



## Agroécologie et neutralité carbone en Europe à l'horizon 2050 : quels enjeux ?

Pierre-Marie Aubert, Marie-Hélène Schwoob (Iddri), Xavier Poux (ASCa, Iddri)

Le dernier rapport du Giec<sup>1</sup> fixe l'objectif d'atteinte de la neutralité carbone à l'horizon 2050, 2070 au plus tard. L'intensification durable de la production agricole, dans une logique de *land sparing*, est le plus souvent considérée comme un passage obligé pour y parvenir. Ce *Décryptage* interroge *a contrario*, et dans le cas de l'Europe, la contribution potentielle d'un système alimentaire agroécologique plus extensif (*i.e.* logique de *land sharing*). Il s'appuie sur une comparaison du scénario TYFA (Ten Years For Agroecology in Europe) avec la composante agricole de scénarios « neutres » publiés récemment<sup>2</sup> réalisée par l'intermédiaire d'un tableau de bord multicritères. L'objectif d'atténuation y est mis en perspective aux côtés des enjeux de santé humaine, de conservation des ressources naturelles et de la biodiversité, et d'adaptation au changement climatique.

<sup>1</sup> <https://www.ipcc.ch/sr15/>

<sup>2</sup> European Commission (2018). *A European long-term strategic vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy*. European Climate Foundation (2018). *Net Zero By 2050: From Whether to How*.

### MESSAGES CLÉS

Le scénario TYFA repose, dans une logique de *land sharing*, sur la généralisation des principes de l'agriculture biologique, l'extension des infrastructures agroécologiques et l'adoption de régimes alimentaires sains pour nourrir 530 millions d'Européens à l'horizon 2050 (malgré une baisse de la production de 35 %). Avec une réduction des émissions de GES de 40 % (35 % pour les émissions directes hors CO<sub>2</sub>), un potentiel de séquestration de carbone dans les sols de 159 MtCO<sub>2eq</sub>/an jusqu'à 2035 et une production de biomasse énergie réduite à zéro, il s'agit d'un scénario peu compatible avec la neutralité carbone, mais qui offre de nombreux co-bénéfices : biodiversité, ressources naturelles, adaptation, santé.

Une variante de TYFA, dite TYFA-GES (gaz à effet de serre), améliore ces performances en vue de la neutralité carbone, sans remettre en cause les principes de base du scénario : les réductions d'émissions atteignent -47 %, le potentiel de séquestration est similaire, et la production de bioénergie s'élève à 189 TWh/an. TYFA-GES repose sur une réduction plus forte du cheptel bovin (-34 % par rapport à 2010, contre -15 % pour TYFA) et le développement contrôlé de la méthanisation à partir d'herbes de prairies et de déjections animales.

En regard, la composante agricole des scénarios neutres repose, dans une logique de *land sparing*, sur une augmentation des rendements agricoles, libérant ainsi des terres qui sont soit reboisées pour accroître le puits biogénique, soit utilisées pour produire de la biomasse énergie. Les hypothèses de rendements retenues sont cependant très élevées (jusqu'à +30 %) compte tenu de leur stagnation récente en Europe (notamment en céréales) et des impacts potentiellement forts sur la biodiversité et la santé des sols, qui pourraient remettre en cause la capacité productive même des agroécosystèmes et conduire ainsi à une baisse des rendements là où leur hausse est attendue.

Ce *Décryptage* propose un cadre pour mettre en discussion des scénarios conçus dans des optiques distinctes ; in fine, les débats politiques sur les trajectoires de décarbonation du secteur agricole doivent mieux intégrer les enjeux de biodiversité et de santé des sols (au-delà d'une seule métrique carbone) et ainsi reconsidérer les stratégies fondées sur le *land sharing* et l'agroécologie comme des options crédibles.

## 1. LE POTENTIEL D'ATTÉNUATION D'UN SYSTÈME ALIMENTAIRE MULTIFONCTIONNEL : DE TYFA À TYFA-GES

---

Le scénario TYFA a été développé pour explorer les conditions d'une généralisation de l'agroécologie en Europe, dans une logique assumée de multifonctionnalité des agroécosystèmes. Il s'appuie sur le développement d'un modèle simulant le fonctionnement du système alimentaire européen en tenant compte de contraintes biophysiques de base. Les hypothèses adoptées dans le scénario – généralisation des principes de l'agriculture biologique, extension des infrastructures agroécologiques, redéploiement des prairies permanentes et adoption de régimes alimentaires plus sains (moins riches en produits animaux et plus en fruits et légumes – découlent de la prise en compte simultanée des enjeux principaux auxquels fait aujourd'hui face notre système alimentaire, parmi lesquels figurent l'augmentation des maladies chroniques non communicables associées à l'alimentation, les impacts sur et du changement climatique, la perte de biodiversité et la dégradation des ressources naturelles (sols, eau).

Les résultats de la modélisation montrent que malgré une baisse de la production de 35 %, le scénario TYFA permet de nourrir plus durablement 530 millions d'Européens à l'horizon 2050 tout en dégageant un surplus en céréales, produits laitiers et vins. Il permettrait une baisse des émissions directes et indirectes de l'ordre de -40 % par rapport à 2010 (-35 % pour les émissions directes hors CO<sub>2</sub>, selon la méthodologie adoptée par la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques), tout en offrant un potentiel de séquestration dans les sols agricoles (terres arables et prairies) de 159 MtCO<sub>2eq</sub>/an, au moins dans les 10 premières années. La production de bioénergie est quant à elle réduite à zéro, la quasi-totalité des terres étant dédiées à la production alimentaire du fait de rendements plus faibles. Avec de telles caractéristiques (notamment des émissions résiduelles de l'ordre de 60 MtCO<sub>2eq</sub>/an pour le secteur agricole), le scénario TYFA apparaît difficilement compatible avec l'objectif de neutralité carbone.

Pour explorer la contribution possible d'une Europe agroécologique à cet objectif, une variante du scénario, TYFA-GES, a été développée. Elle emprunte certaines hypothèses à des scénarios d'emblée plus orientés sur les performances climatiques que TYFA, tout en conservant les fondamentaux de ce dernier en matière de biodiversité et de gestion des ressources naturelles. Le développement *maîtrisé* et *limité* de la méthanisation à partir d'herbe des prairies (et de déjections) permet une réduction plus forte du cheptel bovin par rapport à 2010 (-34 % contre -15 % pour TYFA) tout en conservant les prairies permanentes. Ainsi, 18 % de la biomasse des prairies et 50 % des déjections animales sont méthanisées. La diminution relativement plus importante du cheptel bovin explique la sensible amélioration du bilan GES de TYFA-GES (-47 % contre -35 % pour les émissions directes hors CO<sub>2</sub>), tandis que le développement de la méthanisation permet une production de bioénergie de 189 TWh. Les impacts négatifs sur la qualité

des sols et des eaux (*via* notamment l'épandage des digestats) et la diversité des systèmes de culture (du fait des enjeux d'économie d'échelle associés aux investissements considérés) de la méthanisation, quoique difficile à quantifier de manière prospective, peuvent cependant s'avérer importants. Ces deux aspects ont conduit à ne pas envisager un développement plus conséquent de la méthanisation à partir des cultures intermédiaires ou d'une fraction plus importante des prairies, qui aurait permis de baisser encore le cheptel bovin. Sans pouvoir fixer de limite précise à partir de laquelle le scénario basculerait vers une logique bioénergétique qui changerait la nature même de l'agroécologie envisagée, il faut rappeler que l'échelle change la structure même de la filière : TYFA-GES n'est pas une justification de principe de la méthanisation, mais l'exploration d'une variante qui n'a son intérêt qu'à l'échelle où elle est envisagée.

Afin d'appréhender les implications de TYFA/TYFA-GES en termes d'atténuation, et de les mettre en regard de la composante agricole de scénarios neutres en carbone récemment publiés, un cadre comparatif a été développé, qui permet en particulier de nourrir une discussion plus générale sur les trajectoires de transformation vers un système alimentaire durable (incluant l'objectif de neutralité carbone).

## 2. UN « TABLEAU DE BORD » POUR UNE APPROCHE MULTIDIMENSIONNELLE DE LA DÉCARBONATION DU SYSTÈME ALIMENTAIRE

---

Suivant la méthodologie développée dans le projet Deep Decarbonization Pathways<sup>3</sup>, nous proposons un « tableau de bord » structuré autour de trois thèmes : les déterminants des changements envisagés ; les résultats en termes d'émissions ; et les co-bénéfices et impacts qui leur sont associés. Pour chaque thème, un nombre restreint d'indicateurs permet de rendre explicites les choix, hypothèses et résultats de chaque scénario et ainsi de les mettre en regard de manière systématique. Le Tableau 1 illustre la démarche adoptée et présente quelques indicateurs retenus pour chaque thème.

Ce tableau de bord doit être compris de manière dynamique : au-delà d'une comparaison *statique* entre scénarios dont l'objectif serait de savoir lequel serait le « meilleur », il s'agit d'organiser une discussion entre des approches dont les points de départ diffèrent, et qui tendent à s'ignorer. L'objectif est d'identifier de cette manière les options « sans regrets » comme les compromis à envisager, en étant le plus explicite possible quant à leurs conséquences sur l'une ou l'autre des dimensions envisagées.

---

<sup>3</sup> Waisman, H. *et al.*, (2019). A pathway design framework for national low greenhouse gas emission development strategies. *Nature Climate Change*, 9 (4), 261-268.

**TABLEAU 1. Tableau de bord pour une approche multidimensionnelle de la décarbonation du système alimentaire**

Thèmes	EU LTS	NZ 2050	TYFA
<p>Déterminants/indicateurs</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Régimes alimentaire (prise calorique totale, ratio protéines animales/végétales, ratio viande ruminants/viande blanche)</li> <li>– Rendements</li> <li>– Efficience carbone de la production (kg CO<sub>2</sub>eql/tonne production)</li> <li>– Changement d'usage des terres</li> <li>– Niveau de pertes et gaspillage (en % de la production)</li> <li>– Balance imports-exports (en volume)</li> </ul>			
<p>Potentiel d'atténuation</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Réduction d'émissions</li> <li>– Potentiel de séquestration : (i) des sols agricoles/prairies ; (ii) dans les écosystèmes forestiers</li> <li>– Substitution carbone fossile : production d'énergie à partir de biomasse d'origine agricole (en TWh)</li> </ul>			
<p>Arbitrages/co-bénéfices</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Biodiversité &amp; ressources naturelles (surfaces de prairies extensives, volume usage pesticides/fertilisants minéraux, part des infrastructures agroécologiques)</li> <li>– Santé humaine</li> <li>– Adaptation au changement climatique (niveau de diversification des systèmes de production)</li> </ul>			

Note : EU LTS = scénario de la Commission européenne ; NZ 2050 = scénario « net zéro » produit par The European Climate Foundation.

### 3. DES TRAJECTOIRES AUX POINTS DE DÉPART DIFFÉRENTS

Les scénarios analysés ont en premier lieu été développés selon des logiques différentes.

Ceux proposés dans le cadre de la stratégie de long terme de l'Union européenne (EU LTS) et de l'étude *Net Zero 2050* (NZ 2050) sont construits dans un objectif premier de décarbonation. Ils reposent sur une augmentation des rendements *via* l'intensification des systèmes agricoles et (secondairement) sur des changements de régimes alimentaires (moins de produits animaux, en particulier de ruminants). L'objectif est de libérer des terres agricoles afin soit de les boiser – pour augmenter le puits biogénique – soit de les utiliser pour produire de la biomasse énergétique. Dans cette logique de *land sparing*, l'augmentation des rendements (animaux comme végétaux) joue un rôle central. Les gains de productivité envisagés s'appuient sur l'adoption de technologies devant permettre de limiter (voire réduire) les impacts environnementaux des systèmes agricoles, dans un contexte où ces mêmes impacts sont aujourd'hui très importants.

Les scénarios TYFA/TYFA-GES ont pour leur part été construits dans le but de tester la crédibilité d'une généralisation de l'agroécologie à l'échelle européenne. Ils considèrent conjointement la nécessité d'un changement vers des régimes alimentaires plus sobres et celle d'une extensification des systèmes de production animaux et végétaux afin de répondre

aux enjeux de gestion des ressources naturelles (sols et eau), de conservation de la biodiversité et de santé humaine. Dans la logique de *land sharing* adoptée, l'extensification des systèmes permet simultanément de *réduire* les émissions totales de GES – et ce bien que le niveau d'efficience carbone des productions ne s'améliore que peu – et de *reconquérir* le bon état des ressources naturelles et de la biodiversité.

Les propriétés des systèmes alimentaires résultant de ces deux approches sont logiquement bien distinctes. Tandis que la compatibilité de TYFA avec l'objectif de neutralité carbone est questionnable, le scénario répond à de nombreux enjeux clés du secteur alimentaire européen.

- En matière de santé humaine, l'abandon des pesticides offre simultanément des conditions de travail plus sûres aux agriculteurs, qui sont les premiers touchés par l'usage des pesticides, et une nourriture plus saine<sup>4</sup>. Les changements de régimes alimentaires allant au-delà de la seule réduction des calories totales et animales dans une logique de réduction des émissions, mais considérant également l'augmentation des fruits et légumes et la réduction du sucre, favoriseraient également une amélioration de la santé des consommateurs.
- En matière de biodiversité, l'extension des infrastructures agroécologiques – qui représentent 10 % de la sole arable en 2050 –, associée au redéploiement des prairies naturelles et à l'abandon des pesticides et des engrais de synthèse, assurent dans TYFA/TYFA-GES une véritable reconquête de la biodiversité *via* un redéploiement des réseaux trophiques à toutes les échelles, du sol au paysage. Associés à une couverture des sols continue *via* le développement des cultures intermédiaires, TYFA/TYFA-GES doivent aussi permettre de recouvrir simultanément une bonne santé des sols et un bon état des masses d'eau.
- Enfin, la rediversification importante des systèmes végétaux, la reconnexion des systèmes de culture et d'élevage et l'amélioration de la santé des sols apparaissent comme des atouts importants pour s'adapter aux impacts – déjà bien présents – du changement climatique : augmentation du stress hydrique, risque d'émergence de nouveaux parasites/maladies, irrégularités des précipitations.

En contrepoint, les scénarios EU LTS et NZ 2050 affichent, par construction, un potentiel d'atténuation très fort : en considérant l'ensemble du secteur des terres, le potentiel de séquestration annuelle nette (compensant ainsi les émissions résiduelles d'autres secteurs) oscille entre 83 et 489 MtCO<sub>2</sub>eql. En revanche, ces scénarios sont peu explicites sur la manière dont ils envisagent de prendre en charge les autres enjeux de

<sup>4</sup> Si les effets positifs sur la santé humaine d'une alimentation exempte de résidus de pesticides sont aujourd'hui difficiles à démontrer, plusieurs travaux récents apportent des arguments de plus en plus difficiles à ignorer. Voir Baudry, J. *et al.* (2018). Association of Frequency of Organic Food Consumption With Cancer Risk. Findings From the NutriNet-Sante Prospective Cohort Study. *JAMA Internal Medicine*, 10 ; Johansson, E. *et al.* (2014). Contribution of Organically Grown Crops to Human Health. 11 (4), 3870.

durabilité du système alimentaire alors que pour certains, les impacts négatifs sont potentiellement importants.

- En matière de biodiversité, la réduction drastique de la part des infrastructures agroécologiques considérées comme « non productives » dans les territoires, ainsi que des prairies naturelles (jusqu'à -53 % des surfaces non productives dans EU-LTS, -91 % des prairies dans NZ 2050), ne sera pas sans effets compte tenu du rôle majeur que joue la végétation semi-naturelle pour la biodiversité européenne. Aucune précision n'est par ailleurs donnée quant à l'usage des pesticides. Compte tenu des hypothèses d'augmentation de rendements, celui-ci sera au mieux en léger recul si l'on considère les progrès technologiques, au pire en augmentation pour maintenir les rendements face aux nouvelles résistances et pathogènes. Les conséquences en termes de biodiversité seront dans les deux cas importantes.
- De même, l'usage des fertilisants de synthèse n'est pas questionnée, ni les forts niveaux de spécialisation territoriale et les déséquilibres pour les cycles de nutriments qui les accompagnent. Il en résulte potentiellement une poursuite de la dégradation de la vie des sols comme de leur contenu en matière organique, ainsi que des impacts sur les masses d'eau superficielles et souterraines.
- Enfin, la question de la *résilience* des agroécosystèmes et des systèmes de production est peu abordée ; là encore, l'absence de considération pour les enjeux de rediversification des systèmes et la priorité mise sur l'accroissement des rendements apparaissent peu compatibles avec une augmentation de leurs capacités d'adaptation.

Ces limites s'expliquent en partie pour des raisons méthodologiques : les couplages entre modèles climatiques et modèles de biodiversité en sont encore à leurs débuts<sup>5</sup>, et les impacts sur la vie et la structure des sols sont difficilement appréhendables par des indicateurs quantifiés de manière prospective. Ils traduisent également une hiérarchie implicite, qui fait *de facto* de l'enjeu climatique la priorité par rapport aux autres.

C'est pourtant le réalisme même de certains des scénarios de type *land sparing* qui peut être questionné à cet égard

compte tenu du rôle qu'y joue l'augmentation des rendements. La tendance à la stagnation des rendements européens, en particulier en céréales, montre en effet que cette hypothèse ne va pas de soi. En considérant les impacts potentiels des scénarios considérés sur la vie des sols et la biodiversité au sens large, ainsi que les faibles capacités d'adaptation au changement climatique des systèmes agricoles ainsi structurés, c'est le potentiel productif même des agroécosystèmes qui, à moyen ou long terme, pourrait être remis en question, entraînant en retour non pas une augmentation des rendements, mais bien leur baisse. Au-delà d'une hiérarchie des objectifs entre climat et biodiversité, c'est bien la stratégie même d'atténuation du changement climatique, basée sur le *land sparing*, qui en deviendrait inopérante.

## 4. CONCLUSION : ORGANISER LA DISCUSSION AU-DELÀ DES SEULS ENJEUX CLIMATIQUES

Ce *Décryptage* montre que si la contribution potentielle d'une Europe agroécologique à l'objectif de décarbonation n'est pas immédiatement compatible avec l'objectif de neutralité, elle apparaît substantielle et surtout porteuse de solutions crédibles face aux autres enjeux auxquels fait face le système alimentaire européen actuel.

Ces mêmes enjeux – biodiversité, ressources naturelles, santé humaine – doivent ainsi être mieux intégrés au développement et à la mise en discussion des scénarios centrés sur l'objectif de décarbonation du secteur agricole. Cela d'autant plus que, à mesure que le temps passe, la possibilité d'identifier et de mettre en œuvre une trajectoire permettant de tenir l'ensemble des objectifs de développement durable se réduit de plus en plus, faisant émerger l'obligation de faire des arbitrages. Ces derniers devront reposer sur une discussion la plus transparente possible quant aux implications de différentes options. La logique de tableau de bord mobilisée ici prend dans ce contexte toute son importance.

<sup>5</sup> Leclere D. et al (2018). Towards pathways bending the curve of terrestrial biodiversity trends within the 21st century.

Citation : Aubert, P.-M., Schwoob, M.-H., Poux, X. (2019). Agroécologie et neutralité carbone en Europe à l'horizon 2050 : quels enjeux ? Iddri, *Décryptage* N°05/19.

Ce travail a bénéficié d'une aide de l'État gérée par l'Agence nationale de la recherche au titre du programme « Investissements d'avenir » portant la référence ANR-10-LABX-01. Il a également bénéficié du soutien de l'Union européenne, via l'Agence exécutive pour les petites et moyennes entreprises (ESAME), et de la Fondation Charles Léopold Mayer pour le Progrès de l'Homme.

### CONTACT

pierremarie.aubert@iddri.org

Institut du développement durable  
et des relations internationales  
41, rue du Four - 75006 Paris - France

[WWW.IDDRI.ORG](http://WWW.IDDRI.ORG)

[@IDDRI\\_THINKTANK](https://twitter.com/IDDRI_THINKTANK)

