousek, P. M. (2013). Framing sustainability in a telecoupled world. *Ecology and Society*, 18(2), Art.26.
- Loorbach, D. (2007). Transition management : New mode of governance for sustainable development. North. 432 p.
- Magrini, M.B., Befort, N., & Nieddu, M. (2018). Economic dynamics of technological trajectories and pathways of crop diversification in bio-economy. In: Lemaire G, Carvalho P, Kronberg S, Recous S (eds) *Agro-ecosystem diversity: reconciling contemporary agriculture and environment quality*. Elsevier Academic Press, Amsterdam, 478 p.
- Mancebo, F. (2011). La ville durable est-elle soluble dans le changement climatique? *Environnement urbain*, 5, 1-9.
- Mancebo, F. (2018). Gardening the City : Addressing sustainability and adapting to global warming through urban agriculture. *Environments*, 5(3), Art 38.
- McDonald, R. I., Mansur, A. V., Ascensão, F., Colbert, M., Crossman, K., Elmqvist, T., Gonzalez, A., Güneralp, B., Haase, D., Hamann, M., Hillel, O., Huang, K., Kahnt, B., Maddox, D., Pacheco, A., Pereira, H. M., Seto, K. C., Simkin, R., Walsh, B., ... Ziter, C. (2020). Research gaps in knowledge of the impact of urban growth on biodiversity. *Nature Sustainability*, 3(1), 16-24.
- McDonald, R. I., Weber, K., Padowski, J., Flörke, M., Schneider, C., Green, P. A., Gleeson, T., Eckman, S., Lehner, B., Balk, D., Boucher, T., Grill, G., & Montgomery, M. (2014). Water on an urban planet : Urbanization and the reach of urban water infrastructure. *Global Environmental Change*, 27, 96-105.
- Meehl, G. A., Karl, T., Easterling, D. R., Changnon, S., Pielke Jr, R., Changnon, D., Evans, J., Groisman, P. Y., Knutson, T. R., Kunkel, K. E., et al. (2000). An introduction to trends in extreme weather and climate events : observations, socioeconomic impacts, terrestrial ecological impacts, and model projections. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 81(3), 413–416.
- MEEM. (2016). Panorama Énergies-Climat, édition 2016. Ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer.
- Méjean, C., Si Hassen, W., Gojard, S., Ducrot, P., Lampuré, A., Brug, H., Lien, N., Nicolaou, M., Holdsworth, M., Terragni, L., Hercberg, S., & Castetbon, K. (2017). Social disparities in food preparation behaviours : A DEDIPAC study. *Nutrition Journal*, 16(1), 62.
- Melia, S., Parkhurst, G., & Barton, H. (2011). The paradox of intensification. *Transport Policy*, 18(1), 46-52.
- Meynard, J.-M. (2017). L'agroécologie, un nouveau rapport aux savoirs et à l'innovation. *OCL*, 24(3), Art. D303.
- Mimet, A., Clauzel, C., & Foltête, J.-C. (2016). Locating wildlife crossings for multispecies connectivity across linear infrastructures. *Landscape Ecology*, 31(9), 1955-1973.
- MNHN. (2013). Résultats de l'état de conservation des habitats et des espèces dans le cadre de la directive Habitats-Faune-Flore en France - Rapportage "Article 17" Période 2007-2012. Muséum national d'histoire naturelle, Service patrimoine naturel. 173 p. [http://spn.mnhn.fr/spn\\_rapports/archivage\\_rapports/2015/SPN%202015%20-%2063%20-%20Rapport\\_FR\\_art17\\_web2.pdf](http://spn.mnhn.fr/spn_rapports/archivage_rapports/2015/SPN%202015%20-%2063%20-%20Rapport_FR_art17_web2.pdf)
- Mouratidis, K. (2019). Compact city, urban sprawl, and subjective well-being. *Cities*, 92, 261-272.
- MTES. (2018). Plan Biodiversité, Comité interministériel biodiversité. Ministère de la transition écologique et solidaire. 28 p. [https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/18xxx\\_Plan-biodiversite-04072018\\_28pages\\_FromPdf\\_date\\_web\\_PaP.pdf](https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/18xxx_Plan-biodiversite-04072018_28pages_FromPdf_date_web_PaP.pdf)
- MTES. (2020). Aires protégées en France. Ministère de la transition écologique et solidaire. <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/aires-protgees-en-france>

# RÉFÉRENCES

- Mueller, N. D., Gerber, J. S., Johnston, M., Ray, D. K., Ramankutty, N., & Foley, J. A. (2012). Closing yield gaps through nutrient and water management. *Nature*, 490(7419), 254-257.
- Négawatt. (2017). Scénario négaWatt 2017-2050. Association négaWatt. 48 p.
- Nielsen, A. B., Bosch, M. van den, Maruthaveeran, S., & Bosch, C. K. van den. (2013). Species richness in urban parks and its drivers : A review of empirical evidence. *Urban Ecosystems*, 17(1), 305-27.
- Nilsson, M., Griggs, D., & Visbeck, M. (2016). Policy : Map the interactions between Sustainable Development Goals. *Nature News*, 534, 320-322.
- Observ'ER. (2017). Le baromètre 2017 des énergies renouvelables électriques en France. 176 p. [http://www.energies-renouvelables.org/observ-er/html/energie\\_renouvelable\\_france/ObservER-Barometre-EnR-Electrique-France-2019.pdf](http://www.energies-renouvelables.org/observ-er/html/energie_renouvelable_france/ObservER-Barometre-EnR-Electrique-France-2019.pdf)
- Observ'ER. (2019). Le baromètre 2019 des énergies renouvelables électriques en France. 175 p. [http://www.energies-renouvelables.org/observ-er/html/energie\\_renouvelable\\_france/ObservER-Barometre-EnR-Electrique-France-2019.pdf](http://www.energies-renouvelables.org/observ-er/html/energie_renouvelable_france/ObservER-Barometre-EnR-Electrique-France-2019.pdf)
- OCDE. (2012). Compact City Policies : A Comparative Assessment. OCDE Publishing. 287 p. <https://www.oecd.org/greengrowth/compact-city-policies-9789264167865-en.htm>
- ONB. (2018). Menaces sur le vivant : Quand la nature ne peut plus suivre. Observatoire national de la biodiversité. 6 p. <http://www.observatoire-biodiversite-paca.org/environnement/strategie-nationale-biodiversite-et-observatoire-national-de-la-biodiversite/menaces-sur-le-vivant-quand-la-nature-ne-peut-plus-suivre~432.html>
- ONB. (2019). État de conservation des habitats naturels - Indicateurs ONB. Observatoire national de la biodiversité. <http://indicateurs-biodiversite.naturefrance.fr/indicateurs/etat-de-conservation-des-habitats-naturels>
- ONU. (2019). World Population Prospects 2019 : Highlights. ST/ESA/SER.A/423. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division.
- Paillard, S., Treyer, S., & Dorin, B. (2014). Agrimonde – Scenarios and challenges for feeding the world in 2050. Springer, Dordrecht.
- Panagos, P., Van Liedekerke, M., Yigini, Y., & Montanarella, L. (2013). Contaminated sites in Europe : Review of the current situation based on data collected through a European Network. *Journal of Environmental and Public Health*, 2013 : 158764.
- Patterson, J., Schulz, K., Vervoort, J., van der Hel, S., Widerberg, O., Adler, C., Hurlbert, M., Anderton, K., Sethi, M., & Barau, A. (2017). Exploring the governance and politics of transformations towards sustainability. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 24, 1-16.
- Pauleit, S., Ennos, R. A., & Golding, Y. (2005). Modeling the environmental impacts of urban land use and land cover change—A study in Merseyside, UK. *Landscape and Urban Planning*, 71 (2-4), 295-310.
- Pendrill, F., Persson, U. M., Godar, J., Kastner, T., Moran, D., Schmidt, S., & Wood, R. (2019). Agricultural and forestry trade drives large share of tropical deforestation emissions. *Global Environmental Change*, 56, 1-10.
- Perfecto, I., & Vandermeer, J. (2010). The agroecological matrix as alternative to the land-sparing/agriculture intensification model. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(13), 5786.
- Phalan, B., Onial, M., Balmford, A., & Green, R. E. (2011). Reconciling Food Production and Biodiversity Conservation : Land Sharing and Land Sparing Compared. *Science*, 333(6047), 1289.
- Poux, X., & Aubert, P.-M. (2018). Une Europe agroécologique en 2050 : Une agriculture multifonctionnelle pour une alimentation saine. Iddri-AScA. 78 p. [https://www.iddri.org/sites/default/files/PDF/Publications/Catalogue%20Iddri/Etude/201809-ST0918-tyfa\\_0.pdf](https://www.iddri.org/sites/default/files/PDF/Publications/Catalogue%20Iddri/Etude/201809-ST0918-tyfa_0.pdf)
- Pretty, J. N. (1997). The sustainable intensification of agriculture. *Natural Resources Forum*, 21(4), 247-256.
- Puppim de Oliveira, J. A., Balaban, O., Doll, C. N. H., Moreno-Peñaranda, R., Gasparatos, A., Iossifova, D., & Suwa, A. (2011). Cities and biodiversity : Perspectives and governance challenges for implementing the convention on biological diversity (CBD) at the city level. *Biological Conservation*, 144(5), 1302-1313.
- Renwick, A., & Schellhorn, N. (2016). A perspective on land sparing versus land sharing. In D. Ansell, F. Gibson, & D. Salt (Éds.), *Learning from agri-environment schemes in Australia*. ANU Press. 117-126 p.
- RMT Alimentation locale. (2020). Covid-19 et Systèmes alimentaires, « Manger au temps du coronavirus » - Bulletin de Partage 3. <https://www.rmt-alimentation-locale.org/post/covid-19-et-syst%C3%A8mes-alimentaires-manger-au-temps-du-coronavirus-bulletin-de-partage-3>
- Robinson, J. (1990). Futures under glass : A recipe for people who hate to predict. *Futures*, 22(8), 820-842.
- Robinson, J. (2003). Future subjunctive : Backcasting as social learning. *Futures*, 35(8), 839-856.
- Robinson, J., Talwar, S., O'Shea, M., & Walsh, M. (2011). Envisioning sustainability : Recent progress in the use of participatory backcasting approaches for sustainability research. *Technological Forecasting and Social Change*, 78(5), 756-768.
- Roussary, A., Salles, D., Busca, D., Dumont, A. & Carpy-Goulard, F. (2013). Pratiques phytosanitaires en agriculture et environnement: Des tensions irréductibles ? *Économie rurale*, 333(1), 67-80.

- Scharlemann, J. P. W., Brock, R. C., Balfour, N., Brown, C., Burgess, N. D., Guth, M. K., Ingram, D. J., Lane, R., Martin, J. G. C., Wicander, S., & Kapos, V. (2020). Towards understanding interactions between Sustainable Development Goals : The role of environment – human linkages. *Sustainability Science*, 12 p.
- Schneider, A., & Huyghe, C. (2015). Les légumineuses pour des systèmes agricoles et alimentaires durables. éditions Quae. 512 p.
- Schneider, F., Kläy, A., Zimmermann, A. B., Buser, T., Ingalls, M., & Messerli, P. (2019). How can science support the 2030 Agenda for Sustainable Development ? Four tasks to tackle the normative dimension of sustainability. *Sustainability Science*, 14(6), 1593-1604.
- Seto, K. C., Reenberg, A., Boone, C. G., Fragkias, M., Haase, D., Langanke, T., Marcotullio, P., Munroe, D. K., Olah, B., & Simon, D. (2012). Urban land teleconnections and sustainability. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109 (20), 7687-7692.
- Singh, G. G., Cisneros-Montemayor, A. M., Swartz, W., Cheung, W., Guy, J. A., Kenny, T. A., McOwen, C. J., Asch, R., Geffert, J. L., Wabnitz, C. C. C., Sumaila, R., Hanich, Q., & Ota, Y. (2018). A rapid assessment of co-benefits and trade-offs among Sustainable Development Goals. *Marine Policy*, 93, 223-231.
- Smith, A., & Stirling, A. (2010). The politics of social-ecological resilience and sustainable socio-technical transitions. *Ecology and Society*, 15(1): Art. 11.
- Smith, P. (2013). Delivering food security without increasing pressure on land. *Global Food Security*, 2(1), 18-23.
- Solagro. (2015). Diagnostic des filières de légumineuses à destination de l'alimentation humaine en France - Intérêt environnemental et perspectives de développement. Denhartigh, C., Metayer, N. Solagro. 53 p. [https://solagro.org/images/imagesCK/files/publications/f12\\_diagnosticlegumineusesalim.pdf](https://solagro.org/images/imagesCK/files/publications/f12_diagnosticlegumineusesalim.pdf)
- Solagro. (2016). Le scénario Afterres 2050 version 2016. Couturier C., Charru M., Doublet S. & Pointereau P. Toulouse, Solagro. 93 p. [https://afterres2050.solagro.org/wp-content/uploads/2015/11/Solagro\\_afterres2050-v2-web.pdf](https://afterres2050.solagro.org/wp-content/uploads/2015/11/Solagro_afterres2050-v2-web.pdf)
- Stocker, B.D., Roth, R., Joos, F., Spahni, R., Steinacher, M., Zaehle, S., Bouwman, L., Xu-Ri, X-R., Prentice, I.C. (2013). Multiple greenhouse-gas feedbacks from the land biosphere under future climate change scenarios. *Nature Climate Change* 3: 666– 672.
- Sun, J. W. C., & Narins, P. M. (2005). Anthropogenic sounds differentially affect amphibian call rate. *Biological Conservation*, 121(3), 419-427.
- Sushinsky, J. R., Rhodes, J. R., Possingham, H. P., Gill, T. K., & Fuller, R. A. (2013). How should we grow cities to minimize their biodiversity impacts ? *Global Change Biology*, 19(2), 401-410.
- Tavoularis et Sauvage, 2018, Les nouvelles générations transforment la consommation de viande, CREDOC, Consommation et modes de vie, 300, 4p.
- The Shift Project. (2018). Lean ICT : Pour une sobriété numérique - rapport intermédiaire du Shift Project. 39 p. [https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2018/05/2018-05-17\\_Rapport-intermediaire\\_Lean-ICT-Pour-une-sobriete-numerique.pdf](https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2018/05/2018-05-17_Rapport-intermediaire_Lean-ICT-Pour-une-sobriete-numerique.pdf)
- Theys, J., & Vidalenc, E. (2013). Repenser les villes dans la société post carbone. ADEME / Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie. 302 p. <https://www.ademe.fr/repenser-villes-societe-post-carbone>
- Thuiller, W., Lavorel, S., Araújo, M.B., Sykes, M.T., & Prentice, C. (2005). Climate change threats to plant diversity in Europe. *PNAS*, 102(23), 8245-8250.
- Tosh, D.G., Montgomery, W.I. & Reid, N. (2014). A review of the impacts of wind energy developments on biodiversity. Report prepared by the Natural Heritage Research Partnership (NHRP) between Quercus, Queen's University Belfast and the Northern Ireland Environment Agency (NIEA) for the Research and Development Series No. 14/02. [https://cdn.birdlife.se/wp-content/uploads/2019/01/A\\_review\\_of\\_the\\_impacts\\_of\\_onshore\\_wind\\_energy\\_for\\_publication\\_9.12.14.pdf](https://cdn.birdlife.se/wp-content/uploads/2019/01/A_review_of_the_impacts_of_onshore_wind_energy_for_publication_9.12.14.pdf)
- Trömel, S., & Schönwiese, C.-D., 2007: Probability change of extreme precipitation observed from 1901 to 2000 in Germany. *Theor. Appl. Climatol.*, 87, 29-39.
- UE-SOeS. (2020). Données et études statistiques. Consulté le 5 Août 2019. <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/corine-land-cover-0>
- Vanloqueren, G., & Baret, P. V. (2009). How agricultural research systems shape a technological regime that develops genetic engineering but locks out agroecological innovations. *Research Policy*, 38(6), 971-983.
- Vervoort, J. M., Thornton, P. K., Kristjanson, P., Förch, W., Ericksen, P. J., Kok, K., Ingram, J. S. I., Herrero, M., Palazzo, A., Helfgott, A. E. S., Wilkinson, A., Havlík, P., Mason-D'Croz, D., & Jost, C. (2014). Challenges to scenario-guided adaptive action on food security under climate change. *Global Environmental Change*, 28, 383-394.
- Villemey, A., Jeusset, A., Vargac, M., Bertheau, Y., Coulon, A., Touroult, J., Vanpeene, S., Castagneyrol, B., Jactel, H., Witte, I., Deniaud, N., Flamerie De Lachapelle, F., Jaslier, E., Roy, V., Guinard, E., Le Mitouard, E., Ruel, V., & Sordello, R. (2018). Can linear transportation infrastructure verges constitute a habitat and/or a corridor for insects in temperate landscapes ? A systematic review. *Environmental Evidence*, 7(1), 5.

# SCIENCE-BASED PATHWAYS FOR SUSTAINABILITY

