



AgEcon SEARCH

RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

No endorsement of AgEcon Search or its fundraising activities by the author(s) of the following work or their employer(s) is intended or implied.

Pourrait-on parvenir à une alimentation saine dans le monde en 2050 sans expansion des terres agricoles ?

Agneta Forslund

(auteur de correspondance)
INRAE UMR SMART, Rennes, France
agneta.forslund@inrae.fr

Anaïs Tibi

INRAE, DEPE, Paris, France

Bertrand Schmitt

INRAE, UMR CESAER, Dijon, France

Elodie Marajo-Petizon

INRAE, UMR SMART, Rennes, France

Philippe Debaeke

INRAE, UMR AGIR, Toulouse, France

Jean-Louis Durand

INRAE, UR P3F, Lusignan, France

Philippe Faverdin

INRAE, UMR PEGASE, Saint-Gilles, France

Hervé Guyomard

INRAE, SDAR, Le Rheu, France

Sera-t-il possible de fournir une alimentation plus saine à la population mondiale en 2050 sans étendre les terres agricoles ? Pour répondre à cette question, nous avons estimé grâce au modèle de bilan GlobAgri-AE2050, les besoins en terres cultivées et en pâtures en 2050 pour 21 régions du monde, induits par l'adoption de régimes plus sains, sur la base de projections des variables exogènes d'offre et de demande de produits agricoles, en prenant en compte l'impact du changement climatique sur les rendements des cultures, les intensités de pâturage et les surfaces maximales cultivables, et en tenant compte des échanges inter-régionaux. Les résultats des simulations pour deux projections des rendements (croissance « modérée » et « forte ») montrent que plusieurs régions (Afrique du Nord, Proche et Moyen Orient, Inde et reste de l'Asie) seraient contraintes par leurs disponibilités en terres cultivables, et que les besoins additionnels en pâtures en Afrique subsaharienne deviendraient extrêmes.

Des projections qui prennent en compte les évolutions de l'offre et de la demande

De nombreuses études ont essayé d'évaluer la capacité du système agricole et alimentaire global à subvenir aux besoins de la population mondiale, en 2050 et au-delà. Ces études sont très majoritairement centrées sur les seuls aspects d'offre et ne tiennent souvent pas compte des aspects de demande de produits agricoles (Tamburino et al., 2020). Nous considérons ici à la fois les enjeux liés à l'offre et à la demande. Du côté de l'offre, notre étude tient compte de l'impact du changement climatique (CC) sur la productivité de la terre et la disponibilité en terres cultivables. Du côté de la demande, nous supposons que les régimes alimentaires sont sains en 2050, c'est-à-dire conformes aux recommandations nutritionnelles de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS). L'objectif premier du travail est d'analyser s'il est possible de nourrir plus sainement le monde sans expansion des terres agricoles au détriment des forêts. Pour cela nous avons utilisé le modèle de bilan GlobAgri-AE2050 qui divise le monde en 21 régions et distingue 33 produits agricoles et agroalimentaires. Les échanges sont pris en compte en maintenant constants, pour chaque région et chaque produit, les ratios des importations sur les consommations et les parts du marché mondial à l'exportation, sauf en cas de dépassement de la contrainte régionale sur les terres cultivables, auquel cas les parts à l'exportation et, si besoin, les ratios des importations sont ajustés jusqu'à obtenir un équilibre entre utilisations et ressources domestiques (voir figure 1).

Hypothèses liées à l'évolution de la demande

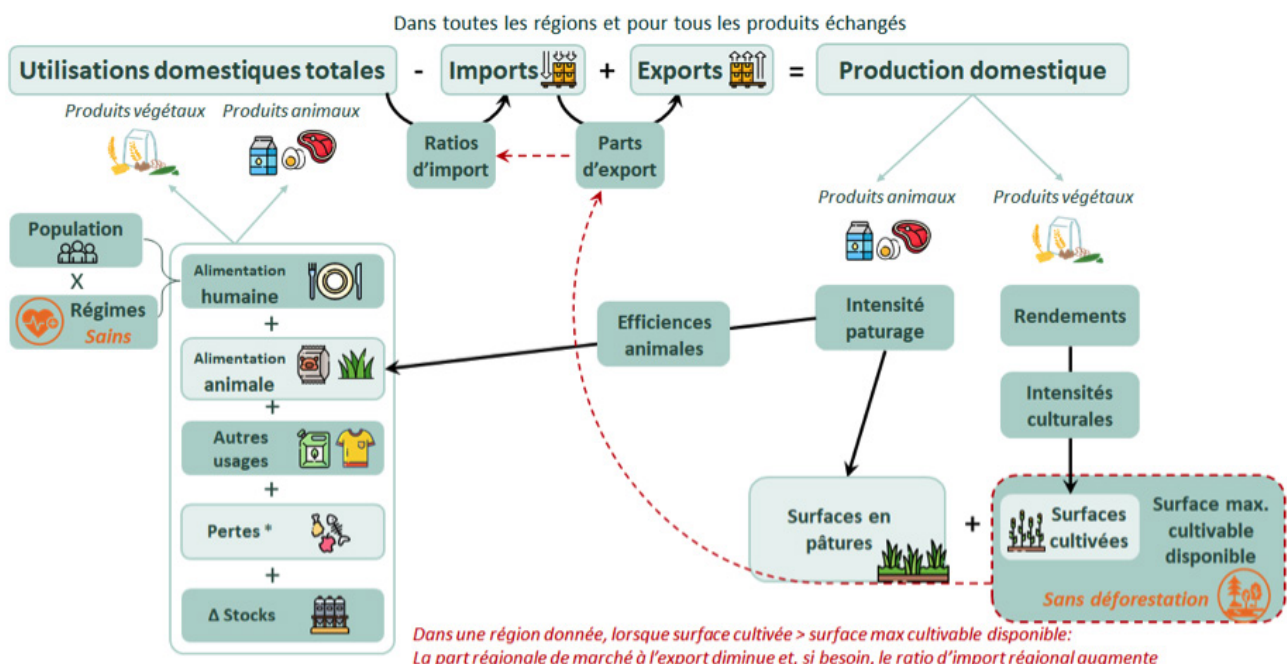
Partant de l'année de base « 2010 » (moyenne 2009-2010-2011), nous supposons que les régimes alimentaires moyens des 21 régions sont plus sains en 2050. Ces régimes « sains » correspondent à des disponibilités alimentaires de 2750-3000 kcal / jour / personne (selon la situation initiale de la région) et une composition en produits qui respecte les recommandations nutritionnelles de l'OMS tout en conservant des spécificités régionales (voir figure 2). La population mondiale augmente de 36 % entre 2010 et 2050, avec de fortes disparités régionales (allant de -20 % en Europe de l'Est à +163 % en

Afrique de l'Ouest), conformément aux projections médianes d'évolutions démographiques de l'ONU (2022). Concernant les pertes et gaspillages alimentaires, nous supposons que leurs parts dans les consommations domestiques sont inchangées aux niveaux de la période de base. Les usages de matières premières agricoles pour la fabrication de biocarburants sont projetés selon les politiques en vigueur jusqu'à 2030 puis leur taux d'incorporation est maintenu constant jusqu'à 2050 (Forslund et al., 2020).

Hypothèses liées à l'évolution de l'offre

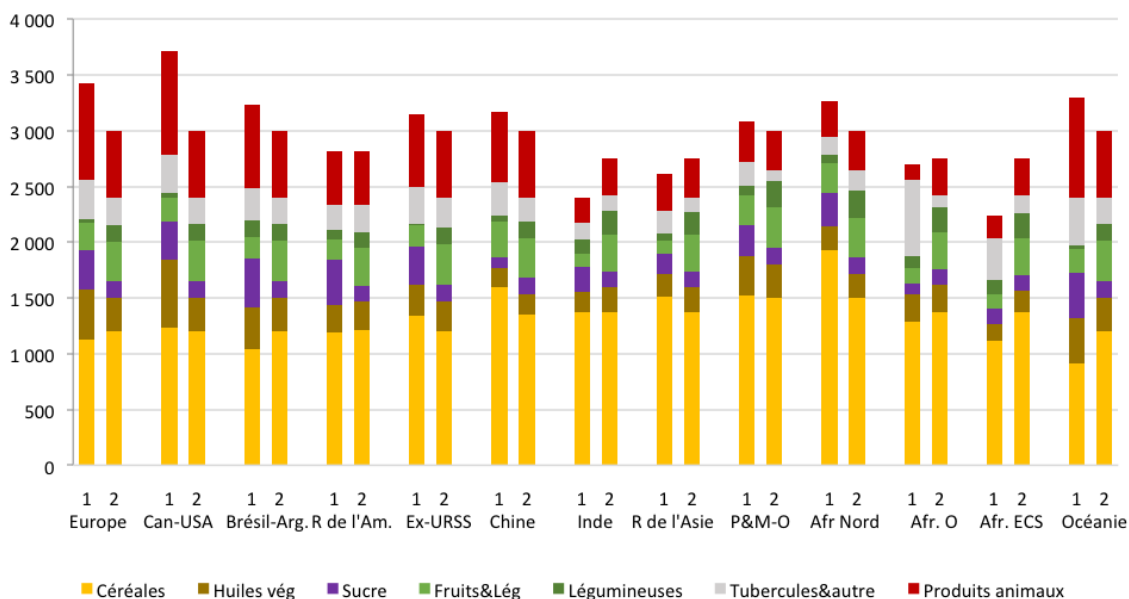
Les projections de rendements des cultures à l'horizon 2050 évoluent sous l'influence du progrès technique en interaction avec le CC (Aggarwal et al., 2019). L'impact du CC (en température, pluviométrie et concentration atmosphérique du CO₂, qui évoluent selon les projections de la trajectoire RCP 6.0 du GIEC) est évalué selon une relation statistique dérivée de la méta-analyse de Makowski et al. (2020). Les changements des rendements dans chaque région induits par le progrès technique sont définis sous la forme de deux bornes : une borne plutôt optimiste sur la base des projections 2012 de la FAO (Alexandratos and Bruinsma, 2012) et une borne plutôt conservatrice sur la base des projections révisées en 2018 de cette institution (FAO, 2018), avec quelques ajustements pour certains couples « culture x région » considérés comme irréalistes par les experts – les ajustements ont donc été réalisés à dire d'experts (Forslund et al., 2020). L'hypothèse d'évolution « modérée » des rendements combine des évolutions modérées du progrès technique (basées sur FAO, 2018) qui limitent la capacité des plantes à exploiter l'augmentation de la concentration atmosphérique de CO₂. L'hypothèse d'évolution « forte » suppose des évolutions techniques plus optimistes (basées sur Alexandratos et Bruinsma, 2012), y compris en matière d'eau et d'accès aux intrants, ce qui permet la pleine expression de l'effet CO₂ (Toreti et al., 2020). La fourchette d'évolution des rendements (toutes cultures confondues hors fourrages) varie de +14 % à +42 % selon les régions pour une évolution « modérée », et de + 22 % à +95 % pour l'évolution « forte ».

Figure 1 : Schéma du fonctionnement du modèle GlobAgri-AE2050



Légende : Les variables et paramètres sont distingués selon leur statut dans le modèle : exogènes (vert foncé), endogènes (vert clair), sujets aux hypothèses normatives (orange).
* : Les taux de pertes sont fixés de manière exogène, leur niveau est déterminé de manière endogène à partir des utilisations domestiques totales.

Figure 2 : Régimes en « 2010 » (colonne 1) et régimes « sains » en 2050 (colonne 2) (en kcal/habitant/jour)



Les coefficients des intensités culturales¹ sont maintenus à leurs niveaux initiaux de 2010 compte tenu de l'incertitude qui les entoure, aujourd'hui et demain (Ilzumi et Ramankutty, 2015). Pour la même raison, les rendements des pâtures, approchés par les intensités de pâturage, sont supposés évoluer sous le seul effet du CC sans bénéficier du progrès technique². Les efficacités animales, mesurées par des coefficients fixes rapportant les volumes de produits animaux aux différents ingrédients utilisés en alimentation animale, sont différenciés par espèce et région. Ils évoluent à l'horizon 2050 suivant les tendances de productivité observées sur le passé (augmentation des efficacités des vaches laitières et des monogastriques, notamment dans les pays en développement, et stagnation des efficacités des bovins-viande).

Les surfaces maximales cultivables en 2050, sont définies en utilisant la classification des terres en *Global Agro-Ecological Zones* (GAEZ) de l'IIASA et de la FAO (Fischer et al., 2021). Seules les terres avec un *indice de cultivabilité* supérieur à 40 en 2050 et qui n'étaient pas occupées par de la forêt en « 2010 » sont considérées comme pouvant être cultivées. La deuxième contrainte empêche donc l'expansion des terres cultivées sur des espaces boisés, mais l'autorise au détriment des pâtures ou d'autres utilisations comme des brousses ou d'autres espaces végétalisés.

Une forte hétérogénéité entre régions vis-à-vis des besoins additionnels en terres

Besoins en terres cultivées en 2050 sous l'influence principale de la croissance démographique et des rendements

La Figure 3 décompose l'effet de chaque variable sur l'évolution du besoin en terres cultivées en 2050. La *croissance de la population mondiale* (sans changement de régime) induirait à elle seule un besoin additionnel de terres cultivées de +562 million d'hectares (Mha) en 2050 par rapport à « 2010 » (+36 %). L'hypothèse d'évolution vers des régimes sains provoquerait une augmentation additionnelle de +303 Mha (+20 %). L'effet combiné de tous les aspects de

la demande (démographie, régimes, autres usages des biomasses agricoles) induirait une augmentation des besoins totaux de terres cultivées de +892 Mha (+58 %), portée pour moitié par l'Afrique subsaharienne (ASS), qui verrait ses besoins tripler (+458 Mha), et pour un quart par l'Inde et le Reste de l'Asie. Deux régions se trouveraient dans une situation particulièrement critique, l'Afrique du Nord et le Proche et Moyen Orient, où les besoins en terres cultivées excèdent déjà la disponibilité en terres cultivables en « 2010 » et où l'évolution de la demande exacerberait encore la pression foncière.

Du côté de l'offre, les augmentations des rendements de cultures allègent le besoin en terres cultivées de -610 (-40 %) à -865 Mha (-56 %) selon l'hypothèse retenue (augmentation « modérée » ou « forte »). A contrario, les évolutions des *efficacités animales* n'auraient que de très faibles effets : +7 Mha. Cet effet modeste s'explique par le fait que les améliorations technologiques des productivités sont contrebalancées par l'industrialisation des systèmes dans les pays en développement et par les modifications des rations animales (plus d'aliments concentrés et de fourrages de qualité cultivés dans les rations des vaches laitières).

Ces effets combinés de la demande et de l'offre résulteraient en un besoin additionnel mondial de terres cultivées en 2050 de +282 Mha (+18 %) si les rendements végétaux évoluent modérément, et de +27 million ha (+2 %) s'ils croissent fortement. L'imposition d'une limite sur les terres cultivables réduit légèrement ce besoin (à +251 et +25 Mha respectivement), par un mécanisme d'ajustement des échanges commerciaux : les régions qui disposent d'une réserve de terres cultivables peuvent assumer l'augmentation des importations de produits agroalimentaires des régions qui se retrouvent contraintes. Ces chiffres globaux masquent des variations importantes au niveau régional. Certaines régions verraient en effet leur besoin en terres cultivées diminuer, soit parce que la croissance des rendements compense celle de la demande (cas de l'ex-URSS³, de l'Europe et de l'Amérique du Nord quand les rendements augmentent fortement, et de la Chine où la demande diminuerait), soit sous l'effet de la contrainte en terres cultivables (Proche et Moyen Orient et Afrique du Nord). À l'opposé, le besoin en terres cultivées serait élevé en ASS quel

1 L'intensité culturale est le rapport entre surface récoltée et surface cultivée.

2 Cette hypothèse est modifiée dans une analyse de sensibilité.

3 Région formée par les pays de l'ex-URSS.

que soit le scénario, mais particulièrement dans celui d'une évolution « modérée » des rendements où l'Afrique de l'Ouest se heurterait à sa contrainte de terres cultivables.

Des besoins en pâtures permanentes en 2050 extrêmes en Afrique subsaharienne

En faisant l'hypothèse d'une évolution « modérée » des rendements, le besoin mondial en pâtures augmenterait de +2 310 Mha (+72 %). Ce besoin serait très élevé en ASS (voir figure 4) : +551 Mha soit +381 % en Afrique de l'Ouest, et +1 550 Mha soit +281 % en Afrique de l'Est, du Centre et du Sud (ECS) où l'explosion de la demande en produits laitiers et en viande rouge ne serait pas compensée par nos projections conservatrices en matière d'efficacités animales et d'intensités de pâturage. Une croissance plus forte des rendements allègerait quelque peu ce besoin en pâtures (-238 Mha par rapport au scénario précédent).

Au total, l'objectif de non-expansion des terres agricoles (la somme des surfaces cultivées et pâtures) serait techniquement infaisable dans les deux régions de l'ASS, mais aussi en Inde, dans le reste de l'Amérique, dans le reste de l'Asie, en Afrique du Nord et au Proche et Moyen Orient. Il le serait également en Océanie et au Brésil-Argentine en cas d'évolution modérée des rendements. Dans les deux régions de l'ASS, il serait même physiquement impossible de répondre au besoin additionnel en terres car il excéderait largement la superficie des terres émergées.

Quelles options pour réduire le besoin en terres agricoles en Afrique subsaharienne ?

Nous examinons maintenant dans quelle mesure il serait possible de rendre le scénario de régimes alimentaires « sains » et de non

expansion des terres agricoles techniquement réalisable en ASS sur la base d'hypothèses alternatives pour certaines variables exogènes de l'offre et de la demande en 2050. L'analyse est réalisée à partir du scénario le moins défavorable en matière de besoins totaux en terres agricoles (croissance « forte » des rendements).

Une première option est de supposer que les intensités de pâturage augmenteraient dans toutes les régions du monde de +30 % en 2050 par rapport à « 2010 ». Ce premier levier suffirait à éviter l'expansion des terres agricoles dans toutes les régions du monde à l'exception de l'ASS, malgré des baisses substantielles des besoins en pâturages en 2050 (-163 Mha en Afrique de l'Ouest et -409 Mha en Afrique ECS par rapport au scénario de référence).

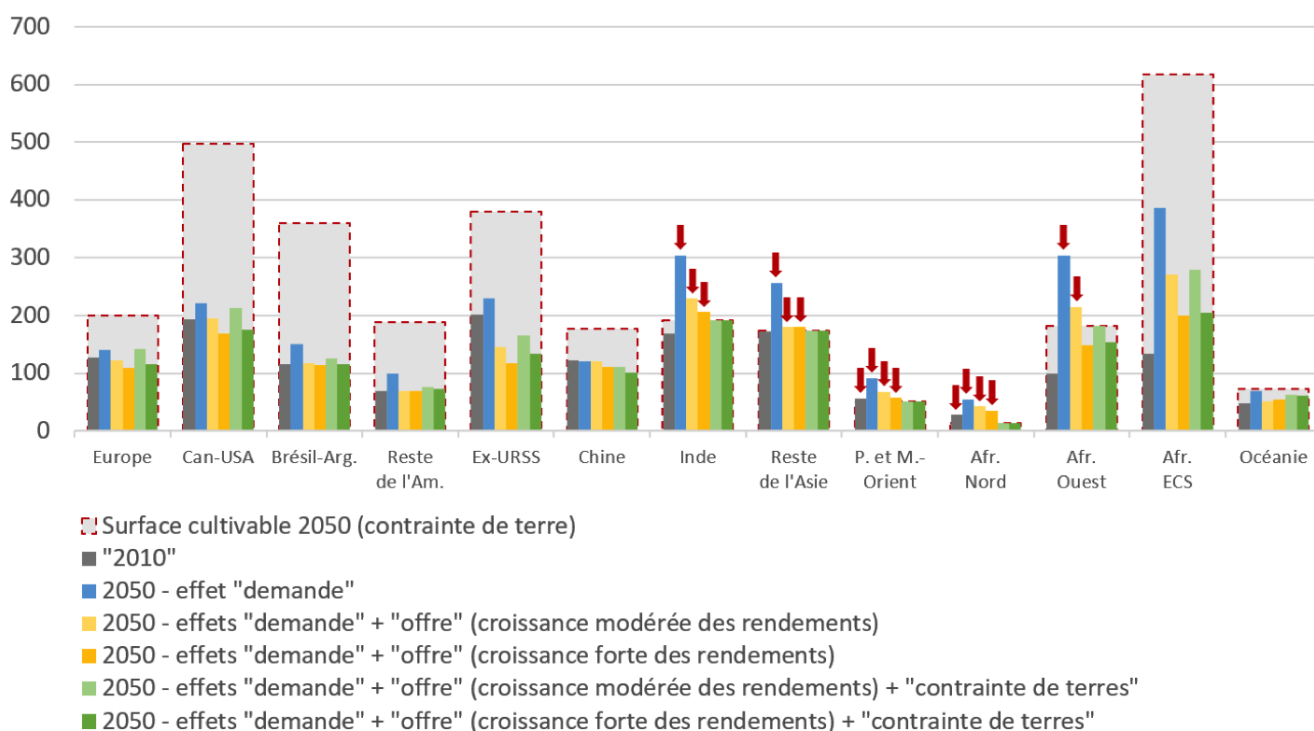
Un deuxième levier consiste à améliorer l'efficacité de l'alimentation des ruminants de +20 % en 2050 en ASS par rapport au scénario de référence. Ceci permettrait une économie supplémentaire de pâturages de -106 Mha en Afrique de l'Ouest et -230 Mha en Afrique ECS.

Le troisième levier exploré consiste à substituer la viande rouge par la viande blanche dans les régimes alimentaires « sains » de 2050 dans les deux régions de l'ASS. Cette action sur la demande réduirait encore le besoin en pâtures de -240 Mha en Afrique de l'Ouest et de -340 Mha en Afrique ECS.

Enfin, un quatrième levier agit sur les ratios imports/utilisations domestiques de produits ruminants qui, fixés à 35 %⁴ en ASS, permet-

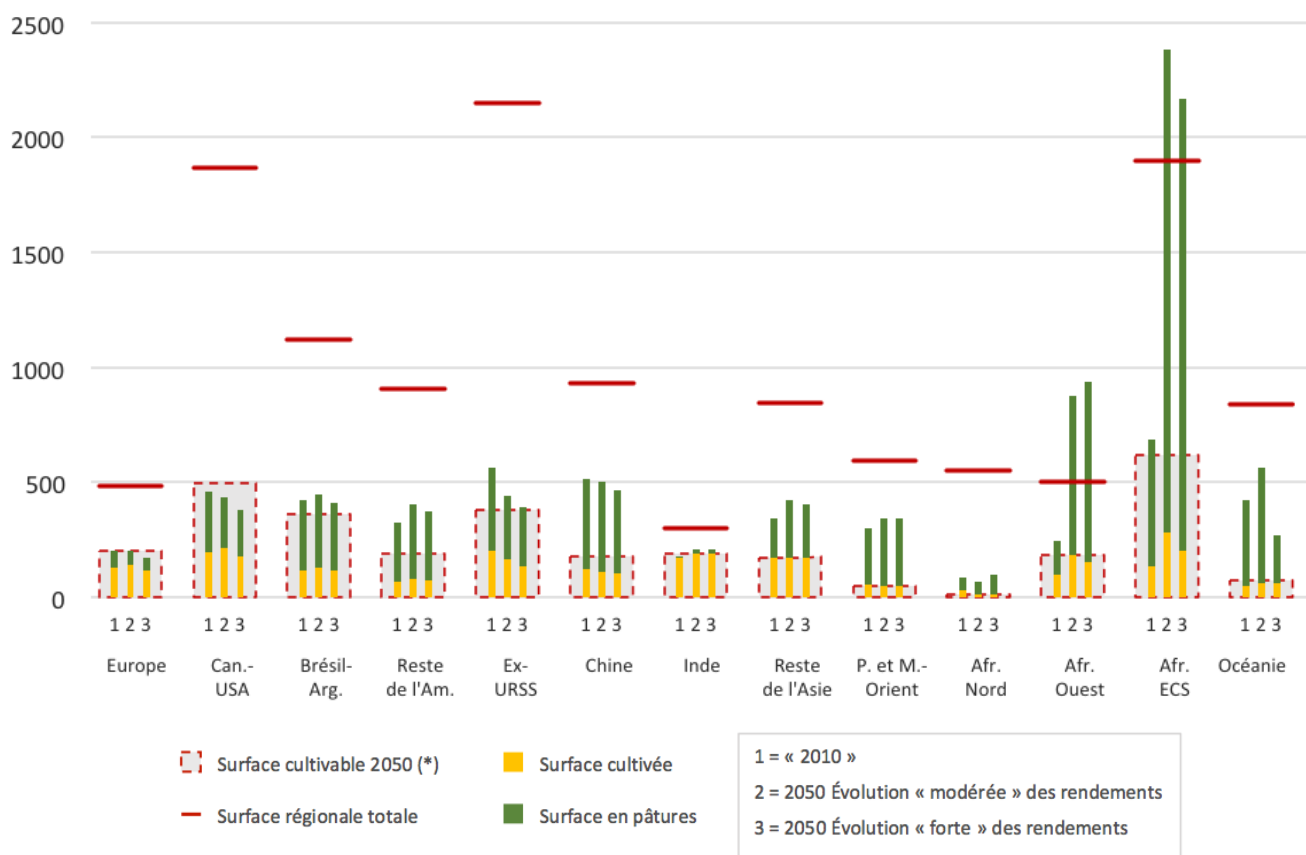
4 Pourcentage égal au ratio imports/utilisations des produits laitiers en Afrique de l'Ouest en « 2010 » alors que ce même ratio n'était que de 5 % en Afrique ECS, autour de 2 % pour viande de petits ruminants dans les deux régions et la viande bovine en Afrique ECS, et de 9 % pour viande bovine en Afrique de l'Ouest.

Figure 3 : Évolution des surfaces cultivées (en millions ha) entre « 2010 » et 2050 sous l'effet de la demande, de l'offre et de l'application de la contrainte de terres en 2050



Note: Les surfaces cultivables en 2050 sont les surfaces maximales sur lesquelles on peut étendre les surfaces cultivées. Elles sont estimées à partir de données IIASA/FAO tel que décrit précédemment. Les flèches indiquent les situations où le besoin en terres cultivées excède la disponibilité en terres cultivables.

Figure 4 : Évolution des besoins en terres agricoles (surfaces cultivées et en pâtures) entre « 2010 » et 2050 sous deux hypothèses d'évolution de rendements (en million ha)



(*) Les aires de surfaces cultivables en 2050 montrent la limite imposée à l'expansion des surfaces cultivées. Les pâtures peuvent s'étendre également sur des surfaces *non* cultivables.

traient une réduction supplémentaire des besoins en pâtures de -57 Mha en Afrique de l'Ouest et de -298 Mha en Afrique ECS.

Malgré les économies de pâtures permanentes permises en 2050 en ASS par l'activation de ces quatre leviers, ces réductions ne seraient pas suffisantes pour empêcher l'expansion de terres agricoles dans les deux régions.

Conclusion

Notre analyse met en évidence un enjeu majeur, celui des besoins en terres cultivées et en pâtures, auquel serait confronté le système agricole et alimentaire mondial en 2050 dans un scénario d'évolution vers des régimes sains. D'une part, plusieurs régions (Afrique du Nord, Proche et Moyen Orient, reste de l'Asie et l'Inde) seraient contraintes par leur surfaces maximales cultivables en 2050. D'autre part, l'explosion des besoins en pâtures dans plusieurs régions et en particulier en ASS mettrait en péril l'objectif de non expansion des terres agricoles, même dans un scénario qui suppose (i) une augmentation des intensités de pâturage et (ii) des efficacités animales (iii) un ajustement des régimes sains en faveur de la viande blanche, moins consommatrice en terres, et (iv) une augmentation d'importations de produits animaux.

Afin de réduire le besoin en pâtures en ASS et ainsi rendre notre scénario techniquement faisable dans cette région, d'autres leviers doivent être mobilisés. Par exemple, en jouant sur plusieurs leviers d'offre via une augmentation durable des rendements des cultures,

des surfaces irriguées et des intensités culturales. Il est également possible de jouer sur la demande en augmentant la part d'aliments concentrés et de fourrage de qualité dans les rations des animaux, en diminuant les pertes et gaspillages, en visant des régimes régionaux encore plus riches en protéines végétales, ou en augmentant encore les importations. Tous ces leviers requièrent recherche, innovation, investissements, changements de comportement des acteurs, ainsi que des politiques publiques fortes. Ceci d'autant plus que la demande alimentaire continuera à augmenter après 2050 dans un contexte où les impacts climatiques sur l'offre agroalimentaire seraient encore plus négatifs et s'accompagneraient d'évènements extrêmes plus fréquents.

Pour en savoir plus

Alexandratos N. et Bruinsma J. (2012). World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision. ESA Working Paper n° 12/03, Juin 2012, FAO.

FAO (2018). Future of Food and Agriculture: Alternative Pathways to 2050. Rome, 224 p.

Fischer G., Nachtergaele F.O., van Velthuisen H.T., Chiozza F., Franceschini G., Henry M., Muchoney D. et Tramberend S. (2021). Global Agro-Ecological Zones v4 – Model documentation. Rome, FAO.

Forslund A., Tibi A., Schmitt B., Marajo-Petitzon E., Debaeke P., Durand J. L., Faverdin P. et Guyomard H. (2023). Can healthy diets be achieved worldwide in 2050 without farmland expansion? *Global Food Security*, 39, 100711.

Forslund A. et al. (2020). Place des agricultures européennes dans le monde à l'horizon 2050 : Entre enjeux climatiques et défis de la sécurité alimentaire mondiale. Rapport technique. INRAE - Direction de l'Expertise Scientifique, de la Prospective et des Etudes. INRAE: 218 p.

Iizumi T. et Ramankutty N. (2015). How do weather and climate influence cropping area and intensity? *Global Food Security* 4: 46-50.

Makowski D., Marajo-Petitzon E., Durand J-L., Ben Ari T. (2020). Quantitative synthesis of temperature, CO₂, rainfall, and adaptation effects on global crop yields. *European Journal of Agronomy* 115: 126041.

ONU (2022). World Population Prospects 2022. Summary of Results. UN Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2022), 52 p.

Tamburino L., Bravo G., Clough Y. et Nicholas K.A. (2020). From population to production: 50 years of scientific literature on how to feed the world. *Global Food Security*, 24, 100346.

Toreti A. et al. (2020). Narrowing uncertainties in the effects of elevated CO₂ on crops. *Nature Food* 1(12): 775-782.