

Productions animales, usage des terres et sécurité alimentaire en 2050 : l'éclairage de la prospective Agrimonde-Terra

Chantal LE MOUËL¹, Olivier MORA²

¹ UMR 1302, SMART-LERECO, INRA, 35000, Rennes, France

² UAR 1241, DEPE, INRA, 75000, Paris, France

Courriel : chantal.le-mouel@inra.fr

■ La prospective Agrimonde-Terra propose cinq scénarios d'usage des terres et de sécurité alimentaire à l'horizon 2050. Les productions animales sont un élément clé de ces scénarios et de leurs conséquences sur l'usage des terres et pour la sécurité alimentaire. La prospective Agrimonde-Terra n'apporte pas un message uniforme et globalisé sur la consommation de produits animaux, et notamment sur sa réduction, mais un message différencié en fonction des enjeux régionaux de la sécurité alimentaire.

Introduction

L'élevage et la consommation de produits animaux sont au cœur des débats sur l'avenir des systèmes alimentaires à l'échelle globale. D'un côté, la croissance de la consommation de produits animaux est une tendance de long terme qui résulte de la transformation des régimes alimentaires liée à l'augmentation des revenus, à l'urbanisation et aux changements de style de vie (Kearney, 2010 ; Alexandratos et Bruinsma, 2012 ; Popkin *et al.*, 2012 ; Zhai *et al.*, 2014). D'un autre côté, l'élevage est source d'impacts négatifs significatifs sur l'environnement et sur la santé humaine (FAO, 2006 ; Tilman et Clark, 2014 ; Godfray *et al.*, 2018). Il en résulte que dans les travaux qui s'interrogent sur les leviers qui permettraient de réduire les impacts négatifs sur l'environnement et/ou la santé des systèmes alimentaires mondiaux, la limitation de la croissance de la consommation de produits animaux, en particulier

de viande et plus spécifiquement de viande de ruminant, fait toujours partie des leviers invoqués (Stehfest *et al.*, 2009 ; Popp *et al.*, 2010 ; Wirsén *et al.*, 2010 ; Bajželj *et al.*, 2014 ; Springmann *et al.*, 2016 ; Röss *et al.*, 2017 ; Weindl *et al.*, 2017 ; Springmann *et al.*, 2018).

On retrouve le même consensus dans les travaux de prospective qui s'intéressent à la sécurité alimentaire mondiale et qui proposent des scénarios globaux d'évolution des systèmes alimentaires mondiaux : la transition vers des régimes alimentaires moins riches en énergie et moins riches en produits d'origine animale fait partie des options avancées pour nourrir une population mondiale croissante de manière durable (pour une revue, voir Le Mouél et Forslund, 2017, par exemple).

La prospective Agrimonde-Terra (Le Mouél *et al.*, 2018a) fait partie de ces travaux. Ses scénarios d'usage des terres et de sécurité alimentaire en 2050 confirment le rôle clé de l'élevage et de la

consommation de produits animaux au regard de l'usage des terres et de la sécurité alimentaire. Ils montrent également que l'évolution des régimes alimentaires vers une diète, en moyenne mondiale, moins riche en énergie, plus diversifiée et contenant moins de produits d'origine animale est nécessaire pour assurer la sécurité alimentaire mondiale à l'horizon 2050.

Les scénarios d'Agrimonde-Terra reposent sur quatre hypothèses d'évolution alternative des régimes alimentaires à 2050, qui donnent une place contrastée aux produits animaux, dans le temps mais aussi dans l'espace. En particulier, dans un souci de sécurité alimentaire régionale, Agrimonde-Terra fait l'hypothèse que les régimes alimentaires des régions en développement (Afrique sub-Saharienne et Inde) voient leur contenu en énergie et leur contenu en produits animaux augmenter à 2050, même lorsque la trajectoire générale d'évolution conduit ces contenus à diminuer en moyenne mondiale.

Cette hypothèse se révèle cruciale au regard de l'équilibre global entre l'offre et la demande de biomasse et en termes d'usage des terres au niveau mondial et régional, car, dans les scénarios d'Agrimonde-Terra, ces régions en développement très peuplées connaîtront une croissance démographique très rapide, tandis que leurs systèmes d'élevage peu performants en termes de rendements à l'hectare verront leur productivité s'améliorer à 2050, mais dans une mesure limitée comme l'ensemble des autres régions du monde.

Au total, si les résultats d'Agrimonde-Terra permettent de différencier clairement entre les scénarios qui ne seraient pas capables et ceux qui seraient susceptibles d'assurer la sécurité alimentaire mondiale en 2050, les résultats au niveau régional sont plus ambigus : pour les régions en développement, en particulier pour l'Afrique sub-saharienne, tous les scénarios conduisent à une expansion de la surface agricole difficilement soutenable.

L'objectif de cet article est double : après avoir décrit la méthode utilisée (partie 1) il s'agit tout d'abord de présenter les scénarios d'Agrimonde-Terra, en mettant en évidence le rôle des productions animales dans ces scénarios (partie 2) ; puis, dans un second temps, d'éclairer les enjeux des scénarios pour les productions animales dans le monde de demain (partie 3).

1. La méthode d'Agrimonde-Terra

Pour penser les futurs de l'usage des terres et de la sécurité alimentaire mondiale à l'horizon 2050, la méthode adoptée dans Agrimonde-Terra combine diverses approches : une analyse systémique, une méthode des scénarios basée sur l'analyse morphologique (Ritchey, 2011) et mobilisée à différentes échelles du système, la mise en œuvre de « forums prospectifs » où sont débattues les hypothèses d'évolution du système (de Jouvenel, 1972 ; Mermet, 2009), et la construction et l'utilisation d'un outil de modélisation et de simulation GlobAgri-AgT.

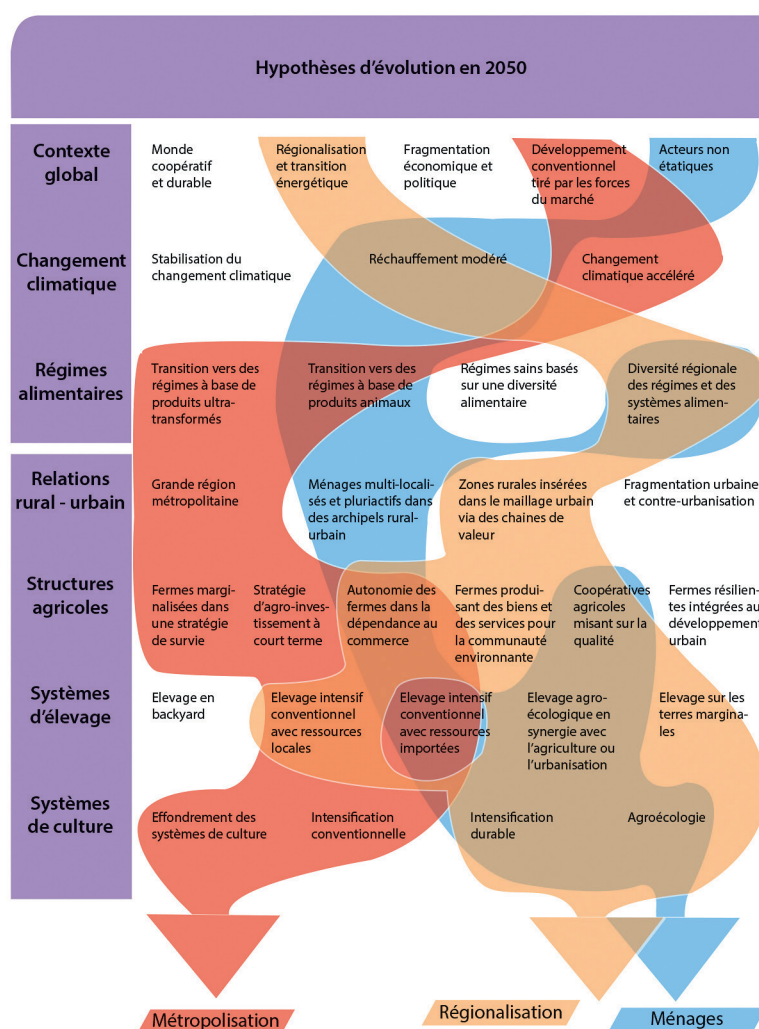
Agrimonde-Terra se définit comme un exercice à visée *exploratoire* dont le but est de préparer les acteurs et la recherche à différents futurs possibles, en leur fournissant des éléments de compréhension et d'anticipation des enjeux à venir sous la forme de scénarios. La méthode des scénarios basée sur une analyse morphologique permet d'envisager un grand nombre de scénarios alternatifs à partir d'une analyse commune des dynamiques du système, tout en prenant en compte un degré élevé d'incertitude (Zurek et Henrichs, 2007).

Dans l'approche systémique Agrimonde-Terra, les principaux déterminants des changements d'usage des terres ont été analysés dans un premier

temps : systèmes de culture, systèmes d'élevage, structures de production, relations entre les zones urbaines et rurales ; changement climatique, régimes alimentaires et contexte global. En s'appuyant sur une analyse rétrospective et prospective de ces déterminants, menée avec l'appui de groupes d'experts, des hypothèses d'évolution alternative d'ici 2050 de chaque déterminant ont été élaborées. Sur cette base, cinq scénarios contrastés ont été construits, en recherchant les combinaisons plausibles et pertinentes de ces hypothèses, et en s'appuyant sur un comité d'experts internationaux.

Les figures 1 et 2 permettent de visualiser la méthode de construction des scénarios. Le tableau morpholo-

Figure 1. Combinaisons alternatives d'hypothèses d'évolution à 2050 des déterminants constituant les scénarios « Métropolisation », « Régionalisation » et « Ménages » (Conception graphique : Élodie Carle).

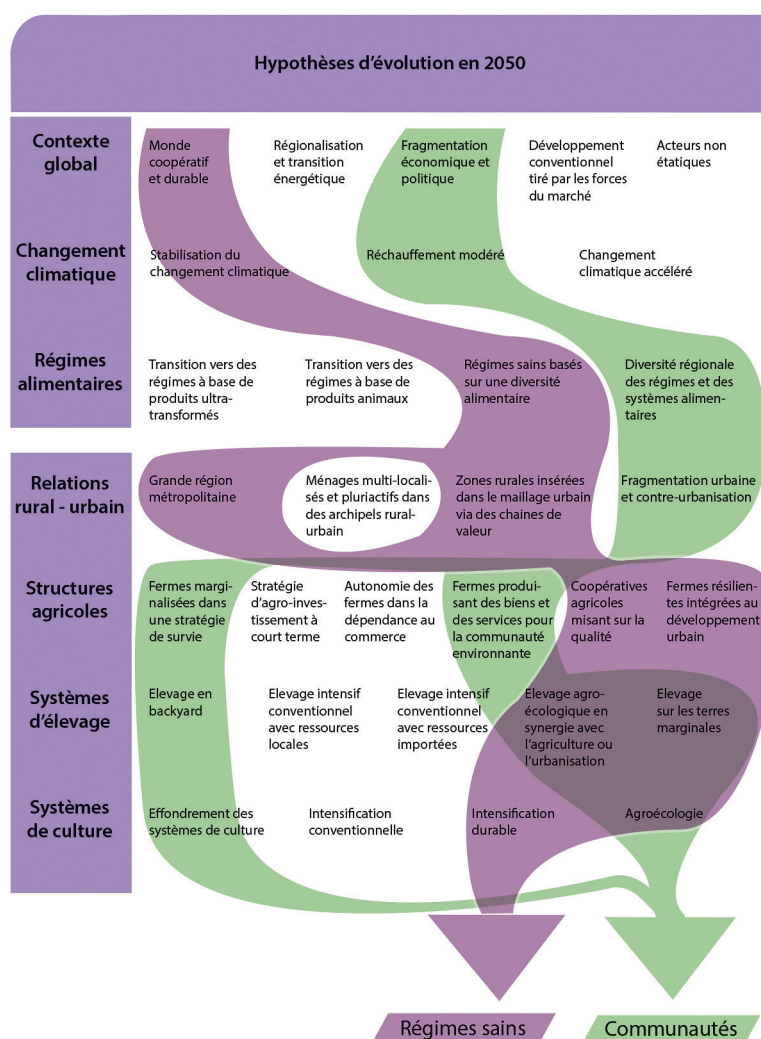


gique, sous-jacent dans ces graphiques, rapporte pour chaque déterminant du système (en ligne) les hypothèses d'évolution alternative à 2050 retenues (en colonne). Les cinq scénarios d'Agrimonde-Terra sont construits en combinant une ou plusieurs hypothèses d'évolution par déterminant (flèches de couleur sur les graphiques). Les trois premiers scénarios sont basés sur des tendances concurrentes actuelles identifiées dans la plupart des régions du monde (figure 1). Les deux derniers scénarios impliquent des ruptures potentielles qui pourraient changer radicalement le système « usage des terres et sécurité alimentaire » dans son ensemble (partie 2).

Dans une deuxième étape, les impacts des scénarios en termes d'usage des terres ont été évalués à l'aide du modèle GlobAgri-AgT (cf. encadré). Pour ce faire, chaque hypothèse d'évolution alternative à 2050 des différents déterminants du système a d'abord été quantifiée pour disposer, pour chaque hypothèse et pour chacune des 14 régions considérées, de valeurs pour les variables d'entrée du modèle¹. Puis quatre des cinq scénarios ont été simulés, fournissant ainsi des résultats quantitatifs sur leurs impacts en termes d'usage des terres, de production agricole et de commerce international par région et pour le monde dans son ensemble.

1 La quantification des hypothèses d'évolution alternative à 2050 consiste, par exemple dans le cas des régimes alimentaires, à établir des règles de projections à 2050 (communes aux 14 régions du monde considérées mais différentes selon l'hypothèse d'évolution) du contenu énergétique et de la composition du régime alimentaire initial (2010) de chaque région. Combinées à une hypothèse de projection démographique à 2050, ces projections des régimes alimentaires fournissent la variation de la consommation humaine de chaque produit entre 2010 et 2050 dans chaque région. Ce sont ces variations qui, en même temps que toute une série d'autres variables d'entrée (comme les rendements végétaux, les efficacités animales, les surfaces cultivables maximales), sont introduites dans le modèle de bilans de biomasse, ce dernier fournissant en sortie les surfaces cultivées et les surfaces en prairies et pâtures permanentes, les productions, les importations et les exportations de chaque produit pour chaque région. La quantification des hypothèses d'évolution alternative à 2050 des déterminants du système est décrite en détail dans Le Mouél et Marajo-Petitson (2018).

Figure 2. Combinaisons alternatives d'hypothèses d'évolution à 2050 des déterminants constituant les scénarios « Régimes sains » et « Communautés » (Conception graphique : Élodie Carle).



Enfin, dans une dernière étape, articulant analyse qualitative et analyse quantitative, un récit a été élaboré pour chaque scénario. Chaque récit fournit une image des usages des terres et de la sécurité alimentaire en 2050, et détaille le moteur du scénario et la trajectoire du système vers son image en 2050.

2. Les récits des cinq scénarios d'Agrimonde-Terra

Les récits détaillés des scénarios sont disponibles dans Mora (2018a). Dans cette section nous synthétisons ces récits en deux temps : un premier temps consacré aux moteurs et aux tra-

jectoires vers 2050 des cinq scénarios ; un second temps centré sur leur image en termes d'usage des terres puis en termes de sécurité alimentaire en 2050.

■ 2.1. Moteur et trajectoire des scénarios

a. Métropolisation : des usages des terres pilotés par la métropolisation

En 2050, deux tiers de la population mondiale vivent dans des villes et plus de 15 % de la population urbaine réside dans des mégapoles (de plus de 10 millions d'habitants). S'appuyant sur l'émergence d'une large classe moyenne, ces mégapoles sont le cœur d'une économie mondiale qui s'organise autour d'un réseau mondial de

Encadré. La plateforme GlobAgri et son application GlobAgri-AgT

GlobAgri est une plateforme quantitative permettant de produire des bases de données cohérentes et des modèles de bilans ressources – utilisations de produits agricoles et agroalimentaires à partir de données FAOStat et de données complémentaires partagées par des scientifiques de plusieurs institutions. Les bases de données générées sont équilibrées et tiennent compte des liens entre produits (*via* l'alimentation animale ou les produits joints huiles-tourteaux d'oléagineux ou lait-viande par exemple). Les modèles de bilans équilibrent les ressources (production domestique plus importations moins exportations) d'une part, et les utilisations (consommation humaine, consommation animale et autres utilisations) d'autre part, pour chaque produit dans chaque région. Ils permettent de simuler les changements d'usages des terres induits par des modifications des utilisations de produits dans les différentes régions, étant donné un ensemble d'hypothèses d'évolution des autres variables du système (rendements végétaux et animaux, contrainte de terres disponibles pour l'agriculture, contrainte de terres cultivables, conditions du commerce international...). L'outil GlobAgri a été utilisé pour générer une base de données et un modèle de bilans spécialement spécifiés pour Agrimonde- Terra : GlobAgri-AgT.

GlobAgri-AgT comporte 33 agrégats de produits (26 agrégats de produits végétaux et 7 agrégats de produits animaux) et couvre 14 régions du monde. L'élevage y est représenté par 5 secteurs (lait, bovin viande, petits ruminants, porc et volaille) qui produisent 6 produits (lait, viande bovine, de petits ruminants, de porc, de volaille et œufs). Dans chaque secteur, plusieurs systèmes d'élevage co-existent : mixte, pastoral, urbain et autre pour les ruminants, mixte et autre pour les monogastriques, tels que définis dans Herrero *et al.* (2013). Les coefficients inputs/outputs entre les quantités des divers produits végétaux consommés par les animaux, (y compris l'herbe) et les quantités produites de produits animaux sont calibrés par système à partir des données sur les rations et les rendements animaux de Herrero *et al.* (2013), complétées par des données de Bouwman *et al.* (2005) et de Monfreda *et al.* (2008).

L'outil générique GlobAgri et son application GlobAgri-AgT sont décrits en détail dans Le Mouël *et al.* (2018b).

« villes globales » où se localisent l'essentiel des activités et des emplois. La création de valeur au sein des mégapoles s'appuie principalement sur la concentration des activités, et concerne les secteurs des services, de l'industrie, de la connaissance et de la finance. C'est la croissance économique et le maintien d'une trajectoire de développement conventionnelle qui sont privilégiées, et les préoccupations environnementales ont été reléguées au second plan.

Les firmes transnationales de l'agroalimentaire, de la distribution et de la logistique contrôlent désormais la majeure partie des marchés alimentaires, et mettent en relation des sites de production ruraux et des bassins de consommation majoritairement urbains. Depuis 50 ans, il y a eu une convergence globale des régimes alimentaires, caractérisée par l'augmentation de la consommation d'aliments ultra-transformés, commercialisés par de grandes firmes agroalimentaires, et de produits d'origine animale, en relation avec l'évolution des revenus et des

styles de vie, dans un contexte global de développement porté par les forces du marché et marqué par des changements climatiques rapides. L'agriculture intensive s'est développée grâce à des investissements privés (fonds d'investissement, firmes, bourgeoisie urbaine) dans des bassins de production éloignés des villes mais connectés aux marchés alimentaires. Cette agriculture, qui ne prend en compte qu'*a posteriori* les problèmes environnementaux, a conduit à une forte dégradation des sols et à un déplacement des zones cultivées (avec notamment une sélection des terres les plus aptes à ce mode d'intensification). L'ensemble constitué par l'agriculture intensive et les filières associées contribue désormais de façon importante aux émissions de gaz à effet de serre. De plus, l'affirmation d'une économie reliant des archipels urbains à l'échelle mondiale a laissé de vastes zones à l'écart de la croissance économique. Dans les zones rurales éloignées des métropoles, non connectées à elles, et considérées comme inaptes à une mise en valeur selon le modèle inten-

sif, une agriculture pratiquée par des paysans pauvres se maintient dans des conditions économiques et environnementales difficiles (sols dégradés, difficulté d'accès à l'eau). Les évolutions des régimes alimentaires ont conduit à un développement des maladies chroniques liées à l'alimentation ; la croissance des inégalités intra-urbaines et entre zones urbaines et rurales a engendré des problèmes de sous-nutrition ; l'impact fort du changement climatique sur la production agricole a provoqué une fragilité du système alimentaire qui génère ponctuellement des crises alimentaires dans les zones et pour les populations les plus vulnérables.

b. Régionalisation : des usages des terres pour des systèmes alimentaires régionaux

En 2050, les États se sont organisés au sein de blocs régionaux supra-étatiques. Une gouvernance à l'échelle de blocs régionaux, à la fois politique et économique, s'est développée pour traiter des enjeux globaux, dans une situation marquée par l'impossibilité d'instituer une gouvernance globale et l'échec d'une gouvernance par les seules forces du marché. Ces blocs régionaux ont reconfiguré les systèmes alimentaires et organisé la transition énergétique. Ils ont mis en œuvre un principe de « subsidiarité alimentaire » selon lequel tout ce qu'il est possible de produire à l'échelle régionale y est produit, et lorsque la production régionale est insuffisante, les produits nécessaires sont importés. Au sein des régions, les États visent également à une plus grande souveraineté énergétique *via* un accroissement de la production d'énergies renouvelables et le recours aux ressources fossiles disponibles régionalement.

La régionalisation des systèmes alimentaires s'est traduite par une reconfiguration de l'approvisionnement alimentaire et des chaînes de valeurs à l'échelle régionale, ainsi que par un retour à des régimes alimentaires régionaux plus traditionnels. Les firmes de la logistique, de l'agroalimentaire et de la distribution se sont coordonnées au sein des réseaux qui articulent des lieux de production ruraux, des activités de collecte et de transformation

localisées dans des villes intermédiaires, et une diversité de systèmes de distribution aussi bien ruraux qu'urbains. En 2050, chaque région a élargi sa palette d'offre alimentaire, en développant une diversité de filières s'appuyant sur les cultures culinaires régionales. Selon les régions, la production et la consommation de racines et de tubercules, ou bien de céréales secondaires et de légumineuses, ou bien de fruits et légumes se sont accrues. Ce développement des filières agroalimentaires a un effet d'entraînement sur l'agriculture et sur le développement rural en général. La re-diversification des productions a transformé les systèmes de culture et d'élevage. Ainsi, l'alimentation des animaux provient spécifiquement de productions végétales régionales, et des échanges de fertilisants organiques entre l'élevage et les cultures sont organisés sur des courtes et moyennes distances. En 2050, la transition nutritionnelle vers la consommation de produits ultra-transformés, largement amorcée dans les années 2000, a été limitée, tout comme ses impacts potentiels sur la santé.

c. Ménages : des usages des terres pour des ménages mobiles et multi-actifs

Dans un monde ultra-globalisé, mobile et hybride, les acteurs non-étatiques (ONG internationales, collectifs locaux, firmes multinationales, institutions académiques, fondations, collectivités, villes) dominent les transformations sociales, économiques et géopolitiques. Ils s'organisent, forment des réseaux ad-hoc qui ont un rôle moteur dans les échanges, et supplantent progressivement les gouvernements souverains. Dans un contexte économique dynamique mais relativement instable, les mobilités réversibles et temporaires de courte et de longue distance entre villes et campagnes, saisonnières ou transnationales, se développent, permettant aux individus de diversifier leurs revenus.

Les chaînes de valeur sont désormais fortement liées aux débats publics portant sur les caractéristiques des produits. Celles-ci sont co-définies avec des groupes concernés (citoyens, consommateurs, résidents...) ayant

des revendications de santé, de biodiversité, d'environnement, de lutte contre le changement climatique, etc. Ces revendications ont engendré une forte visibilité des pratiques et des groupes d'agriculteurs. La multi-activité des ménages agricoles se généralise, grâce au développement d'activités agricoles et non-agricoles, rurales ou urbaines, multi-localisées ; ces activités s'inscrivent dans des organisations en réseau. Le déploiement de ces réseaux s'est appuyé sur le développement des infrastructures de transport, des plateformes numériques, et plus généralement, sur un mouvement de désintermédiation dans les chaînes de valeur. Les structures d'exploitation qui s'insèrent dans ces réseaux sont diversifiées ; elles vont de la petite exploitation basée sur une main-d'œuvre familiale à la grande exploitation fortement capitalisée. Les réseaux d'acteurs publics et privés qui organisent la commercialisation des produits définissent des finalités aux activités agricoles et participent aussi à la reconfiguration des pratiques agricoles et du type d'intensification, en fonction du lien qu'ils entretiennent à l'opinion publique.

d. Régimes sains : des usages des terres pour une alimentation saine et de qualité

Dans la décennie 2020-2030, le poids économique considérable des maladies chroniques liées à l'alimentation dans les systèmes de santé et, de façon plus générale, les conséquences socioéconomiques de l'état de malnutrition des populations ont conduit la plupart des États à mettre en place un ensemble de politiques afin d'orienter la consommation rurale et urbaine vers des régimes alimentaires sains. Ces politiques ont convergé avec des dispositifs de gouvernance internationale de lutte contre le changement climatique qui concernent l'énergie, les transports et le bâtiment, le système alimentaire et le stockage du carbone. Dans ce cadre, des synergies multi-scalaires (territoriales, nationales et internationales) entre politiques alimentaires, agricoles et climatiques ont été mises en œuvre, afin que les politiques agricoles et alimentaires génèrent simultanément des effets massifs et positifs sur les régimes

alimentaires et le climat à l'échelle globale. Ainsi, des politiques globales d'amélioration des sols ont permis de restaurer des terres dégradées pour l'agriculture et d'améliorer le stockage du carbone dans les sols agricoles.

Une réorientation des systèmes d'approvisionnement alimentaire basée à la fois sur l'organisation des agriculteurs et la structuration des chaînes de valeur modernes a facilité l'accès à des aliments de qualité et diversifiés, tout en limitant la consommation de produits ultra-transformés, aussi bien pour les populations rurales qu'urbaines. Par rapport à 2010, les régimes alimentaires comportent en 2050 moins de produits animaux (dans les pays développés), de graisses, de sucres et d'édulcorants et de produits ultra-transformés, et plus de fruits et légumes, de céréales secondaires et de légumineuses. Dans certains pays en développement, la part des produits animaux dans le régime alimentaire s'est accrue pour répondre aux enjeux de sous-nutrition. Pour répondre aux enjeux de sur- et sous-nutrition, les systèmes de culture et les cultures se sont diversifiés, en intégrant des techniques d'agroécologie, tandis que les systèmes d'élevage, dont le développement a été limité, se sont re-couplés avec des productions végétales. Par ailleurs, une meilleure organisation des systèmes alimentaires a réduit les pertes et les gaspillages, en particulier en améliorant les capacités de stockage et de conservation des denrées alimentaires dans les pays du Sud. Le commerce international continue de jouer un rôle important mais il est à présent régulé par des normes nutritionnelles.

e. Communautés : des usages de la terre comme commun des communautés rurales dans un monde fragmenté

En 2050, de multiples crises concomitantes (crises financières, énergétiques, géopolitiques et écologiques) ont conduit à une situation mondiale fragmentée aussi bien politiquement qu'économiquement. Ces crises ont enrayé la croissance urbaine, ralentissant le processus de concentration de la population urbaine et des activités économiques dans de grandes métropoles.

La réduction des migrations rurales vers les grandes villes a engendré une fragmentation et une diffusion urbaine (avec un développement des petites villes), mais aussi une augmentation des populations rurales dans certaines régions où la natalité reste élevée (Asie, Afrique sub-Saharienne).

Dans certaines régions, pour faire face à une situation de crises multiples, les agriculteurs s'organisent collectivement à l'échelle des communautés et des territoires pour mettre en place des systèmes agroécologiques. Des dispositifs de coopération, définissant des règles de gestion collective, permettent de co-construire et de gérer les biens communs pour assurer une production durable d'aliments, d'énergie et de services environnementaux. Des synergies territoriales entre les systèmes d'élevage et les systèmes de culture se sont construites permettant à la fois d'améliorer la gestion de la fertilité des sols, et d'assurer l'autonomie de l'alimentation animale. Dans d'autres régions, l'agriculture de survie se développe dans un contexte de réduction de la taille des structures résultant de la croissance de la population rurale et agricole et de l'absence d'un développement économique urbain. Les processus d'intensification conventionnelle des cultures mis en place rencontrent deux types d'écueil suivant les régions et en fonction de l'accès aux intrants : une exploitation minière des sols, mais aussi une sur-intensification de la petite agriculture qui génère des impacts forts sur l'environnement.

■ 2.2. Les conséquences des scénarios d'Agrimonde-Terra en termes d'usage des terres

Les conséquences des scénarios sur l'usage des terres ont été simulées à l'aide du modèle de bilans de biomasse GlobAgri-AgT. Bien que le modèle fournisse des résultats pour 14 grandes régions du monde, dans ce qui suit nous ne considérons que les résultats pour le monde dans son ensemble. Les graphiques 1 et 2 indiquent que plusieurs hypothèses d'évolution à 2050 d'un déterminant peuvent coexister dans

un même scénario. Par exemple, dans le scénario Régimes sains, les systèmes de culture peuvent adopter une trajectoire d'intensification durable dans certains endroits et de transition vers l'agroécologie dans d'autres ². Dans l'analyse quantitative néanmoins, par souci de simplicité, nous avons considéré des scénarios constitués d'une seule hypothèse d'évolution par déterminant, s'appliquant partout dans le monde. Certains scénarios ont par conséquent été simulés sous différentes variantes, chaque variante correspondant à une hypothèse d'évolution possible d'un déterminant (tableau 1). Enfin, les spécificités du scénario Ménages (réseaux, mobilité, pluriactivité, agilité) étant plutôt liées aux structures agricoles et au modèle de développement rural, elles sont difficiles à prendre en compte dans le modèle, et nous ne fournissons pas de résultats quantitatifs pour ce scénario.

a. Une expansion des terres agricoles au niveau mondial dans la plupart des scénarios

Presque tous les scénarios et leurs variantes conduisent à une expansion des terres agricoles au niveau mondial (tableau 2). L'expansion des terres agricoles mondiales varie néanmoins très fortement d'un scénario à l'autre et, pour chaque scénario, d'une variante à l'autre. L'expansion est particulièrement élevée pour les scénarios impliquant soit une augmentation significative du niveau des calories d'origine animale dans les régimes

alimentaires (+ 1,3 milliard d'hectares ou + 27 % par rapport à la situation initiale pour Métropolisation_Animp), soit une stagnation ou une détérioration générale des performances des systèmes de production agricole (+ 2 milliards d'hectares ou + 41 % pour Communautés_EFF). Elle est beaucoup plus faible pour les scénarios impliquant soit une réduction du niveau calorique des régimes alimentaires (+ 142 millions d'hectares ou + 3 % pour Communautés_AE), soit une augmentation limitée du niveau des calories d'origine animale dans ces régimes, accompagnée d'un mouvement de substitution significatif des viandes de ruminants par des viandes de monogastriques (+ 29 millions d'hectares ou + 0,6 % pour Régimes sains_C et - 54 millions d'hectares ou - 1 % pour Métropolisation_Ultrap).

L'expansion des terres agricoles résulte de l'ajustement simultané des surfaces cultivées et des surfaces en prairies et pâtures permanentes. La surface mondiale en cultures arables et permanentes s'accroît dans tous les scénarios, excepté Régimes sains_C. Là encore, ce sont les scénarios présentant les régimes alimentaires les plus riches en calories d'origine animale ou les perspectives les plus sombres pour les rendements des cultures et la productivité des systèmes de production animale qui induisent les expansions de terre cultivée les plus larges au niveau mondial (respectivement, + 620 millions d'hectares ou + 40 % pour Métropolisation_Animp et + 555 millions d'hectares ou + 36 % pour Communautés_EFF). On peut noter l'expansion assez importante de terre cultivée induite par le scénario Métropolisation_Ultrap (+ 243 millions d'hectares ou + 16 %). Outre les régimes alimentaires riches en calories embarqués dans ce scénario, l'hypothèse qui y est adoptée d'une substitution marquée entre viandes de ruminants et viandes de monogastriques (essentiellement de volaille) explique une large part de ce résultat (cf. partie 3). De la même façon, on peut souligner le caractère économe en terre cultivée du scénario Régimes sains (- 56 millions d'hectares dans sa variante C et + 50 millions d'hectares

2 Les hypothèses d'évolution des systèmes de culture sont présentées dans Réchauchère et al. (2018), leur traduction quantitative dans Le Mouël et Marajo-Petitzon (2018). Dans Agrimonde-Terra, l'intensification durable des systèmes de culture est entendue comme une intensification de la production combinée à une réduction des impacts environnementaux, via la substitution d'intrants et la maximisation de leur efficacité grâce aux nouvelles technologies. L'évolution des systèmes de culture vers l'agroécologie implique en revanche une refonte totale des systèmes : diversification des cultures, agroforesterie, polycultures-élevage reposant sur les régulations biologiques qu'ils produisent eux-mêmes et sur des intrants locaux dans une recherche d'autonomie. Les règles générales de quantification des hypothèses d'évolution des systèmes de culture aboutissent en moyenne à des rendements à l'hectare en 2050 plus faibles en agroécologie qu'en intensification durable.

Tableau 1. Les scénarios et leurs variantes simulés avec le modèle GlobAgri-AgT.

Scénarios	Variantes	Noms
Métropolisation	Avec hypothèse de transition des régimes vers les produits ultra-transformés Avec hypothèse de transition des régimes vers les produits animaux	Métropolisation_Ultrap Métropolisation_Animp
Régionalisation	Avec technologie A : intensification durable pour systèmes de culture ; intensification conventionnelle avec ressources locales pour systèmes d'élevage Avec technologie B : agroécologie pour systèmes de culture et systèmes d'élevage	Régionalisation_A Régionalisation_B
Régimes sains	Avec technologie C : intensification durable pour systèmes de culture ; agroécologie pour systèmes d'élevage Avec technologie D : agroécologie pour systèmes de culture et systèmes d'élevage	Régimes sains_C Régimes sains_D
Communautés	Avec agroécologie : agroécologie pour systèmes de culture et systèmes d'élevage Avec effondrement : effondrement des systèmes de culture et élevage de basse-cour	Communauté_AE Communauté_EFF

dans sa variante D), qui provient essentiellement du contenu calorique réduit et de la part limitée des calories d'origine animale dans les régimes alimentaires de ce scénario.

Le **tableau 2** indique que la surface mondiale en prairies et pâtures permanentes augmente également dans la plupart des scénarios. Cette dernière s'accroît considérablement dans le scénario Communautés_EFF (+ 1,5 milliard d'hectares ou + 43,5 %), qui implique une détérioration de la productivité

des productions animales entre 2010 et 2050. Elle s'étend de manière substantielle dans le scénario Métropolisation_Animp (+ 698 millions d'hectares ou + 21 %), du fait de la forte consommation de produits animaux, notamment de ruminants, qui caractérise ce scénario. La surface mondiale en prairies et pâtures permanentes augmente également significativement dans le scénario Régionalisation, notamment dans sa variante B (+ 517 millions d'hectares ou + 15,5 %), en partie parce que les régimes alimentaires traditionnels,

qui sont à la base de ce scénario, comportent une part importante de viande de petits ruminants, en particulier dans certaines régions à la démographie très dynamique (Afrique du Nord et Afrique sub-Saharienne, cf. partie 3). L'expansion des prairies et pâtures permanentes sur la planète est en revanche beaucoup plus limitée dans le scénario Régimes sains, notamment dans sa variante C (+ 85 millions d'hectares ou + 2,5 %), tandis que leur surface diminue dans les scénarios Métropolisation_Ultrap et Communautés_AE.

Tableau 2. Conséquences des scénarios sur l'usage des terres au niveau mondial (Millions d'hectares).

	Surface agricole totale	Surface en cultures arables et permanentes	Surface en prairies et pâtures permanentes
Métropolisation Métropolisation_Ultrap Métropolisation_Animp	- 54 (- 1 %) + 1 318 (+ 27 %)	+ 243 (+ 16 %) + 620 (+ 40 %)	- 297 (- 9 %) + 698 (+ 21 %)
Régionalisation Régionalisation_A Régionalisation_B	+ 249 (+ 5 %) + 691 (+ 14 %)	+ 70 (+ 4,5 %) + 174 (+ 11 %)	+ 179 (+ 5,5 %) + 517 (+ 15,5 %)
Régimes sains Régimes sains_C Régimes sains_D	+ 29 (+ 0,6 %) + 269 (+ 5,5 %)	- 56 (- 4 %) + 50 (+ 3 %)	+ 85 (+ 2,5 %) + 219 (+ 6,5 %)
Communautés Communautés_AE Communautés_EFF	+ 142 (+ 3 %) + 2 013 (+ 41 %)	+ 277 (+ 18 %) + 555 (+ 36 %)	- 135 (- 4 %) + 1 458 (+ 43,5 %)

b. Une voie étroite pour assurer l'approvisionnement d'une population mondiale grandissante sans pressions supplémentaires sur la forêt

Au total, seuls les scénarios Métropolisation_Ultrap et Régimes sains_C permettraient de produire suffisamment de biomasse agricole pour nourrir une population mondiale croissante sans étendre la surface agricole mondiale au détriment de la forêt. Dans tous les autres scénarios, assurer la disponibilité alimentaire mondiale nécessite d'étendre la surface agricole au niveau mondial, augmentant ainsi le risque de déforestation. Dans certains cas, l'expansion des terres agricoles estimée en 2050 est telle que les scénarios correspondants semblent difficilement soutenables. C'est le cas des scénarios Métropolisation_Animp et Communautés_EFF. Mais l'on peut s'interroger également sur la soutenabilité du scénario Régionalisation qui implique d'étendre significativement la surface agricole mondiale à l'horizon 2050 : de + 249 (+ 5 %) à + 691 (+ 14 %) millions d'hectares pour les variantes technologiques A et B respectivement. Bien que moins exigeant que le scénario Régionalisation_B en termes d'expansion des terres agricoles au niveau mondial, le scénario Régimes sains dans sa variante technologique D (+ 269 millions d'hectares ou + 5,5 %) pose également question dans la mesure où il porte des objectifs ambitieux d'atténuation du changement climatique.

■ 2.3. Les conséquences des scénarios d'Agrimonde-Terra en termes de sécurité alimentaire

Pour compléter l'image des usages des terres en 2050, une analyse qualitative des conséquences des scénarios en termes de sécurité alimentaire a été menée. L'image de la sécurité alimentaire en 2050 des scénarios est détaillée ci-dessous.

Deux scénarios sont clairement incapables d'assurer durablement la sécurité alimentaire mondiale à l'horizon 2050. Il s'agit de Métropolisation et Communautés. Deux autres scénarios ont des résultats ambigus vis-à-vis de

cet objectif : Régionalisation et Ménages. Seul le scénario Régimes sains pourrait permettre d'assurer durablement la sécurité alimentaire mondiale en 2050.

Le scénario Métropolisation est celui qui contribue le plus à la surnutrition et à l'accroissement de la prévalence des maladies liées à l'alimentation (diabètes de type 2, maladies cardio-vasculaires, certains cancers) et à l'obésité. Concernant la sous-nutrition, bien que le scénario Métropolisation soit porté par une croissance économique soutenue favorable aux revenus des ménages, ce qui peut améliorer leur accès à l'alimentation et contribuer à réduire la sous-nutrition, ce scénario conduit à une augmentation des inégalités économiques et spatiales et à la marginalisation d'une large frange de la population rurale et urbaine ayant un accès limité à l'alimentation. Ceci est amplifié par une instabilité des conditions de production agricole liée au fort changement climatique, caractérisant ce scénario, et au processus de spécialisation et de concentration régionale des agricultures, qui joue dans le sens d'un accroissement de la volatilité des prix sur les marchés mondiaux agricoles, allant à l'encontre de la dimension stabilité de la sécurité alimentaire.

À l'opposé, Régimes sains est le scénario qui contribue le plus à la sécurité alimentaire et nutritionnelle en réduisant la surnutrition, la sous-nutrition et les carences nutritionnelles par une diversification des aliments. Dans ce scénario en effet, les régimes alimentaires des régions développées et émergentes tendent à être moins riches en calories, moins riches en calories d'origine animale, en sucres, en huiles végétales et en produits ultra-transformés et plus diversifiés, avec une part plus importantes de fruits et légumes, de légumineuses et de céréales secondaires. Dans les régions en développement où les régimes alimentaires sont initialement les plus pauvres en énergie (Inde et Afrique de l'Est, du Centre et du Sud), le scénario Régimes sains implique une augmentation de leur contenu calorique et un accroissement de la part des calories d'origine animale pour atteindre une sécurité alimentaire et nutritionnelle.

Le scénario Régionalisation remet en cause la dynamique actuelle de convergence des régimes alimentaires de par le monde vers le régime dit occidental, *i.e.* riche en énergie, en calories d'origine animale, en huiles végétales et en sucre, et laissant une part décroissante aux céréales, légumineuses et racines et tubercules. De ce point de vue, Régionalisation contribue à accroître la diversité inter-régionale des régimes alimentaires, à lutter contre la diffusion des produits ultra-transformés, conduisant ainsi à réduire la surnutrition et la prévalence des maladies liées à l'alimentation. De plus, les interactions étroites entre campagnes et villes peuvent permettre de développer l'emploi et les revenus dans les zones rurales et d'améliorer l'accès à l'alimentation des populations rurales. Cependant, les effets de ce scénario sont variables suivant les régions du monde, certaines régions restant très dépendantes des marchés internationaux pour leur approvisionnement alimentaire.

Du point de vue de la sécurité alimentaire et nutritionnelle, le scénario Ménages emprunte des éléments aux deux scénarios Régimes sains et Régionalisation. Mais, tandis que dans Régimes sains et Régionalisation, les changements sont accompagnés par une régulation étatique forte, dans le scénario Ménages, ils sont impulsés par des groupes de consommateurs et de citoyens. Du point de vue de l'accès à l'alimentation, la dynamique portée par le scénario Ménages d'accentuation de la mobilité facilitant la pluriactivité et la diversification des sources de revenu (emplois agricoles et non-agricoles dans les zones rurales et urbaines) joue dans le sens d'une amélioration de l'accès à l'alimentation. Cependant le risque n'est pas exclu, dans ce scénario de mobilité et de transformation des styles de vie, que les produits ultra-transformés continuent de se diffuser et finissent par compter pour une part significative des régimes alimentaires, générant un développement des maladies liées à l'alimentation.

La sécurité alimentaire et nutritionnelle dans le scénario Communautés est tributaire de crises multiples et d'une croissance économique faible et défa-

vorable aux revenus des ménages. Ces derniers voient, en moyenne, leur accès à l'alimentation se dégrader. En outre, le contexte de crise environnementale et climatique entraîne une stagnation voire une instabilité des performances des systèmes de production agricoles de par le monde. Dans ce contexte, les régimes alimentaires deviennent moins riches en énergie, ce qui va dans le sens d'une réduction de la surnutrition et de la prévalence des maladies liées à l'alimentation dans les pays développés et certains pays émergents, mais joue surtout à l'inverse dans le sens d'une accentuation de la sous-nutrition dans les pays en développement.

3. Les enjeux des scénarios d'Agrimonde-Terra pour les productions animales au travers de l'analyse quantitative

La quantification des hypothèses d'évolution à 2050 des déterminants du système, réalisée dans le cadre de l'analyse quantitative d'Agrimonde-Terra, permet d'éclairer plus spécifiquement les enjeux des scénarios pour les productions animales.

Les hypothèses d'évolution des régimes alimentaires combinées aux hypothèses d'évolution démographique, adoptées dans les différents scénarios d'Agrimonde-Terra, déterminent la consommation de produits agricoles et alimentaires en 2050 au niveau global et dans les différentes régions du monde. Dans un premier temps nous analysons les enjeux des scénarios du point de vue de la consommation mondiale et régionale de produits animaux en 2050. Les hypothèses d'évolution des systèmes d'élevage combinées aux hypothèses d'évolution des systèmes de culture, adoptées dans les différents scénarios d'Agrimonde-Terra, déterminent la capacité des systèmes de production agricoles à répondre aux besoins alimentaires mondiaux et régionaux, étant donné les terres disponibles dans les différentes régions. Dans un second temps, nous examinons les enjeux des scénarios d'Agrimonde-Terra du point de vue de

l'évolution des systèmes d'élevage et de leur productivité.

■ 3.1. Une consommation mondiale de produits animaux qui augmente dans tous les scénarios

a. Quatre hypothèses d'évolution des régimes alimentaires à 2050 qui contrastent la place des produits animaux, dans le temps et dans l'espace

Les scénarios d'Agrimonde-Terra utilisent quatre hypothèses d'évolution alternative à 2050 des régimes alimentaires : Transition vers des régimes à base de produits ultra-transformés (Ultrap) ; Transition vers des régimes à base de produits animaux (Animp) ; Diversité régionale des régimes et des systèmes alimentaires (Régional) ; Régimes sains basés sur une diversité alimentaires (Sain)³. Pour simuler les conséquences des scénarios d'Agrimonde-Terra en termes d'usage des terres, ces quatre hypothèses ont été quantifiées selon des règles générales appliquées à toutes les régions considérées. Il en résulte quatre régimes alimentaires en 2050, contrastés en moyenne mondiale⁴. Le contraste entre les régimes en 2050 s'atténue nettement lorsque les règles générales sont appliquées aux régions développées et émergentes, qui se situent dans des phases avancées de la transition alimentaire et nutritionnelle (cf. [figure 3.a](#) illustrant le cas de l'UE). Dans ce cas, seule l'hypothèse Sain conduit à un régime significativement différent de ceux résultant des trois autres hypothèses d'évolution. En revanche le contraste entre les régimes en 2050 est très fortement marqué lorsque les règles générales sont appliquées aux régions en développement, qui en sont au tout début de la transition alimentaire et nutritionnelle

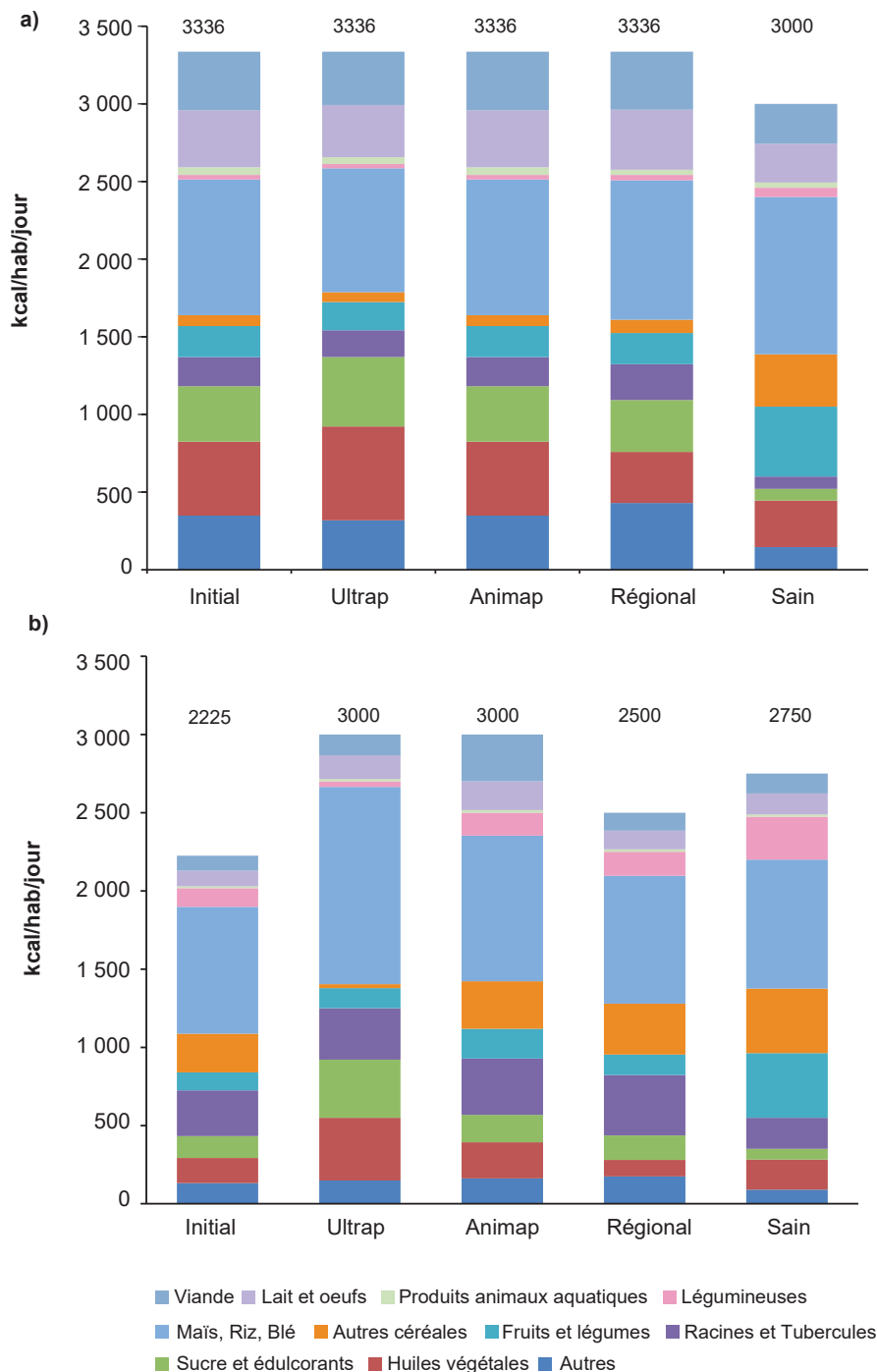
([figure 3.b](#) illustrant le cas de l'Afrique de l'Est, du Centre et du Sud -ECS).

De manière très générale, et en accord avec les évolutions des régimes alimentaires et des chaînes de valeur telles que décrites dans les récits des scénarios, l'hypothèse Ultrap conduit à un régime en 2050 riche en kcal par habitant et par jour, présentant des parts élevées d'huiles végétales et de sucre et intégrant, au sein des viandes, un mouvement significatif de substitution de la viande de volaille aux viandes de ruminants. L'hypothèse Animp conduit également à un régime à haute teneur en énergie, mais cette fois avec une part très élevée de calories d'origine animale, en particulier de viande. Au sein des viandes, la volaille se substitue également aux viandes de ruminants mais dans une bien moindre mesure que sous l'hypothèse précédente. L'hypothèse Régional marque un retour vers les régimes alimentaires traditionnels des différentes régions. Globalement, ceci se traduit par des régimes alimentaires un peu moins riches en énergie, avec une part élevée de racines et tubercules et une part plutôt faible d'huiles végétales. Au sein des viandes, l'hypothèse Régional se traduit par une place réduite de la viande de volaille au profit des viandes de ruminants. Pour les régions traditionnellement tournées vers la viande de petits ruminants (comme l'Afrique du Nord par exemple), l'hypothèse Régional marque le retour de cette viande qui tendait à disparaître progressivement des régimes. Enfin, sous l'hypothèse Sain, les régimes en 2050 sont significativement moins riches en kcal par habitant et par jour, ils contiennent des parts élevées de céréales secondaires, de fruits et légumes et de légumineuses et des parts faibles d'huiles végétales et de sucre. Au sein des viandes, l'hypothèse Sain implique une substitution partielle de la viande par des protéines végétales (légumineuses) et une substitution de la viande de volaille aux viandes de ruminants, pour répondre au double-objectif d'amélioration de la nutrition et de réduction des émissions de gaz à effet de serre porté par le scénario Régimes sains qui utilise cette hypothèse d'évolution des régimes alimentaires.

3 Ces hypothèses sont décrites en détail dans Mora (2018b).

4 Les règles de quantification des régimes alimentaires sous les quatre hypothèses d'évolution alternative sont présentées dans Le Mouél et Marajo-Petitson (2018), ainsi que les régimes correspondants en 2050, en moyenne mondiale et dans les différentes régions du monde.

Figure 3. Les régimes alimentaires dans la situation initiale de 2010 et en 2050 dans l'UE27 (a) et en Afrique de l'Est, du Centre et du Sud (b) sous les quatre hypothèses d'évolution alternative (kcal/hab/j) (Source : Le Mouël et al., 2018a).



La comparaison des figures 3.a et 3.b fait apparaître une différence essentielle sur l'évolution de la place des produits animaux dans les régimes alimentaires entre les régions développées et émergentes et les régions en développement : tandis que les quatre hypothèses d'évolution alternative des régimes conduisent à une stabilisation ou à une diminution de

la part des calories d'origine animale dans les régimes des régions développées et émergentes, elles aboutissent à une augmentation de cette part dans les régimes des régions en développement. Ainsi, même sous l'hypothèse Sain, qui limite la part des calories animales, mais en garantissant une part minimum de produits riches en protéines, les régions en développement

voient leurs régimes devenir plus riches en produits animaux, ces derniers occupant initialement une part particulièrement faible. En d'autres termes, Agrimonde-Terra suppose que des régimes sains et diversifiés requièrent, dans certaines régions en développement, une augmentation du contenu énergétique et du contenu en produits animaux des régimes actuels.

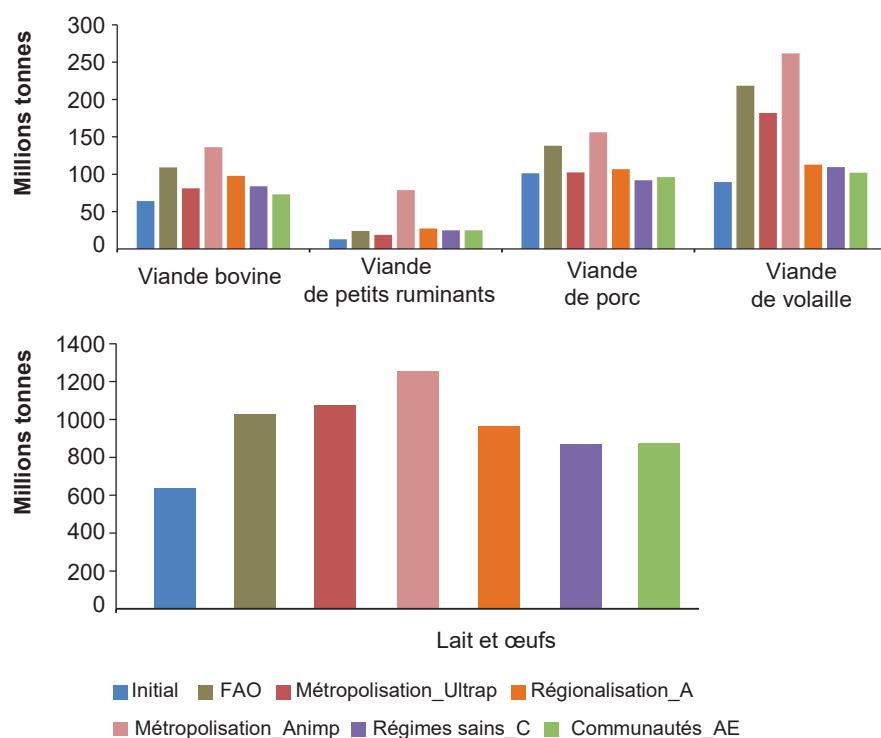
b. Des niveaux de consommation mondiale et régionale de produits animaux très différenciés d'un scénario à l'autre

Dans chaque scénario d'Agrimonde-Terra l'hypothèse d'évolution des régimes alimentaires est combinée à une hypothèse d'évolution démographique⁵. Il en résulte un niveau de consommation humaine en 2050 de chaque produit, pour chacune des 14 régions considérées et pour le monde dans son ensemble, propre à chaque scénario. Le graphique 4 rapporte les niveaux de consommation mondiale en 2050 des viandes (4.a) et de l'agrégat lait/œufs (4.b) correspondant à chaque scénario⁶. À titre de comparaison, le graphique 4 fournit également les quantités correspondantes projetées par la FAO, issues de Alexandratos et Bruinsma (2012), projections qui supposent la poursuite des tendances actuelles et qui sont largement utilisées et citées dans les travaux centrés sur des scénarios globaux (Le Mouël et Forslund, 2017).

⁵ Les scénarios d'Agrimonde-Terra utilisent une seule hypothèse d'évolution démographique à 2050 : la projection médiane de l'ONU (Organisation des Nations-Unies, révision 2015). Selon cette projection, la population mondiale s'établirait à 9,7 milliards d'individus en 2050, avec des évolutions régionales allant d'une quasi-stabilité dans l'Union européenne (UE), l'ex-URSS et en Chine, à une croissance très rapide en Afrique de l'Ouest, en Afrique ECS (+ 192 % et + 155 %, respectivement, entre 2010 et 2050), en Afrique du Nord et au Proche et Moyen-Orient (+ 72 et + 70 %, respectivement) et, dans une moindre mesure, en Inde (+ 45 %).

⁶ Seules les variantes Ultrap et Animp du scénario Métropolisation sont différenciées en termes de régime alimentaire. Les variantes A, B, C, D, EFF et AE étant des variantes technologiques, elles ne différencient pas les scénarios Régionalisation, Régimes sains et Communautés auxquels elles sont accolées du point de vue de la consommation de produits animaux.

Figure 4. Consommation humaine mondiale de produits animaux en 2010 et en 2050 dans les projections de la FAO et dans les différents scénarios d'Agrimonde-Terra (millions de tonnes) (Source : GlobAgri-AgT et de Alexandratos et Bruinsma (2012) pour les projections de la FAO).



Sous nos hypothèses, la consommation mondiale de viande et de lait et œufs augmente entre 2010 et 2050 dans tous les scénarios, y compris dans le scénario Régimes sains. L'hypothèse que nous avons posée selon laquelle des régimes sains et diversifiés requièrent une augmentation du contenu énergétique et du contenu en produits animaux des régimes actuels dans les régions en développement, alliée à l'hypothèse démographique, révèle ici toute son importance. En effet, les régions dont les régimes alimentaires sont actuellement les plus pauvres en produits animaux (Afrique de l'Ouest, Afrique ECS et Inde) sont les régions du monde qui vont connaître la plus forte croissance de population d'ici 2050, de + 1,9 milliard (ce qui représente 64 % de la croissance de la population mondiale). À l'inverse, les régions développées et émergentes (Canada/USA, UE 27, Océanie, ex-URSS, Brésil/Argentine et Chine), dont les régimes actuels sont les plus riches en produits animaux, ne verraient leur population augmenter que de 180 millions d'individus au total. Le graphique 4 suggère que dans le scénario Régimes sains l'enrichissement

des régimes alimentaires en kcal par habitant et par jour et en produits animaux, allié à la croissance démographique très rapide dans les régions en développement, compense largement la stagnation ou l'appauvrissement des régimes en kcal par habitant et par jour et en produits animaux, associée à la quasi-stagnation de la population dans les régions développées et émergentes. Il est à noter qu'au sein du groupe des viandes, la viande de porc fait exception puisque sa consommation mondiale diminue dans le scénario Régimes sains : la viande de porc étant absente des régimes alimentaires dans les pays musulmans, sa consommation ne réagit pas à la croissance démographique d'une part significative de la population mondiale.

Les scénarios d'Agrimonde-Terra impliquent des niveaux de consommation mondiale de produits animaux en 2050 très contrastés. La consommation mondiale est particulièrement élevée dans le scénario Métropolisation_Animp, elle est intermédiaire dans les scénarios Métropolisation_Ultrap et Régionalisation, et elle est plus faible

dans les scénarios Régimes sains et Communautés. Le contraste entre scénarios est particulièrement marqué pour la viande de volaille, en partie du fait du processus de substitution de ce type de viande aux viandes de ruminants, qui vient s'ajouter aux autres facteurs d'évolution, dans les scénarios Métropolisation et Régimes sains.

Les projections de la FAO se placent entre nos deux variantes du scénario Métropolisation et bien au-dessus de nos trois autres scénarios. Ceci suggère que notre scénario Métropolisation se situe bien dans une optique de poursuite des tendances actuelles en termes de transition nutritionnelle et alimentaire, avec une variante Animp qui constitue une hypothèse notablement haute pour la place des produits animaux dans les régimes.

Au total, la consommation de produits animaux augmentant significativement dans les régions en développement pour tous les scénarios d'Agrimonde-Terra, c'est l'un des facteurs qui conduit à une expansion de la surface agricole mondiale dans la plupart de ces scénarios, d'autant que la productivité de l'élevage est particulièrement faible dans ces régions en développement.

■ 3.2. Des systèmes de production animale qui restent gourmands en terre dans les régions en développement

a. Trois hypothèses d'évolution des systèmes d'élevage à 2050 qui contrastent peu les évolutions des efficacités des rations animales dans le temps

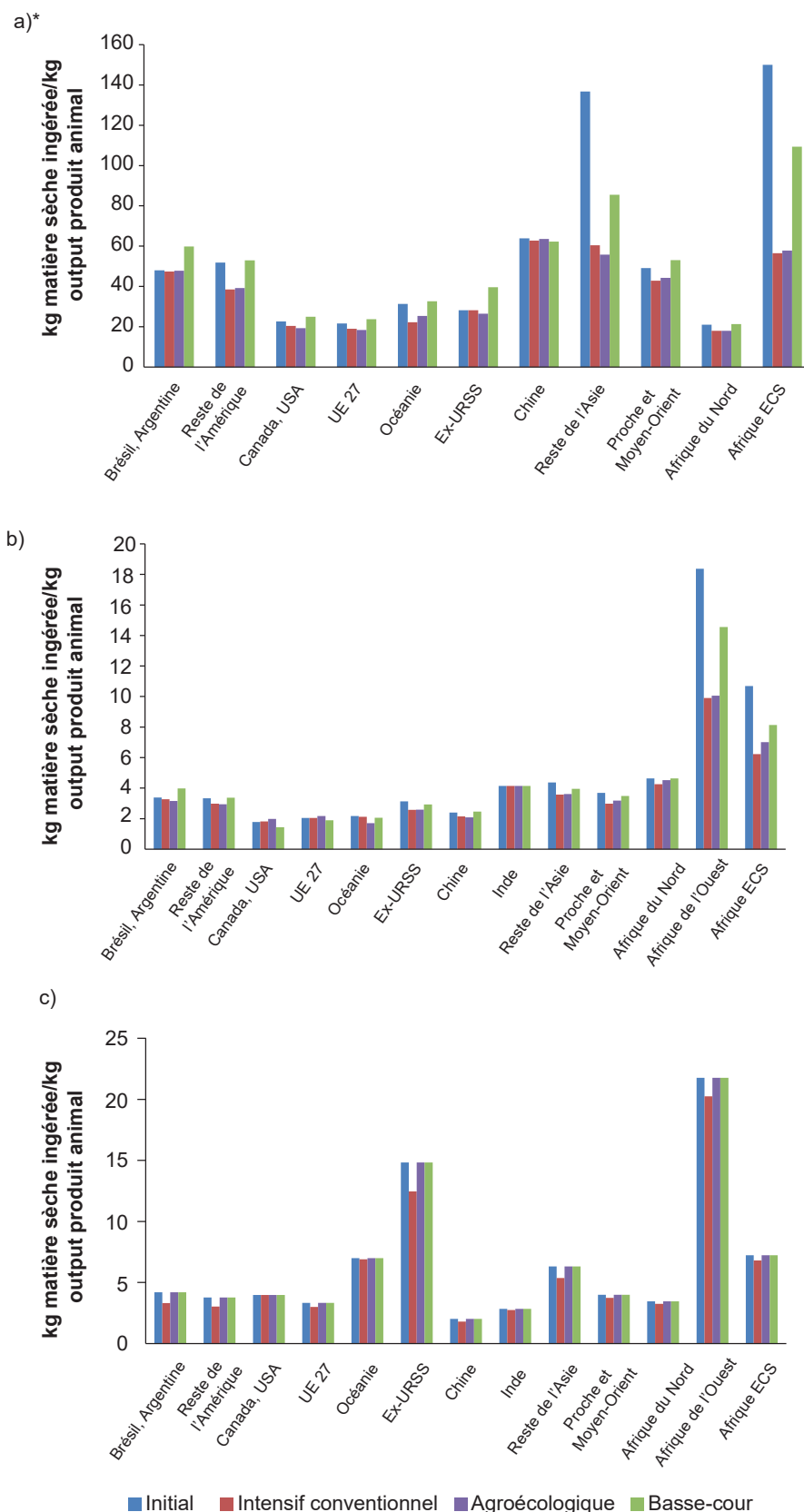
Les scénarios d'Agrimonde-Terra utilisent cinq hypothèses d'évolution alternative à 2050 des systèmes d'élevage : Élevage conventionnel intensif (Intensif) ; Élevage conventionnel intensif avec ressources locales (Intensif_Local) ; Élevage agroécologique en synergie avec l'agriculture ou l'urbanisation (Agroécologique) ; Élevage de Basse-cour (Basse-cour) ; Élevage minimisant la concurrence pour la terre avec l'agriculture (Élevage sur

terres marginales ou Rationalisation)⁷. L'analyse quantitative n'a retenu que les quatre premières hypothèses, qui se réduisent à trois si l'on considère que l'hypothèse Intensif-local n'est qu'une variante de l'hypothèse Intensif où l'on remplace, dans la mesure du possible, les ingrédients importés par des ingrédients domestiques dans les rations.

Comme dans le cas précédent des régimes alimentaires, les trois hypothèses d'évolution des systèmes d'élevage ont été quantifiées selon des règles générales appliquées à toutes les régions considérées⁸. Il en résulte trois profils d'évolution des performances techniques (ici mesurées par les coefficients inputs/outputs, quantité d'aliments ingérée par quantité de produit animal produit) peu contrastés dans chaque région et assez peu différenciés entre régions, exception faite de certaines régions en développement, notamment l'Afrique de l'Ouest et l'Afrique ECS qui présentent des élevages peu efficaces pour transformer les rations animales. La figure 5 présente les coefficients « inputs/outputs » par secteur dans la situation initiale 2010 et en 2050 sous les trois hypothèses d'évolution des systèmes d'élevage, pour la viande bovine (5.a), le lait (5.b) et la viande de volaille (5.c).

Plusieurs éléments ressortent de ce graphique. Tout d'abord, il existe en 2010 des écarts importants de performance technique des systèmes d'élevage entre régions, en particulier entre régions développées et régions en développement. En second lieu, les règles générales adoptées pour quantifier les hypothèses d'évolution à 2050 différencient assez peu les coefficients inputs/outputs des secteurs de l'élevage, obtenus en 2050 sous chaque hypothèse dans chaque

Figure 5. Coefficients inputs/outputs en 2010 et en 2050 pour la viande bovine (a)*, le lait (b) et la viande de volaille (c) sous les trois hypothèses d'évolution alternative (kg de matière sèche d'aliment par kg de produit animal produit, poids équivalent carcasse pour les viandes) (Source : calculé à partir de GlobAgri-AgT).



* Inde et Afrique de l'Ouest absentes du fait du niveau initial élevé de leurs coefficients inputs/outputs (respectivement, 639 et 369) qui posent un problème d'échelle pour le graphique.

7 Ces hypothèses sont décrites en détail dans Manceron *et al.* (2018).

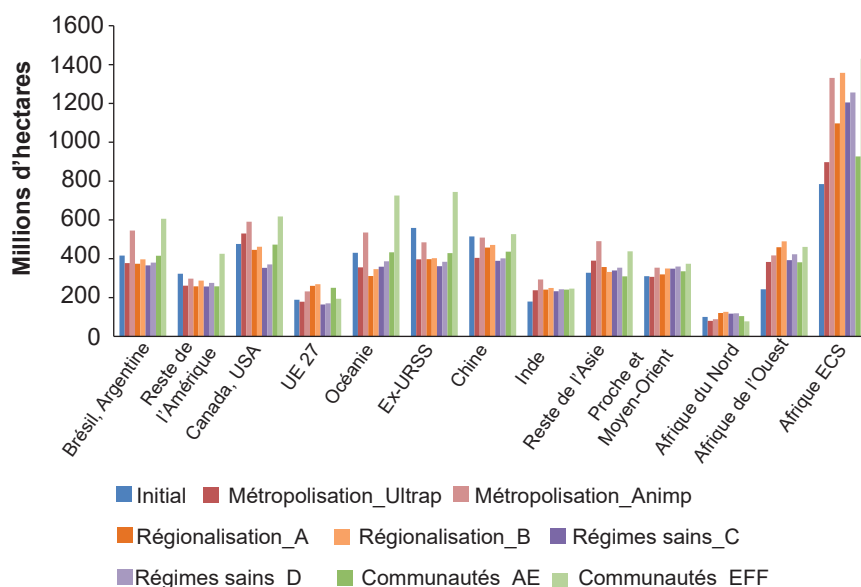
8 Les règles de quantification concernent pour chaque secteur de production animale, l'évolution des parts des différents systèmes en présence dans la production totale du secteur et l'évolution des coefficients inputs/outputs de ces différents systèmes, sous chacune des hypothèses d'évolution à 2050. Ces règles sont décrites en détail, ainsi que les données initiales, dans Le Mouël et Marajo-Petitson (2018).

région : les élevages sont plus performants techniquement en 2050 sous l'hypothèse d'intensification conventionnelle, tandis que les performances tendent plutôt à stagner sous l'hypothèse d'élevage agroécologique et à stagner ou à se détériorer sous l'hypothèse d'élevage en basse-cour. Enfin, nos règles générales de quantification, qui s'appuient sur les projections de Bouwman *et al.* (2005)⁹, prolongées à 2050, conduisent à des perspectives d'amélioration assez limitée des performances techniques des élevages, excepté pour l'Afrique de l'Ouest, l'Afrique ECS, l'Inde et le Reste de l'Asie en ce qui concerne les secteurs de ruminants. Soulignons que pour l'Afrique de l'Ouest (respectivement, l'Inde), nos données initiales conduisent à des coefficients inputs/outputs particulièrement élevés pour les secteurs des ruminants (respectivement, le secteur de la viande bovine), ce qui pose question et nous a conduits à amplifier la réduction des coefficients inputs/outputs correspondants par rapport aux projections de Bouwman, pour tenter de corriger ce biais potentiel initial. Le même ajustement a été appliqué à l'Afrique ECS (respectivement, au Reste de l'Asie) pour ne pas générer en 2050 un écart artificiel entre les performances techniques d'un secteur dans deux régions d'un même continent.

b. Accroître la productivité des productions animales en Afrique sub-Saharienne constituerait un levier important pour réduire l'expansion de la surface agricole mondiale en 2050

Dans la plupart des scénarios d'Agrimonde-Terra, les performances techniques des systèmes d'élevage (et des systèmes de culture) s'améliorent dans les régions en développement à l'horizon 2050. Dans le cas de l'Inde, de l'Afrique de l'Ouest et de l'Afrique ECS, sous nos hypothèses quantitatives, l'économie de surface que permet le

Figure 6. Surface agricole totale des différentes régions en 2010 et en 2050 à l'issue des scénarios d'Agrimonde-Terra (millions d'hectares) (Source : Le Mouél et al., 2018a).



gain de productivité des systèmes de production agricole n'est jamais suffisant pour compenser le supplément de surface qu'induit la croissance de la consommation alimentaire. Ainsi, la figure 6 montre que la surface agricole s'étend significativement en Afrique ECS, en Afrique de l'Ouest et en Inde quel que soit le scénario, ce qui n'est pas le cas dans les autres régions. En outre, l'Afrique de l'Ouest et plus encore l'Afrique ECS sont, de loin, les premières régions contributrices à l'expansion de la surface agricole mondiale en 2050. Si cette expansion des surfaces agricoles se fait au détriment de la forêt, nos résultats suggèrent que, sous nos hypothèses, la plupart des scénarios d'Agrimonde-Terra ne sont pas soutenables pour l'ensemble de l'Afrique sub-Saharienne.

Même le scénario Régimes sains entraînerait une expansion significative de la surface agricole en Afrique sub-Saharienne. Cette expansion serait compensée par une diminution de la surface agricole dans d'autres parties du globe si bien qu'au niveau global le scénario Régimes sains serait en mesure d'assurer la disponibilité alimentaire globale en 2050 sans accroître la surface agricole mondiale. Toutefois, même dans ce scénario, les risques de déforestation en Afrique sub-Saharienne existent. Ils pourraient être atténués si

cette région parvenait à accroître plus rapidement la productivité de ses systèmes de production agricole, en particulier de ses systèmes d'élevage. La marge et le rythme possibles de cette productivité reste toutefois une question ouverte.

c. Des hypothèses fragiles : données initiales et potentiel de productivité des productions animales incertaines dans les régions en développement

L'analyse quantitative des scénarios d'Agrimonde-Terra s'est heurtée à deux difficultés majeures en ce qui concerne les systèmes d'élevage : la disponibilité et la qualité des données initiales d'une part, la traduction des hypothèses d'évolution à 2050 des systèmes d'élevage en hypothèses quantitatives pouvant être traitées par le modèle GlobAgri-AgT, d'autre part.

GlobAgri-AgT utilise les données FAOStat. Cette base de données ne fournit que les quantités totales des différents ingrédients consommés par les animaux. Or, pour GlobAgri-AgT nous avons besoin de répartir les quantités totales consommées entre espèces, puis pour chaque espèce, entre systèmes d'élevage. Il existe peu de travaux permettant de réaliser cette répartition à l'échelle mondiale.

⁹ Bouwman *et al.* (2005) fournit des projections sur la période 1995-2005. A. Bouwman a actualisé ce travail sur la période 2000-2030 et nous a aimablement fourni ses nouvelles projections. Qu'il en soit ici sincèrement remercié.

Pour GlobAgri-AgT, nous avons utilisé les travaux de Bouwman *et al.* (2005) et Herrero *et al.* (2013). L'aggrégation des rations animales par système et par espèce, issues de ces travaux ne concorde pas toujours avec les quantités correspondantes fournies par la base de données FAOStat. Et il est nécessaire de procéder à différents types d'ajustements et de rééchelonnements pour harmoniser les différentes sources. Ce faisant, on introduit des biais et de l'incertitude sur les données initiales utilisées. Comme mentionné précédemment, nous avons constaté par exemple un niveau très élevé des coefficients inputs/outputs pour le secteur de la viande bovine en Inde et pour les secteurs de ruminants en Afrique de l'Ouest. Dans les deux cas, ces niveaux élevés peuvent provenir d'un biais dans les données initiales et/ou résulter des traitements visant à harmoniser les différentes sources. Mais dans les deux cas également, ils peuvent aussi révéler des finalités des activités d'élevage qui sont différentes dans ces régions relativement à d'autres régions du monde qui cantonnent l'animal à sa fonction de rente. En Afrique sub-Saharienne par exemple, l'élevage a fréquemment une fonction d'épargne ; il a aussi une dimension sociale, culturelle, symbolique (Alary *et al.*, 2011).

Par ailleurs, il n'y a pas de données sur les quantités d'herbe consommées par les animaux dans la base FAOStat, cette dernière ne fournissant que la surface en prairies et pâtures permanentes par pays. Pour GlobAgri-AgT, nous avons donc utilisé les quantités d'herbe figurant dans les rations par système et par espèce des travaux de Bouwman *et al.* (2005) et Herrero *et al.* (2013). Toutefois, lorsque l'on agrège ces quantités et qu'on les rapporte aux surfaces classées comme « pâtures et prairies permanente » dans la base de données FAOStat, on s'aperçoit que la productivité en herbe révélée de ces surfaces est très hétérogène dans l'espace. Outre le fait que cette productivité est très mal connue à une échelle globale, ceci suggère que la catégorie

« pâtures et prairies permanentes » de FAOStat recouvre des types de pâture très différentes d'une région à l'autre : des zones désertiques jusqu'aux prairies les plus fertiles. Il y a là également une source de biais et d'incertitude dans les données initiales.

Enfin, nous avons rencontré une grande difficulté à quantifier les hypothèses d'évolution alternative à 2050 des systèmes d'élevage. Il existe peu de littérature fournissant, sur une large échelle géographique, des indications quantitatives sur les performances techniques comparées de différents systèmes d'élevage dans les différents secteurs de production animale et sur leurs potentialités d'évolution dans le futur. Ceci est particulièrement vrai pour les régions en développement pour lesquelles nous faisons face à des données et des connaissances limitées sur les systèmes d'élevage. C'est un enjeu fort pour l'avenir de l'usage des terres et de la sécurité alimentaire globale car les résultats d'Agrimonde-Terra montrent clairement que ces régions présentent un potentiel fort de croissance de la consommation de produits animaux alors que leurs systèmes d'élevage semblent très gourmands en terre.

Bien sûr, l'incertitude sur les données et sur les performances futures des systèmes d'élevage dans les régions en développement militent pour la mise en œuvre d'une analyse de sensibilité des résultats d'Agrimonde-Terra aux hypothèses d'évolution des productions animales dans les différents scénarios. Une telle analyse de sensibilité reste à mener.

Conclusion

Les résultats d'Agrimonde-Terra confirment le rôle majeur des productions animales pour l'usage des terres et la sécurité alimentaire en 2050. Ils montrent qu'une transition vers des systèmes alimentaires plus durables nécessitera d'agir simultanément du côté de la demande de produits ani-

maux et du côté de l'offre de produits végétaux et animaux, mais en apportant quelques nuances, notamment en insistant sur le rôle de la production animale pour la sécurité alimentaire dans certaines régions en développement où les apports protéiques quotidiens sont particulièrement faibles aujourd'hui. Ainsi, les hypothèses d'Agrimonde-Terra conduisent, quel que soit le scénario, à une expansion significative de la surface agricole dans certaines régions en développement, en particulier en Afrique sub-saharienne. Une évolution plus optimiste de la productivité des systèmes de production agricole dans cette région du monde permettrait d'atténuer cette expansion. L'accroissement des importations de produits animaux en provenance de régions qui les produisent en utilisant moins de terre constitue un autre levier possible. Un tel levier modifierait les perspectives d'évolution des marchés à l'exportation pour les régions développées, comme l'Union européenne, pour lesquelles la transition vers des systèmes alimentaires plus durables se traduit, dans les scénarios d'Agrimonde-Terra, par une contraction des débouchés intérieurs.

Les résultats quantitatifs d'Agrimonde-Terra doivent être considérés avec prudence car ils sont contingents à un certain nombre de limites de l'analyse. Parmi celles-ci, la première porte sur la fragilité des hypothèses d'évolution des performances des systèmes d'élevage à l'horizon 2050, particulièrement dans les régions en développement. Les systèmes d'élevage et leurs performances actuelles et potentielles sont mal connus dans ces régions et des travaux complémentaires sur ce thème sont clairement nécessaires. La seconde limite résulte du choix d'Agrimonde-Terra de ne pas faire d'hypothèse sur l'évolution à 2050 de la place des produits animaux aquatiques dans les régimes alimentaires d'une part, des performances de leurs systèmes de production de par le monde d'autre part. Des travaux complémentaires sur ce point enrichiraient certainement l'analyse.

Références

- Alary V., Duteurtre G., Faye B., 2011. Élevages et sociétés : Les rôles multiples de l'élevage dans les pays tropicaux. In : Numéro spécial, élevage en régions chaudes. Coulon J.B., Lecomte P., Boval M., Perez J.M. (Eds). INRA Prod. Anim., 24, 145-156.
- Alexandratos N., Bruinsma J., 2012. World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision. ESA Working Paper N°12-03. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome, Italy.
- Bajželj B., Richards K.S., Allwood J.M., Smith P., Dennis J.S., Curmi E., Gilligan C.A., 2014. Importance of food-demand management for climate mitigation. *Nature Climate Change*, 4, 924-929.
- Bouwman A.F., Van der Hoek K.W., Eickhout B., Soenaro I., 2005. Exploring changes in world ruminant production systems. *Agricult. Sys.*, 84, 121-153.
- FAO, 2006. Livestock's long shadow – Environmental issues and options. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome, Italy.
- de Jouvenel B., 1972. L'Art de la Conjecture. Sedeis, Futuribles, Paris, France. http://www.lapropective.fr/dyn/francais/memoire/texte_fondamentaux/lart-de-la-conjecture-b-de-jouvenel.pdf
- Godfray H.C.J., Aveyard P., Garnett T., Hall J.W., Key T.J., Lorimer J., Pierrehumbert R.T., Scarborough P., Springmann M., Jebb S.A., 2018. Meat consumption, Health and the environment. *Science*, 361, 6399, eaam5324. <https://doi.org/10.1126/science.aam5324>
- Herrero M., Havlik P., Valin H., Notenbaret A., Rufino M.C., Thornton P.K., Blümmel M., Weiss F., Grace D., Obersteiner M., 2013. Biomass use, production, feed efficiencies, and greenhouse gas emissions from global livestock systems. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 110, 20 888-20 893.
- Kearney J., 2010. Food consumption trends and drivers. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biol. Sci.*, 365, 2793-2807.
- Le Mouél C., Forslund A., 2017. How to feed the world in 2050: A review of the responses from global scenario studies. *Eur. Review Agricult. Econ.*, 44, 541-591.
- Le Mouél C., Marajo-Petitson E., 2018. Land-use Change Impacts of the Agrimonde-Terra Scenarios: An Assessment with the GlobAgri-AgT Model. In: Le Mouél *et al.* (Eds), 2018a. Agrimonde-Terra – Land Use and Food Security in 2050: A Narrow Road. Éditions QUAE, Versailles, France.
- Le Mouél C., de Lattre-Gasquet M., Mora O. (Eds), 2018a. Agrimonde-Terra – Land Use and Food Security in 2050: A Narrow Road. Éditions QUAE, Versailles, France. <https://doi.org/10.35690/978-2-7592-2880-5>
- Le Mouél C., Dumas P., Manceron S., Forslund A., Marajo-Petitson E., 2018b. The GlobAgri-Agrimonde-Terra Database and Model. In: Le Mouél *et al.* (Eds), 2018a. Agrimonde-Terra – Land Use and Food Security in 2050: A Narrow Road. Éditions QUAE, Versailles, France.
- Manceron S., Dumas P., Moreau C., Ickowicz A., Lecomte P., Lescoat P., 2018. Livestock Systems. In: Le Mouél *et al.* (Eds), 2018a. Agrimonde-Terra – Land Use and Food Security in 2050: A Narrow Road. Éditions QUAE, Versailles, France.
- Mermet L., 2009. Extending the perimeter of reflexive debate on futures research: an open framework. *Futures*, 41, 105-115.
- Mora O., 2018a. Scenarios of land use and food security in 2050. In: Le Mouél *et al.* (Eds), 2018a. Agrimonde-Terra – Land Use and Food Security in 2050: A Narrow Road. Éditions QUAE, Versailles, France.
- Mora O., 2018b. Dietary Changes, Nutrition Transition and the Future of Global Diets. In: Le Mouél *et al.* (Eds), 2018a. Agrimonde-Terra – Land Use and Food Security in 2050: A Narrow Road. Éditions QUAE, Versailles, France.
- Popkin B.M., Adair L.S., Ng S.W., 2012. Global nutrition transition and the pandemic of obesity in developing countries. *Nutr. Rev.*, 70, 3-21.
- Popp A., Lotze-Campen H., Bodirsky B., 2010. Food consumption, diet shifts and associated non-CO2 greenhouse gases from agricultural production. *Global Environ. Change*, 20, 451-462.
- Réchauchère O., Makowski D., Malezieux E., Mareaux F., 2018. Cropping systems. In: Le Mouél *et al.* (Eds), 2018a. Agrimonde-Terra – Land Use and Food Security in 2050: A Narrow Road. Éditions QUAE, Versailles, France.
- Ritchey T., 2011. Modeling alternative futures with general morphological analysis. *World Future Rev.*, 3, 83-94.
- Röös E., Bajželj B., Smith P., Patel M., Little D., Garnett T., 2017. Greedy or needy? Land use and climate impacts of food in 2050 under different livestock futures. *Global Environ. Change*, 47, 1-12.
- Springmann M., Godfray H.C.J., Rayner M., Scarborough P., 2016. Analysis and Valuation of the Health and Climate Change Cobenefits of Dietary Change. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 113, 4146-4151.
- Springmann M., Clark M., Mason-D'Croz D., Wiebe K., Bodirsky B.L., Lassaletta L., de Vries W., Vermeulen S.J., Herrero M., Carlson K.M., Jonell M., Troell M., DeClerck F., Gordon L.J., Zurayk R., Scarborough P., Rayner M., Loken B., Fanzo J., Godfray H.C.J., Tilman D., Rockström J., Willett W., 2018. Options for keeping the food system within environmental limits. *Nature*, 562, 519-525.
- Stehfest E., Bouwman L., van Vuuren D.P., den Elzen M.G.J., Eickhout B., Kabat P., 2009. Climate benefits of changing diet. *Clim. Change*, 95, 83-102.
- Tilman D., Clark M., 2014. Global diets link environmental sustainability and human health. *Nature*, 515, 518-522.
- Weindl I., Popp A., Bodirsky B.L., Rolinski S., Lotze-Campen H., Biewald A., Humpeöder F., Dietrich J.P., Stevanović M., 2017. Livestock and human use of land: Productivity trends and dietary choice as drivers of future land and carbon dynamics. *Glob. Planet. Change*, 159, 1-10.
- Wirsenius S., Azar C., Berndes G., 2010. How much land is needed for global food production under scenarios of dietary changes and livestock productivity increases in 2030? *Agricult. Sys.*, 103, 621-638.
- Zhai F.Y., Du S.F., Wang Z.H., Zhang J.G., Du W.W., Popkin B.M., 2014. Dynamics of the Chinese diet and the role of urbanicity, 1991-2011. *Obesity Rev.*, 15, 16-26.
- Zurek M., Henrichs T., 2007. Linking scenarios across geographical scales in international environmental assessments. *Technol. Forecasting Social Change*, 74, 1282-1295.

Résumé

Les scénarios d'usage des terres et de sécurité alimentaire en 2050, issus de la prospective Agrimonde-Terra, offrent l'opportunité de réexaminer les termes du débat sur la place des productions animales dans l'usage des terres et la sécurité alimentaire, et par suite sur leur rôle au regard de l'avenir des systèmes alimentaires globaux. Les résultats d'Agrimonde-Terra confirment le rôle majeur des productions animales pour l'usage des terres et la sécurité alimentaire en 2050. Agrimonde-Terra conclut qu'une transition vers des systèmes alimentaires plus durables nécessitera d'agir simultanément du côté de la demande de produits animaux et du côté de l'offre de produits végétaux et animaux, mais en apportant quelques nuances, notamment en insistant sur le rôle de la production animale pour la sécurité alimentaire dans les pays en développement. Ainsi, les hypothèses d'Agrimonde-Terra conduisent, quel que soit le scénario, à une expansion significative de la surface agricole dans certaines régions en développement, en particulier en Afrique sub-saharienne.

Abstract

Livestock, land use and food security in 2050: Insights from the Agrimonde-Terra foresight

Agrimonde-Terra scenarios of land use and food security in 2050 offer the opportunity to re-examine the on-going debate on the place of animal production in land use and food security, and as a result, of their role in the future of global food systems. The results of Agrimonde-Terra confirm the major role of animal production for land use and food security in 2050. Agrimonde-Terra concludes that a transition to more sustainable food systems will require simultaneous action on the demand side of animal products and on the supply side of plant and animal products, but with some nuances notably the role of animal production for food security in developing countries. Thus, under Agrimonde-Terra's hypotheses all scenarios lead to a significant expansion of agricultural land area in developing regions, especially in Sub-Saharan Africa.

LE MOUËL C., MORA O., 2019. Productions animales, usage des terres et sécurité alimentaire en 2050 : l'éclairage de la prospective Agrimonde-Terra. In : Numéro spécial. De grands défis et des solutions pour l'élevage. Baumont R. (Éd.). INRA Prod. Anim., 32, 95-110.
<https://doi.org/10.20870/productions-animales.2019.32.2.2508>