

CHAPITRE 6 : AGRICULTURE ET FORÊT

1. Résumé

L'agriculture et la forêt sont des secteurs d'activité singuliers, lorsqu'on les envisage sous l'angle énergétique et climatique, car ils produisent et séquestrent à la fois des gaz à effet de serre, tout en produisant de l'énergie (bois énergie, biogaz et agro-carburants). L'agriculture est le premier secteur émetteur de gaz à effet de serre en France et dans les Pays de la Loire, du fait des importantes émissions agricoles de protoxyde d'azote des cultures, et de méthane de l'élevage. L'agriculture conventionnelle est de plus très dépendante des énergies fossiles pour la fabrication des intrants énergivores (engrais, pesticides, aliments pour le bétail...) sur lesquels repose sa production.

Le volet agricole et forestier du scénario Virage Énergie-Climat s'attache à proposer pour les Pays de la Loire un nouveau système agro-sylvicole moins consommateur d'énergie et moins émetteur de gaz à effet de serre. Il est basé sur le scénario systémique « Afterres2050 », qui propose un système agro-sylvicole fonctionnel et durable pour la France en 2050.

Basé sur une transition alimentaire visant à inverser le rapport entre protéines animales et végétales dans notre alimentation, ainsi qu'à limiter les gaspillages, Afterres2050 vise avant tout à nourrir notre territoire et quelques voisins, tout en fournissant de l'énergie et des matériaux issus de l'agriculture et de la forêt à l'ensemble de la région. Afterres2050 propose un système de culture 45 % agrobiologique, 45% intégré et 10 % raisonné, basé sur la diversification des cultures dans le temps (allongement des rotations et cultures intermédiaires) et dans l'espace (cultures associées, agro-foresterie), permettant ainsi de renforcer la résistance des parcelles aux chocs climatiques en maintenant un couvert végétal permanent, de valoriser la fertilisation naturelle par les légumineuses, et de générer des productions multiples (alimentaires, énergétiques, matériaux, etc.) dans chaque parcelle. La diminution de la consommation de viande permet d'extensifier les élevages et de réduire la taille des cheptels, tout en exploitant les aliments produits localement (élevage bovin à l'herbe, etc.). La généralisation de la méthanisation permet de plus de valoriser énergétiquement les déjections du bétail, les déchets verts et les résidus de récolte, tout en conservant leur pouvoir fertilisant. Cette production de biogaz s'ajoute à l'important potentiel régional de bois énergie issu de la forêt et des bocages.

L'équivalent de 20 % des terres agricoles est alloué à de nouveaux usages afin d'assurer l'autonomie alimentaire de la région, fournir des éco-matériaux, et développer de nouvelles formes d'agro-pastoralisme associant élevage extensif et production d'énergie à partir des fauches de prairies méthanisées. L'application du scénario Afterres2050 dans les Pays de la Loire génère ainsi des bénéfices multiples : réduction de moitié des émissions de GES agricoles de la région, diminution de la consommation d'énergie de 40 %, 40 % d'engrais chimiques en moins, division par 3 de l'application des pesticides, restauration de la fertilité naturelle des sols et de la biodiversité, ralentissement de l'artificialisation des terres agricoles. Cette transition alimentaire, agricole et énergétique permet d'envisager une région durable, dont les activités seraient largement alimentées par d'importants flux de biomasse agricole et forestière.

2. Introduction

L'agriculture et la forêt sont des secteurs vitaux pour assurer la durabilité de nos sociétés. L'agriculture fournit l'essentiel de notre alimentation, modère les paysages, « gère » la biodiversité rurale et les ressources en eau. Elle peut enfin produire de l'énergie et des matériaux. Les forêts sont des îlots de biodiversité dans les monocultures et produisent de la biomasse, valorisable sous forme de matériaux et d'énergie. Ces deux secteurs séquestrent enfin des gaz à effet de serre (GES), dans la biomasse forestière et agricole, mais également et surtout dans les écosystèmes des sols.

L'agriculture et la forêt sont des secteurs d'activité singuliers, lorsqu'on les envisage sous l'angle énergétique et climatique. L'agriculture et la forêt sont en effet les seuls secteurs qui produisent et séquestrent à la fois des gaz à effet de serre, tout en produisant de l'énergie (bois énergie, biogaz et agro-carburants).

Ce sont également des secteurs de production primaire, caractérisés par des niveaux d'investissement extrêmement élevés par rapport aux autres activités, ce qui induit une grande inertie dans leurs évolutions.

L'agriculture française est enfin un secteur hautement subventionné par la Politique Agricole Commune (PAC) européenne. Composé à 50 % de subventions, le revenu net de la ferme France 2012 (16,1 milliards d'euros) n'est pas suffisant pour assurer un revenu à la fois décent et équitable à l'ensemble des agriculteurs¹. Les paysans (conventionnels) sont largement dépendants de subventions pour dégager un revenu. Infléchir la trajectoire des activités agricoles implique donc d'agir bien sûr localement, mais en prenant en compte les très fortes contraintes globales de la PAC. Le possible transfert de la gestion d'une partie des subventions PAC au niveau régional pourrait permettre de dégager de nouvelles marges de manœuvre locales.

Nous allons d'abord présenter dans ce chapitre les spécificités de l'agriculture des Pays de la Loire. Nous introduirons ensuite les problématiques énergétiques et climatiques spécifiques des secteurs de l'agriculture et de la forêt. Puis, nous détaillerons les solutions que nous proposons pour répondre aux enjeux énergétiques et climatiques, et plus globalement pour assurer la durabilité, de l'agriculture des Pays de la Loire. Ces solutions sont basées sur le scénario Aferres2050² pour une agriculture française durable, porté par l'association Solagro. Nous nous inspirons également des variations autour du scénario Aferres2050, proposées par l'Ademe³.

1 <http://www.terre-net.fr/actualite-agricole/economie-social/article/ce-que-cachent-les-chiffres-202-86200.html>

2 <http://www.solagro.org/site/393.html>

3 <http://www.ademe-et-vous.ademe.fr/strategieetudes-n-36-1-mars-2013>

3. Contexte de l'agriculture et de la forêt des Pays de la Loire

3.1. L'agriculture des Pays de la Loire

3.1.1. Utilisation des terres

En 2010, près de 70 % du territoire régional et seulement 51 % du territoire national sont occupés par l'agriculture (Figure 1).

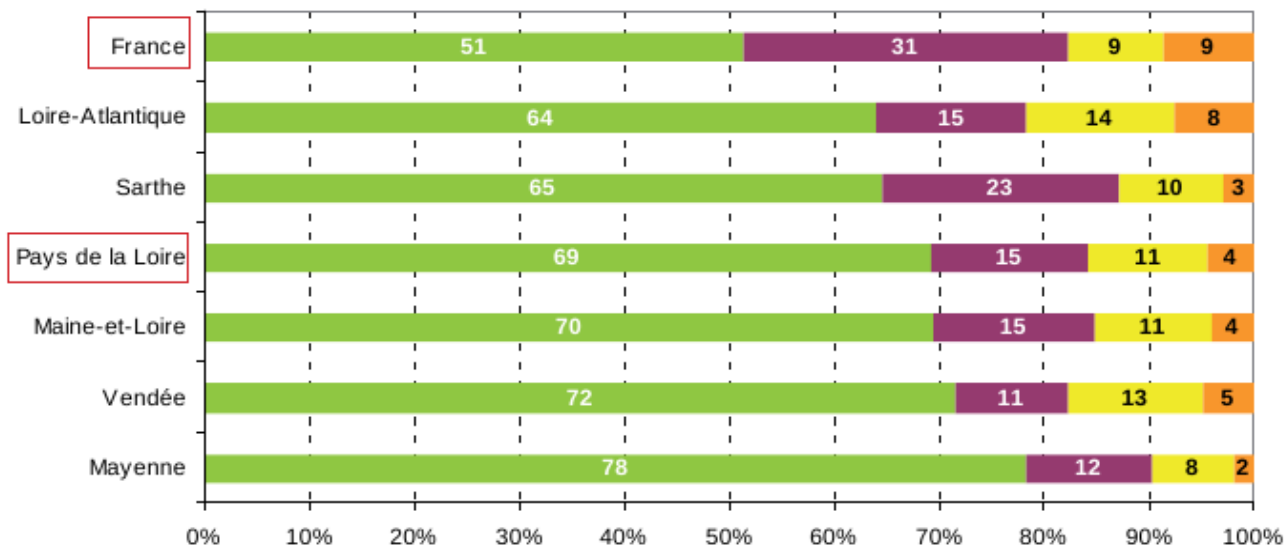


Figure 1. Part en 2010 des principales occupations des territoires en % de la surface totale du territoire concerné. Source : Agreste Pays de la Loire, 2011.

Cette forte présence de l'agriculture au sein du territoire des Pays de la Loire s'explique par la surface restreinte des espaces naturels et boisés (moins de 20 % du territoire régional) et la topographie peu contraignante de la région.

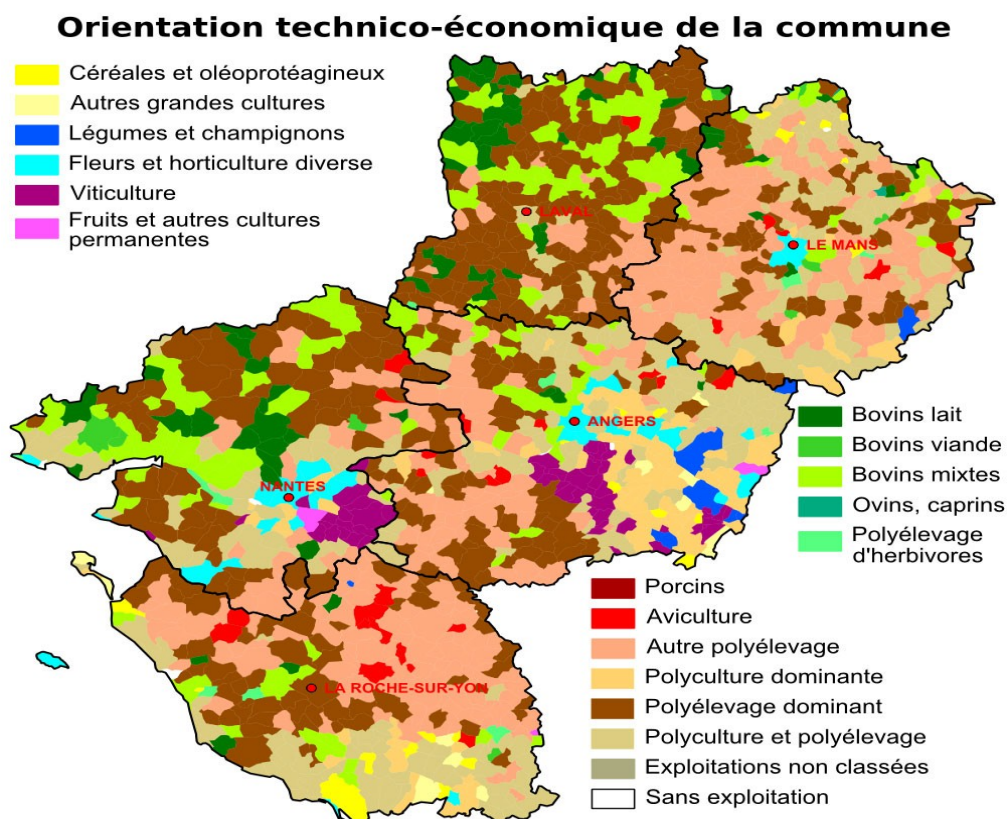
Les terres agricoles de la région se composent d'environ 70 % de sols cultivés (terres arables, vigne, arboriculture,...) et de 30 % de surfaces toujours en herbe (STH).

Les cinq départements de la région présentent toutefois des spécificités. La part des sols occupés par l'agriculture est supérieure à la moyenne régionale en Mayenne (78 %) et en Vendée (72 %). Dans la Sarthe, la place plus restreinte de l'agriculture (65 %) s'explique par une plus forte proportion de sols occupés par des espaces boisés et naturels (22 %). Le département de la Loire-Atlantique apparaît relativement riche en zones humides (Agreste Pays de la Loire, 2011)

Les terres agricoles (cultures + prairies) ont été réduites d'environ 100 000 ha (3% de la superficie totale de la région) de 1989 à 2006 (Figure 2). Cette réduction est essentiellement due à l'extension des terres urbanisées, qui ont parallèlement progressé de 2%. Ce taux d'artificialisation des terres agricoles est le plus élevé de France et équivaut à la construction d'une agglomération de la taille de Nantes (6 500 ha) par an dans la région.

3.2. Productions

Les Pays de la Loire est la 2ème région agricole de France en termes de production, avec 51 % de la production de viande, 19 % de la production de lait et 20% du travail des grains. Les Pays de la Loire sont d'abord une région d'élevage de bovins, de porcs et de volailles. L'horticulture, la viticulture et l'arboriculture y occupent également une place importante ([Wikipedia](#)) (Figure 2).



Source : Agreste - Recensement agricole 2010

GEOFLA® Copyright « IGN - Paris - 2010 » Reproduction interdite

Figure 2. Répartition géographique des activités agricoles en Pays de la Loire .
Source : Agreste.

Les productions animales constituent une part importante de l'activité agricole ligérienne. Les Pays de la Loire sont en effet la première région française pour la production de viande bovine et de viande de lapin, la seconde en viande porcine, en volaille de chair et en lait de vache (Chambres d'agriculture Pays de la Loire, 2011).

Les effectifs des cheptels diminuent cependant depuis une quinzaine d'années (à l'exception du cheptel porcin). La stabilisation, voire la régression de la consommation individuelle de produits carnés sont un premier facteur d'explication de cette tendance (Chambres d'agriculture Pays de la Loire 2011).

Aux côtés des céréales et des oléo protéagineux, la région dispose d'une grande variété de cultures : un vignoble avec une forte proportion d'Appellations d'Origine Contrôlée (73 %), un important verger de pommes de table, une production horticole diversifiée (fleurs coupées, plantes en pots, pépinières), ainsi qu'une grande tradition semencière. La région est le premier producteur de champignons, de poireaux, de mâche, de radis, de concombre, de muguet et de plantes médicinales, et le deuxième producteur français de pommes de table (Chambres d'agriculture Pays de la Loire 2011).

Les surfaces dévolues aux productions végétales ont diminué assez sensiblement au début des années 90, du fait de la réduction des surfaces dévolues à l'alimentation locale du bétail (prairies permanentes et fourrages annuels)

Les productions végétales ont fluctué depuis 1989, avec une prédominance des céréales et des prairies, une division par deux des productions de pommes de terre (cf. [annexe 1](#)⁴) et le maintien d'une production d'oléagineux (tournesol et colza).

Les Pays de la Loire est la principale région agricole française pour les productions de qualité, avec près de 9 000 agriculteurs et 500 entreprises agroalimentaires concernés par :

- 138 labels rouge représentant 1/3 du chiffre d'affaires national de ce label ;
- 39 appellations d'origine contrôlée (AOC) et 2 appellations d'origine protégée (AOP) ;
- 12 indications géographiques protégées (IGP), dont 6 en volailles, ce qui classe la région dans le trio de tête des régions européennes détenant ce signe de qualité.

L'agriculture biologique occupe 92 800 ha, soit 4,4 % de la SAU des Pays de la Loire fin 2010, et concerne près de 1 700 exploitations. La surface cultivée en agro-biologie a été multipliée par 9 depuis 1995. La région arrive en première position pour les effectifs de bovins (viande et lait), les truies reproductrices et les poulets élevés en mode de production biologique (Chambres d'agriculture Pays de la Loire 2011).

3.3. La forêt en Pays de la Loire

Les Pays de la Loire sont parmi les régions françaises avec la plus faible surface de forêt : les « espaces boisés » des Pays de la Loire représentent seulement 15 % de la superficie de la région (source : Terruti, Agreste⁵).

4 <http://www.virageenergieclimatpdl.org/?q=annexes-chapitre-agriculture-et-for%C3%AAt>

5 <http://agreste.agriculture.gouv.fr/page-d-accueil/article/donnees-en-ligne>, Rubrique « Territoire - population »

La forêt des Pays de la Loire est écologiquement stable, composée d'une bonne diversité d'essences et en bon état sanitaire (Direction Régionale de l'Agriculture et de la Forêt Pays de la Loire, 2000). Les essences de type « feuillus » dominent et les formations de type bocager (haies, bosquets) représentent près de 30 % de ces espaces.

La région produit en moyenne 1,4 millions de m³ de bois chaque année (Agreste, Atlanbois, 2012⁶), dont des bois de qualité réputée (chênes, peupliers), en profitant de conditions d'exploitation faciles, du fait de la nature peu accidentée du territoire. Environ 30 % de la production est utilisée en bois d'œuvre, contre environ 60 % en bois énergie et 10 % en bois industriel (Agreste, Atlanbois, 2012).

Malgré un manteau boisé réduit, la région des Pays de la Loire a développé une puissante activité transformation et de commerce bois, structurée autour de l'association Atlanbois. Elle se situe ainsi en tête des régions françaises dans l'ameublement et en deuxième position dans le travail du bois derrière l'Aquitaine (Insee Pays de la Loire, 2008).

La faible surface boisée, le morcellement des propriétés privées et la faible part de forêts publiques sont les contraintes identifiées pour le développement de la filière (Direction Régionale de l'Agriculture et de la Forêt Pays de la Loire, 2000).

3.4. Les enjeux énergétiques et climatiques de l'agriculture et de la forêt

En 2005, le secteur agricole a émis directement 12% des émissions humaines mondiales de gaz à effet de serre (Smith et al., 2007) Ces émissions agricoles de GES ont globalement augmenté de 17% entre 1990 et 2005, avec une diminution de 12% dans les pays du Nord et une augmentation de 32% dans les pays du Sud. Les pays du Sud étaient responsables de 74% des émissions de GES agricoles en 2005.

Bien que peu consommateur d'énergie (moins de 3 % de l'énergie finale), la production agricole est, en France, le premier secteur émetteur de GES : elle émet directement environ 21% des émissions totales⁷ (Naizot et Grégoire, 2006). Les émissions de GES agricoles françaises sont composées de 47% de protoxyde d'azote (N₂O), de 44% de méthane (CH₄) et de 9% de dioxyde de carbone (CO₂) (CITEPA, 2012).

6 <http://www.atlanbois.com/telecharger/165>

7 <http://www2.ademe.fr/servlet/getBin?name=EED90810CEBB862F47CD7F37BFE22D0B1168614931540.pdf>

- Le dioxyde de carbone (CO₂) émis par les activités agricoles provient essentiellement de la combustion d'hydrocarbures pour fournir de l'énergie sur les exploitations agricoles (INRA 2010).
- Le protoxyde d'azote (N₂O) est produit par des bactéries qui transforment des produits azotés (engrais, résidus de récolte, fumier, lisier) dans les sols (INRA, 2010). Le N₂O est un gaz qui produit 310 fois plus d'effet de serre qu'une quantité égale de CO₂. Il s'agit d'un GES très puissant qui a à peu près la même durée de vie que le CO₂ dans l'atmosphère (environ un siècle).
- Le méthane (CH₄) est produit lors de la décomposition des déjections animales et par les éructations des ruminants au cours de la digestion (une vache peut produire 1000 L de méthane par jour) (INRA 2010). Le CH₄ a une durée de vie plus courte que le CO₂ dans l'atmosphère : environ 20 ans, mais il produit pendant cette période 200 fois plus d'effet de serre qu'une quantité égale de CO₂.

A ces 21% d'émissions agricoles directes s'ajoutent les émissions indirectes de GES, dues à la production et au transport des intrants agricoles : engrais, pesticides, aliments du bétail, matériel et bâtiments, etc. La production et le transport des intrants représentent en moyenne 50% de l'énergie totale consommée par les exploitations agricoles en France (AGRESTE, 2009). Le volume de productions agricoles a cru à consommation d'énergie directe constante de 1973 à 2007, mais la consommation d'engrais a augmenté de 35% et celle de tourteaux importés a été multipliée par trois (AGRESTE 2009).

La France (métropole + DOM-TOM) a ainsi émis 496 millions de tonnes équivalent CO₂ (teqCO₂) en 2010 (en tenant compte des 33 MteqCO₂ fixés par les « puits de carbone » que constituent les sols agricoles et les forêts). Le dioxyde de carbone (CO₂) de l'air est en effet capté et utilisé par les organismes photosynthétiques vivant dans et au-dessus des sols pour produire de la biomasse. Le CO₂ ainsi stocké sera relargué dans l'atmosphère à plus ou moins long terme, en fonction de la durée de vie du végétal qui l'a stocké. La contribution des écosystèmes des sols au stockage de CO₂ est loin d'être négligeable, puisque le sol d'une prairie contient presque autant de CO₂ qu'une forêt tempérée⁸. Les écosystèmes des sols sont cependant détruits par l'application d'engrais ou pesticides chimiques. Les sols cultivés en agriculture conventionnelle ne stockent donc pas de CO₂, mais ont plutôt tendance à en relarguer lorsqu'ils sont labourés.

Avec plus de 170 MteqCO₂, l'agriculture et l'alimentation - de la parcelle au traitement des déchets alimentaires - sont responsables globalement de plus de 30% de ces émissions (Naizot & Grégoire 2006 ; Jancovici 2010).

L'agriculture émet 86 MteqCO₂, et 108 si l'on inclut les émissions indirectes liées à la fabrication des engrais azotés, des produits phytosanitaires et à l'importation des aliments pour le bétail. Elle est responsable de 80 % des émissions de méthane et de protoxyde d'azote.

8 <http://www.manicore.com/documentation/serre/forets.html>

La forêt française fournit aujourd'hui 110 TWh d'énergie, essentiellement sous forme de bois bûche. Elle joue également un rôle de « puits à carbone » en stockant du dioxyde de carbone de l'air sous forme de biomasse (en moyenne 50 Mt eqCO₂ de 2005 à 2009) (CITEPA 2012). Le puits de carbone de la forêt pourrait cependant se combler rapidement dans la prochaine décennie (INRA, 2008).

4. Le scénario Virage Énergie-Climat pour l'agriculture et la forêt des Pays de la Loire

4.1. Une réponse systémique aux enjeux énergétiques et climatiques de l'agriculture et de la forêt des Pays de la Loire : Afterres2050

De par son triple rôle de production d'énergie et de production et de stockage de GES, l'agriculture et la forêt sont des secteurs clefs de la transition énergétique et climatique.

Cependant, contrairement aux autres secteurs d'activités, les actions d'économie d'énergie et d'émissions de GES préconisées pour l'agriculture et la forêt pourraient, si elles étaient mal dosées, nuire au fonctionnement global des complexes systèmes agricoles et sylvicoles.

Isoler une maison ne l'empêche en effet pas de remplir son rôle d'abri, tout comme opter pour le train plutôt que l'avion n'empêche pas le déplacement. En agriculture, faire varier les effectifs des cheptels, les techniques culturales ou les intrants agricoles, afin de répondre à des objectifs purement énergétiques ou climatiques peut, à l'inverse, empêcher le système agricole de remplir sa fonction principale. L'agriculture peut ainsi ne plus fournir suffisamment de nourriture, du fait par exemple, de manques de fertilisation azotée ou d'aliments pour le bétail, causés par des modifications non raisonnées de la structure du système.

Proposer des solutions aux enjeux énergétiques et climatiques de l'agriculture et de la forêt des Pays de la Loire impose donc, au delà de préconisations techniques spécifiques, de proposer globalement de nouveaux systèmes agricoles et sylvicoles fonctionnels et durables.

Afin de satisfaire à cette nécessaire approche systémique de l'agriculture et de la forêt, nous avons collaboré avec l'association Solagro, qui propose un scénario de transition alimentaire, agricole et énergétique : Afterres2050⁹.

9 <http://www.solagro.org/site/393.html>

4.2. Méthode de scénarisation

4.2.1. L'approche Afterres2050

4.2.1.1. Les principes d'Afterres

Afterres2050 est un scénario de « transition » du système alimentaire français fixant des objectifs de durabilité en matière de nutrition, de santé, d'empreinte écologique du système alimentaire. Ce scénario, qui se veut « désirable, crédible, et compréhensible » a été présenté pour la première fois en mai 2011 par le bureau d'études associatif Solagro, spécialisé dans les questions agricoles et énergétiques.

Il est articulé au scénario négaWatt, scénario de transition énergétique, dont il fournit 45 % de l'énergie et des matériaux de construction. Ces deux approches reposent sur les principes de la sobriété (maîtrise de la demande), d'efficacité des systèmes, et de substitution des ressources non renouvelables par des ressources renouvelables.

Afterres propose de raisonner d'abord sur les besoins, avant d'envisager les moyens de production. Il est donc basé sur une évaluation de nos modes d'alimentation, mais également de nos futurs besoins en énergie et matériaux.

Comme négaWatt, Afterres est basé sur des techniques éprouvées et propose une vision « sans regret » de l'avenir, fondée sur la prise en compte des contraintes physiques de moyen terme, qui l'emporteront fatalement sur les contraintes économiques de court terme.

Afterres anticipe ainsi la raréfaction des hydrocarbures, qui fournissent actuellement l'essentiel de notre énergie et de nos matériaux, et propose de remplacer le carbone d'origine fossile qui propulse nos sociétés par du carbone organique renouvelable, issu de la biomasse agricole et forestière.

Cette « révolution organique » permettrait de sortir de notre dépendance aux énergies fossiles et de limiter la crise climatique, tout en disposant de sources d'énergie et de matières premières (matériaux de construction, molécules, etc.) éternelles, à condition de bien gérer les flux de biomasse.

4.2.1.2. Les enjeux d'Afterres

Cette approche systémique repose sur une diversification des productions agricoles, qui seule permet de répondre aux différents enjeux posés par Afterres :

- nourrir la France et quelques voisins européens et maghrébins ;
- répondre avec de la biomasse agricole et forestière à 6 besoins différents (les 6 « F », Figure 3) ;
- lutter contre l'artificialisation des terres agricoles ;
- reconquérir la qualité de nos ressources en eau ;
- préserver la biodiversité et restaurer les écosystèmes ;
- faire du maintien de la fertilité des sols le pivot de la durabilité des systèmes agricoles ;

- lutter contre le changement climatique ;
- adapter les agrosystèmes et la forêt aux changements climatiques ;
- faire vivre une agriculture et des territoires ruraux dynamiques, en stoppant la destruction des emplois agricoles et en préservant la santé des paysans.

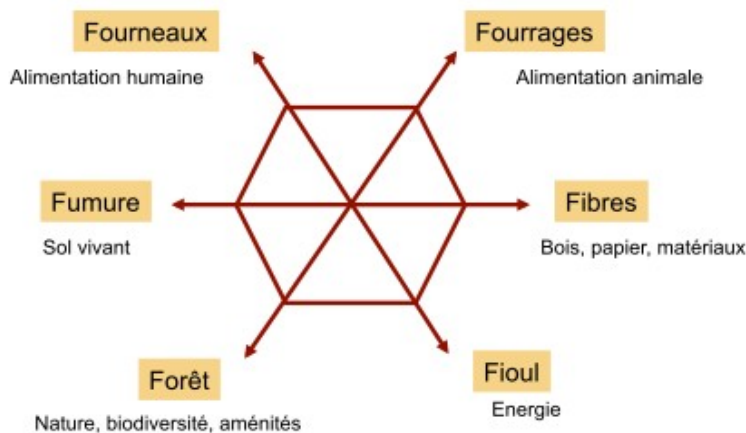


Figure 3. Les "6 F" : 6 usages de la biomasse envisagés dans Afterres2050. Source Afterres2050.

4.2.1.3. Méthode de scénarisation d'Afterres2050 pour la France

Le scénario Afterres2050 est basé sur le Modèle Systémique d'Utilisation des Terres (MoSUT), qui comporte les étapes suivantes :

- **Étape 1** : définition des besoins pour l'alimentation humaine ;
- **Étape 2** : établissement d'un bilan d'approvisionnement par denrée agricole ;
- **Étape 3** : définition et évolution dans le temps des systèmes agricoles et des rendements pour 23 types de cultures ;
- **Étape 4** : définition et évolution dans le temps des systèmes d'élevage et de leurs paramètres pour 6 types de cheptel ;
- **Étape 5** : calcul des surfaces agricoles nécessaires ;
- **Étape 6** : définition de scénarios d'utilisation des terres (tendanciel et Afterres2050) ;
- **Étape 7** : estimation de l'impact environnemental et climatique des scénarios : bilan azoté, besoins en eau, nombre de traitements phytosanitaires, émission et stockage de GES, bilan énergétique.

4.2.2. Transposition d'Afterres à la région Pays de la Loire

Afterres2050 a été établi pour la France métropolitaine. La régionalisation proposée ici pour la région Pays de Loire consiste en une simple transposition par « homothétie », qui permet de disposer d'une vision générale de cadrage et d'identifier les principales questions que pose le passage d'un scénario national à un scénario régional.

L'homothétie consiste à appliquer au niveau régional les évolutions suivies au niveau national par les assolements et les cheptels. Par exemple, les surfaces en blé tendre augmentent de 16% au niveau national, les surfaces en blé tendre en Pays de Loire augmentent donc de 16%.

La méthode de scénarisation dans le cas de cette transposition aux Pays de la Loire comporte les étapes suivantes :

- **Étape 1** : définition des besoins pour l'alimentation humaine des Pays de la Loire, sur la base des prévisions démographiques de l'Insee ;
- **Étape 2** : transposition par homothétie (produit en croix) des modes d'élevage et de l'évolution du cheptel national aux Pays de la Loire. L'hypothèse centrale est ici que le cheptel des Pays de la Loire suivra, en proportion, l'évolution du cheptel français proposée par le scénario Afterres2050 de 2010 à 2050. Les productions et besoins en alimentation animale sont ensuite calculés à partir des effectifs du cheptel et des rendements et besoins alimentaires moyens estimés dans le scénario national ;
- **Étape 3** : transposition en Pays de la Loire par homothétie de l'évolution de l'occupation des sols 2050 du scénario national. L'hypothèse centrale est ici que l'occupation des sols agricoles et non-agricoles des Pays de la Loire suivra, en proportion, la même évolution que celle proposée par le scénario Afterres2050 de 2010 à 2050. . Les productions végétales sont ensuite calculées à partir des surfaces et des rendements moyens estimés dans le scénario national ;
- **Étape 4** : établissement d'un bilan d'approvisionnement par denrée agricole ;
- **Étape 5** : estimation de l'impact environnemental et climatique régional à partir des chiffres régionalisés : bilan azoté, besoins en eau, nombre de traitements phytosanitaires, émission et stockage de GES, bilan énergétique.

La situation présente est décrite à partir de la statistique agricole. Elle n'a pas été corrigée de données régionales et ne tient pas compte des pratiques agricoles spécifiques aux Pays de Loire. Certaines valeurs peuvent donc différer sensiblement des statistiques régionales.

La transposition d'Afterres aux Pays de la Loire a été dénommée : « AfterresPdL ».

4.2.3. Méthode d'inventaire pluriannuel des émissions de GES agricoles des Pays de la Loire

L'association Virage Énergie-Climat Pays de la Loire a développé indépendamment d'Afterres un outil pour réaliser des inventaires pluri-annuels des émissions de GES agricoles en Pays de la Loire, à partir de statistiques agricoles, ou des sorties d'Afterres. La méthode et les résultats sont détaillés dans [l'annexe 2 téléchargeable sur notre site](#)¹⁰.

4.2.3.1. Méthode

Les émissions de GES agricoles de la région sont estimées en appliquant la méthodologie préconisée par le Groupement Intergouvernemental d'Évaluation du Climat (GIEC) pour les inventaires de GES nationaux (GIEC, 2006). Cette méthodologie suppose de disposer : i) de données statistiques agricoles à l'échelle de la région et ii) de facteurs d'émissions de GES. La méthode décrit ensuite les formules à appliquer pour évaluer les émissions de GES en fonction du niveau de désagrégation des données (du niveau 1 le plus agrégé au niveau 3 le plus désagrégé).

Cette méthode est utilisée en France par le CITEPA pour réaliser l'inventaire national des GES agricoles (CITEPA, 2011). Le CITEPA utilise les facteurs d'émissions globaux du GIEC dans la plupart des cas, et également quelques facteurs d'émissions issus d'études réalisées en France.

Nous avons adopté la méthodologie CITEPA pour réaliser l'estimation des émissions de GES d'origine agricole des Pays de la Loire sur la période 1989-2006.

4.2.3.2. Sources de données

Nous avons utilisé les statistiques de livraison d'engrais disponibles sur le site de l'UNIFA¹¹ et les données de surfaces, rendements et productions végétales, ainsi que les effectifs de cheptels disponibles sur le site Agreste¹².

Les facteurs d'émission GIEC utilisés par le CITEPA sont extraits du rapport GIEC publié en 1996. Nous avons utilisé les facteurs d'émissions GIEC issus du rapport le plus récent (GIEC 2006). L'origine et les valeurs des facteurs d'émissions utilisés sont présentés dans les [annexes disponibles sur notre site](#)¹³.

Du fait de la disparité des sources (Agreste, GIEC, CITEPA...), les catégories de bétail, de cultures, de systèmes de gestion du fumier ou d'usages des sols étaient hétérogènes. Un référentiel de catégories communes a été défini et les données agrégées au besoin, afin de pouvoir réaliser la correspondance entre les données Agreste et les différents facteurs d'émissions (les catégories utilisées pour les agrégations sont présentées dans les [annexes sur notre site](#)).

10 <http://www.virageenergieclimatpdl.org/?q=annexes-chapitre-agriculture-et-for%C3%AAt>

11 <http://www.unifa.fr/librairie/donnees-statistiques.html>

12 <http://www.agreste.agriculture.gouv.fr/page-d-accueil/article/donnees-en-ligne>

13 <http://www.virageenergieclimatpdl.org/?q=annexes-chapitre-agriculture-et-for%C3%AAt>

4.2.3.3. Outil d'inventaire

Nous avons développé un outil d'inventaire nommé agRiGES, composé d'un ensemble de procédures écrites en langage R, un langage de programmation libre spécialisé dans le traitement des données statistiques (R Development Core Team, 2011).

agRiGES permet d'évaluer les émissions directes de GES agricoles pluriannuelles d'un territoire (région, état...) selon la méthode GIEC, à partir de séries temporelles de statistiques aux formats Agreste et Unifa et de facteurs d'émissions. L'outil importe, fusionne et formate automatiquement les séries temporelles de statistiques et réalise les calculs de la méthode GIEC.

Les émissions de GES agricoles indirectes d'un territoire sont égales dans agRiGES à 16 % des émissions directes (Solagro, comm. pers.). Ces émissions indirectes comptabilisent les GES émis pour la fabrication des intrants (engrais, production d'énergie, aliments etc...).

agRiGES permet également de recalculer aisément les émissions de GES totales du territoire en sélectionnant différents facteurs d'émissions, ce qui permet d'étudier la sensibilité des résultats globaux aux modifications des données d'entrée.

L'outil d'inventaire produit également automatiquement des séries de graphiques aisément configurables, qui constituent un tableau de bord de l'évolution historique de l'agriculture régionale et des émissions de GES associées. agRiGES est disponible librement sur notre site.

agRiGES a été utilisé afin d'estimer le bilan GES de la transposition du scénario Afterres2050 aux Pays de la Loire, à partir des paramètres agronomiques fournis par Afterres2050.

5. Résultats

5.1. Le scénario Virage Énergie Climat pour l'agriculture et la forêt des Pays de la Loire

5.1.1. Évolution des besoins en alimentation humaine des Pays de la Loire

5.1.1.1. Préconisations générales du scénario Afterres2050 en matière d'alimentation humaine

Afterres est un scénario de sobriété¹⁴, qui part du constat qu'il sera impossible de nourrir et d'alimenter en énergie et en matériaux les 70 millions de français(es) prévu(e)s en 2050, en conservant nos habitudes de consommation actuelles. Il propose donc à la fois de modifier notre ration alimentaire afin de manger un peu moins mais mieux, et de lutter contre le gaspillage de nourriture.

Mais que faut-il donc manger pour être en bonne santé ? Et en quelle quantité ? La réponse n'est ni simple ni univoque. Les hypothèses d'Afterres se fondent cependant sur quelques constats qui pointent des enjeux majeurs de santé publique :

- l'alimentation d'aujourd'hui, riche en graisses et en aliments à forte densité énergétique, centrée autour d'aliments d'origine animale, a remplacé notre alimentation traditionnelle. Cette modification a joué un rôle clé dans l'augmentation de la prévalence des maladies chroniques d'origine nutritionnelle considérées comme évitables : obésité, diabète, maladies cardiovasculaires, cancers et ostéoporose principalement (OMS, 2003)¹⁵;
- aux méfaits de la « malbouffe » et d'une alimentation trop riche, s'ajoutent d'autres facteurs liés à nos modes de production agricole. Plusieurs études établissent un lien entre certaines molécules de synthèse (pesticides, mais aussi plastiques, métaux) et la prévalence de l'obésité et du diabète. Ces substances chimiques viendraient interférer avec nos hormones naturelles et perturber notre système endocrinien (CHEM Trust, 2012)¹⁶ ;
- on notera enfin que le taux d'obésité en France, s'il reste parmi les plus bas des pays de l'OCDE, progresse de façon régulière et touche, en 2009, 14,5 % des Français, contre 8,5 % en 1997. Un des phénomènes les plus inquiétants est l'obésité infantile qui aurait augmenté de 300 % en dix ans¹⁷ !

Selon l'Étude Individuelle Nationale des Consommations Alimentaires (INCA)¹⁸, nous surconsommons ainsi en France des protéines et des sucres simples : notre bol alimentaire comprend en effet :

- 45% de trop pour les protéines, notre consommation étant de 90 grammes par jour et par personne au lieu des 52 grammes conseillés,

14 par opposition à deux autres concepts en vogue mais non désirables : glotonnerie d'une part, et austérité de l'autre.

15 <http://www.who.int/dietphysicalactivity/publications/trs916/summary/fr/>

16 http://www.chemtrust.org.uk/Obesity_and_Diabetes_publications.php

17 Selon Laurent Chevallier, consultant nutritionniste, praticien attaché au CHU de Montpellier, cité dans Afterres2050.

18 INCA1 en 1998-1999 et INCA2 en 2006-2007

- 25 % de trop pour le sucre.

La crise économique actuelle a de plus tendance à augmenter le prix des produits agricoles et à poussant les plus pauvres vers la "malbouffe" et l'obésité¹⁹.

Afin de lutter contre ces tendances menaçant à la fois la santé publique et notre environnement, Afterres2050 préconise des changements de notre ration alimentaire :

- une réduction de 25% de la consommation totale de protéines (de 90 à 70 g/j/personne, pour un apport nutritionnel conseillé (ANC) de 50 à 60 g pour un adulte) ;
- de ramener de 14 % à 11% le rôle du sucre dans nos apports énergétiques, soit supprimer l'équivalent de 4 morceaux de sucre par jour sur les 20 ingérés aujourd'hui ;
- de maintenir l'indice de masse corporelle au niveau de celui de 2000 ;
- d'inverser le rapport entre protéines animales et végétales (62 % végétal et 38 % animal) ;
- de réduire le calcium apporté par les produits laitiers .

Les protéines animales représentent 62 % de nos apports en protéines. Cette situation est lourde de conséquences sur l'utilisation des sols et l'émission de gaz à effet de serre.

Du point de vue nutritionnel, une réduction de la part de protéines animales est possible. En effet, selon l'Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation (ANSES, ex AFSSA), il est possible de couvrir nos besoins en acides aminés indispensables en consommant uniquement des protéines animales, ou uniquement des protéines végétales, sous réserve d'associer des céréales à des légumineuses.

Il n'y a donc pas de minimum de protéines animales recommandé, mais plusieurs avis convergent pour dire qu'un tiers de protéines animales dans la ration permet de satisfaire nos besoins en acides aminés essentiels.

Afterres2050 propose donc un renversement de la part respective des protéines animales et des protéines végétales, soit une couverture de nos besoins protéiques par 62 % d'origine végétale et 38% d'origine animale.

Couplé à la réduction de la surconsommation, ce renversement conduit à une division par deux de la consommation de viande.

De nombreuses controverses existent concernant les apports en calcium (Souccar, 2008). Plusieurs travaux précisent qu'un régime moins riche en protéines animales nécessite un apport moindre en calcium du fait des « fuites » induites.

¹⁹ http://www.lemonde.fr/planete/article/2013/03/28/prix-alimentaires-malbouffe-et-obesite-chez-les-plus-pauvres_3149100_3244.html

Afterres2050 a fixé l'apport du calcium par le lait à 200 mg /j /pers ce qui correspond à la consommation de 1 à 2 produits laitiers par jour plutôt que les 3 recommandés par le Programme National Nutrition Santé (PNNS), afin de subvenir aux besoins en calcium (estimés en France à 900 mg/j/personne), le reste étant apporté par une alimentation variée (Afterres2050 ne fixe toutefois pas de plafond pour le calcium). Les produits laitiers n'ont pas le monopole du calcium : épinards, brocolis, noix, oranges, amandes, noisettes, dattes, sardines, sont d'excellentes sources de calcium sans oublier l'eau !

Résoudre de manière objective la question du calcium est capitale compte tenu de son impact sur le dimensionnement du cheptel national. Imaginons que les besoins en calcium ne soient plus couverts en 2050 par des produits laitiers, mais par des légumes et des céréales, nos paysages d'élevage et le métier de nos agriculteurs en seraient totalement changés !

Si Afterres2050 réduit fortement la consommation de produits laitiers à un niveau permettant néanmoins de satisfaire la totalité de nos besoins en calcium, cette hypothèse couplée à une réduction de la consommation de viande entraîne une forte réduction de l'élevage bovin viande spécialisé à l'horizon 2050. Le cheptel serait par ailleurs dominé par des vaches laitières.

Un tiers de la production mondiale d'aliments est enfin perdue ou gaspillée chaque année, majoritairement au niveau du consommateur et de la distribution dans les pays du Nord (FAO, 2011), Afterres prévoit de diviser par plus de deux (-60%) les pertes de nourriture « évitables », c'est à dire les aliments jetés alors qu'ils étaient consommables sur l'ensemble de la chaîne. Il est également prévu de recycler les pertes inévitables pour les valoriser (en énergie, en engrais sous forme de compost ou de digestat de méthanisation : épluchures, coquilles d'œufs, etc.).

5.1.1.2. Quelle assiette pour les Pays de la Loire en 2050 ?

En Pays de la Loire, les besoins pour l'alimentation humaine évoluent avec la démographie régionale, dont les chiffres adoptés sont ceux des prévisions INSEE. Le scénario central de l'INSEE prévoit une augmentation de population de 28% d'ici 2050, soit 4,3 millions d'habitants contre 3,5 millions aujourd'hui.

La demande alimentaire selon les hypothèses Afterres2050 conduisent aux estimations suivantes pour les Pays de la Loire (Tableau 1, Figure 4) :

Milliers de tonnes par an	2010	2050	Évolution
Céréales	433	625	44%
Pommes de terre	231	237	3%
Sucre	130	112	-14%
Légumineuses et fruits coque	20	45	125%
Huiles et graines oléagineuses	72	88	22%
Légumes	361	557	54%
Fruits	421	520	24%
Stimulants, épices	36	22	-39%
Boissons Alcooliques	316	241	-24%
Viande, abats, graisses animales	384	188	-51%
Lait	892	396	-56%
Œufs	50	27	-46%
Produits aquatiques	111	12	-89%

Tableau 1. Évolution de la demande alimentaire 2010-2050 des Pays de la Loire. Source : scénario Virage Énergie-Climat Pays de la Loire.

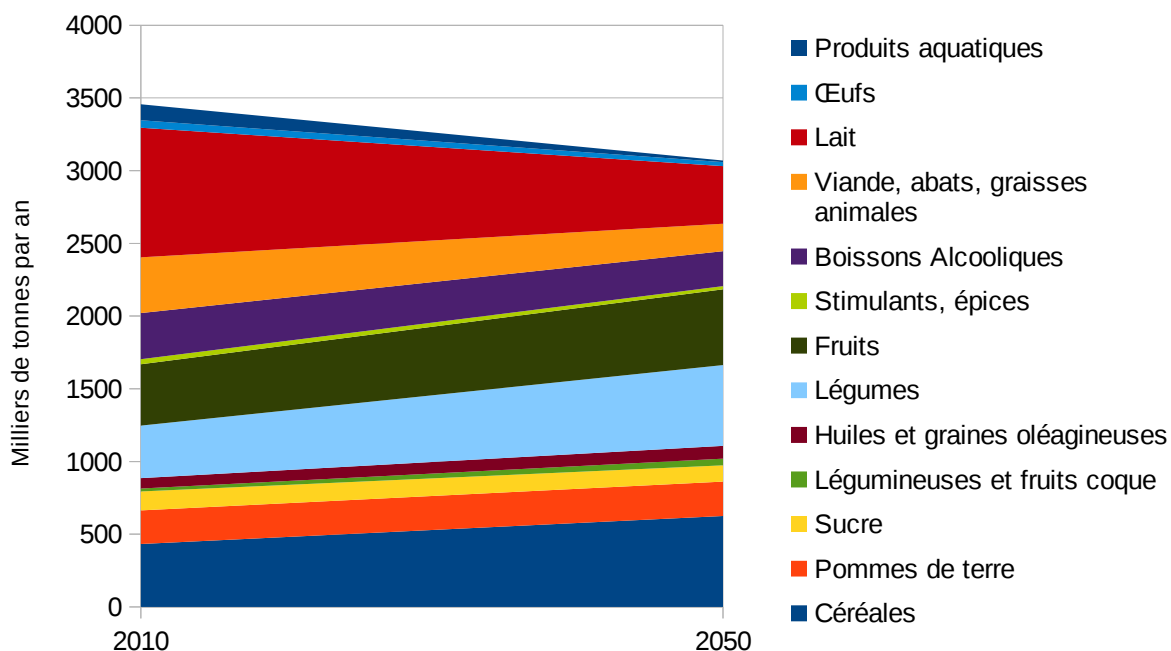


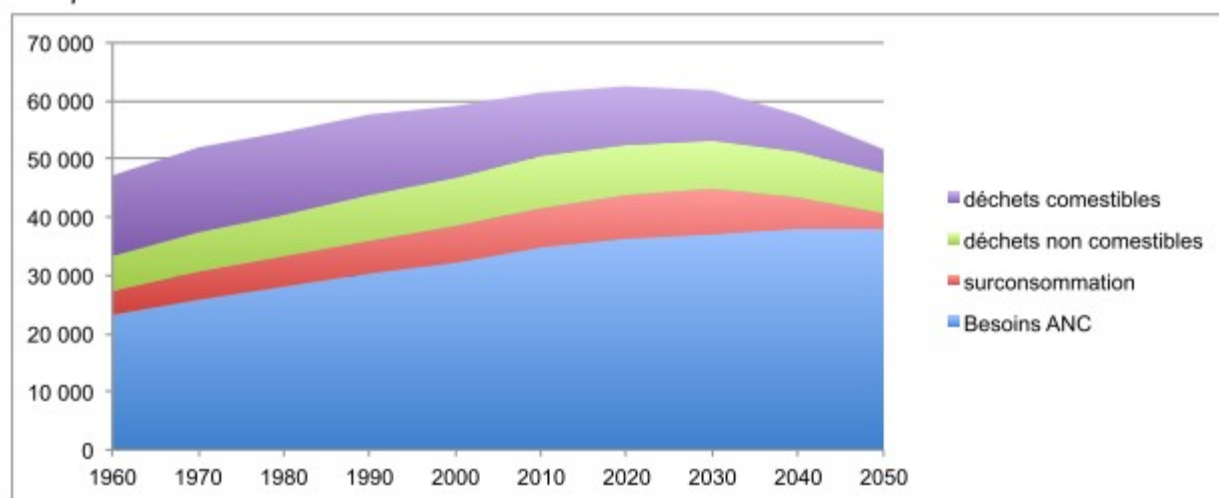
Figure 4. Évolution des besoins en alimentation humaine des Pays de la Loire entre 2010 et 2050 après application du scénario Afterres. Source : scénario Virage Énergie-Climat Pays de la Loire.

Notre assiette en 2050 sera plus riche en céréales, fruits, légumes, coques (noix, amandes). Elle contiendra deux fois moins de lait et de viande.

La viande ne disparaît pas. Simplement, elle ne sera pas présente à tous les menus, tous les jours de la semaine, ou alors avec des portions plus réduites.

La Figure 5 présente l'évolution des quantités d'aliments consommés et des déchets de l'alimentation humaine en France de 1960 à 2050 dans le scénario Afterres2050. Les tendances présentées ici au niveau national peuvent être aisément transposées dans les Pays de la Loire. Le scénario VEC prévoit ainsi des réductions importantes à la fois de la surconsommation alimentaire, entraînant une réduction de l'obésité, ainsi qu'une réduction du gaspillage alimentaire, basée sur la valorisation alimentaire des déchets comestibles, et le compostage/méthanisation des déchets alimentaires non consommables (résidus de récoltes, épluchures...).

Comparaison entre les besoins nutritionnels conseillés.



Les valeurs antérieures à 2010 sont reconstituées à partir des statistiques de la FAO (disponibilité alimentaire) et de besoins calculés à partir des chiffres de population. La décomposition en « déchets comestibles », « déchets non comestibles » et « surconsommation » sont des estimations.

Figure 5. Evolution des aliments consommés et des déchets de l'alimentation humaine en France de 1960 à 2050. Source : scénario Afterres2050. Besoins ANC = besoins annuels conseillés par la FAO, déchets comestibles : déchets qui pourraient être consommés mais qui sont gâchés.

5.1.2. Scénario d'évolution des productions animales des Pays de la Loire

5.1.2.1. Manger de la viande blanche pour limiter les émissions de GES ?

Dans le secteur de l'élevage, Afterres2050 vise à concilier performance alimentaire, lutte contre les émissions de gaz à effet de serre et bien-être animal.

Le bilan énergétique du bétail monogastrique (porcins et volailles) est meilleur que celui des ruminants : il faut moins d'aliments végétaux pour une même quantité de viande, et par conséquent il faut également moins d'espace. Il en est de même pour le bilan en gaz à effet de serre : les fermentations entériques, qui représentent le principal poste d'émission de méthane en France, sont principalement dues aux ruminants.

Les porcs et volailles sont cependant élevés aujourd'hui de façon très industrielle, ce qui pose d'importants problèmes de bien-être animal, de pollution (épandage des lisiers), d'état sanitaire (utilisation massive d'antibiotiques). La rentabilité à moyen terme de ces élevages industriels n'est de plus pas assurée, car ils sont très dépendants des aliments pour bétail, dont la production et l'importation nécessitent une quantité importante de coûteux hydrocarbures, ainsi que des prix mondiaux fluctuants de la viande. Les aliments des monogastriques (grains) rentrent enfin en concurrence directe avec l'alimentation humaine.

Les ruminants présentent un gros avantage sur les monogastriques : ils se nourrissent d'herbe. D'autre part, nos vaches sont encore en grande partie élevées à l'herbe. Certes, les élevages en bovin lait consomment des grains et des tourteaux, et les veaux sont engraisés au grain, parfois en les envoyant jusqu'en Italie. Mais à la différence des feed-lot (les parcs d'engraissement) américains par exemple, les bovins français passent la moitié de leur temps sur prairie – un peu plus pour les bovins viande et un peu moins pour les bovins lait. Par ailleurs, dans un système à l'herbe, les ruminants ne sont pas en compétition alimentaire avec les humains et valorisent les prairies, qui offrent des fonctions essentielles : réservoirs de biodiversité, puits de carbone²⁰, protection contre l'érosion, paysage....

En résumé, du point de vue de l'utilisation des ressources naturelles et du changement climatique, ruminants et monogastriques possèdent chacun une série d'avantages et inconvénients, et les arbitrages entre ces deux grandes catégories d'animaux doivent tenir compte de critères contradictoires.

Dans tous les cas, les systèmes d'élevage devront tenir compte de plusieurs phénomènes nouveaux.

²⁰ L'ensemble des prairies naturelles, y compris les prairies peu productives et les pelouses d'altitude, stockent 8,5 millions de tonnes équivalent-CO₂ par an, ce qui compense en partie les 34 millions de tonnes équivalent-CO₂ de méthane entérique généré par les ruminants.

La rareté des ressources naturelles imposera la recherche de la meilleure efficacité et favorise donc les plus faibles indices de consommation. Autrefois (avant la généralisation du tracteur et des engrais), la fonction première des animaux d'élevage n'était pas de produire de la viande, mais de fournir de la force motrice (bœufs et chevaux de trait), du lait et des œufs. Poules et cochons étaient des animaux de basse-cour nourris avec les déchets de cuisine et le petit-lait, et le grain n'était distribué qu'avec parcimonie. Les « bovins viande » sont majoritairement issus des races de bœufs de labour. Aujourd'hui, le grain est abondant et bon marché, il est en grande majorité utilisé pour nourrir les animaux « monogastriques » (porcs et volailles), mais aussi les ruminants. Les vastes surfaces de prairies qui permettaient de disposer d'énergie mécanique sont aujourd'hui exploitées pour produire de la viande. Du seul point de vue de l'utilisation de l'espace, cet usage très extensif des prairies est-il vraiment durable ?

A l'inverse, les questions de santé publique, de bien-être animal, favorisent au contraire les productions de qualité, avec notamment un allongement de la durée d'élevage et, corollairement, une augmentation de l'Indice de consommation (et de la part de l'herbe dans les rations fourragères des ruminants).

5.1.2.2. Évolution du cheptel et des productions animales des Pays de la Loire

Par homothétie avec le scénario national, le scénario AfterresPdL propose donc de diminuer d'environ 30 % le nombre de monogastriques élevés dans les Pays de la Loire et de passer d'un système actuel où l'élevage intensif en porcs et volailles représente la quasi totalité de la production, à un système où les élevages sous label qualité représentent la moitié des effectifs, la moitié restante demeurant dans le système actuel (Tableau 2, Figure 6).

Effectifs, milliers de têtes (indicateurs)	2010	2050	Évolution
Bovins (mères)	970	340	-65%
Ovins (mères)	30	50	67%
Caprins (mères)	110	110	0%
Porcins (porcs à l'engrais)	870	570	-34%
Volailles (poulets de chair)	31 000	23 000	-26%

Tableau 2. Évolution du cheptel des Pays de la Loire selon le scénario Afterres2050. Source : scénario Virage Énergie-Climat Pays de la Loire.

Les élevages de monogastriques « intensifs » différencieront certainement en 2050 du modèle actuel pour améliorer le bien être animal. On peut notamment envisager un allongement du temps d'élevage et une baisse de la densité d'animaux, tout en conservant des taux de conversion en protéines élevés.

La division par 2 des besoins en lait du fait de la généralisation du régime Afterres conduit à une diminution en proportion du cheptel de vaches laitières, qui passe de 970 à 340 milliers de têtes. Les besoins en fourrage et en concentrée diminuent plus fortement que la quantité d'herbe pâturée puisque la proportion en pâture augmente. Malgré tout, la réorientation du troupeau laitier vers la prairie ne permet pas de compenser la diminution du cheptel. (Figure 6).

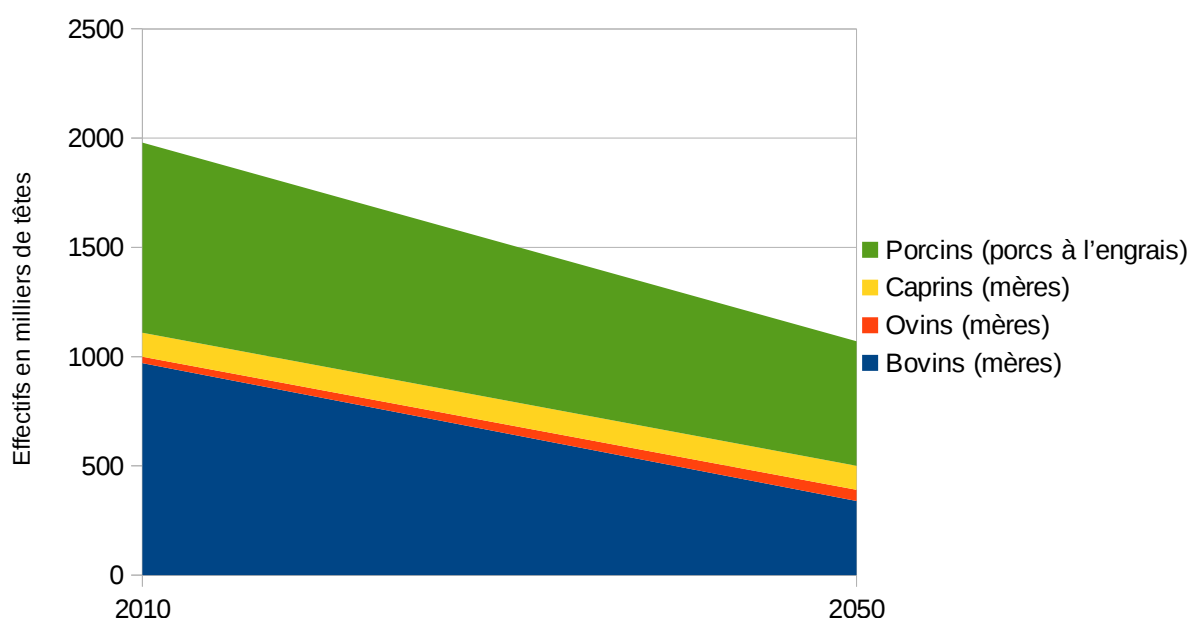


Figure 6. Évolution du cheptel des Pays de la Loire (hors volaille) selon le scénario Afterres2050.
Source : scénario Virage Énergie-Climat Pays de la Loire.

Le scénario propose une évolution générale vers des systèmes moins intensifs. La laitière à 9.000 kg de lait pas an disparaît, tandis qu'à l'inverse les systèmes extensifs le deviennent encore plus, avec un cheptel « tout herbe » qui prendrait une part significative en 2050 (le quart des effectifs), aux côtés de systèmes assez proches des systèmes actuels à la fois performants (6 000 litres) et économes (moindre consommation de concentrés).

Les caractéristiques zootechniques du troupeau laitier « moyen » évoluent comme indiqué dans le tableau ci-dessous (la consommation de concentrés semble un peu sous-évaluée en 2010) :

Caractéristiques troupeau laitier		2010	2030	2050
Production de lait	Litre / vache / an	6 860	5 900	5 900
Consommation de concentrés	g/litre de lait	182	136	79
Temps de pâturage	%	37%	44%	47%
Ration fourragère	Tonnes de matières sèches par vache et par an	6,0	5,4	5,4

Tableau 3. Évolution des caractéristiques zootechniques du troupeau laitier "moyen" des Pays de la Loire. Sources : scénario Virage Énergie-Climat Pays de la Loire, Agreste.

Les troupeaux bovin viande sont aujourd'hui assez extensifs, avec un recours au pâturage important : globalement près des deux tiers du temps. Nos systèmes bovin viande sont aujourd'hui les plus aptes à valoriser, et donc à préserver les prairies naturelles. Les systèmes bovin viande, tels que nous les connaissons aujourd'hui, sont cependant appelés à une mutation radicale.

Le dimensionnement des deux troupeaux, laitier et viande, résulte en effet de deux facteurs principaux. Comme on vient de le voir, les besoins en production de lait déterminent la taille du troupeau laitier, en divisant la demande de production globale (milliards de litres de lait par an) avec la productivité (litres de lait par vache).

Le cheptel bovin viande, quant à lui, n'est pas dimensionné uniquement sur les besoins de production de viande bovine, car il faut en effet tenir compte de la viande produite par le troupeau bovin lait : veau de boucherie et vache de réforme. Le cheptel bovin viande est donc dimensionné par différence entre les besoins de viande bovine, et la production de viande du troupeau laitier.

Or, l'évolution des différents systèmes d'élevage d'une part et des consommations de lait et viande d'autre part, laisse au final peu de place aux systèmes bovin viande. Le besoin de viande bovine passe de 206 000 à 69 000 tonnes (Tableau 4). Les calculs aboutiraient à une division par 6 du troupeau actuel bovin viande.

Afterres préconise donc le développement de l'élevage de « races mixtes » produisant à la fois du lait et de la viande. Il s'agit finalement des systèmes d'élevage bovins qui existaient jusque dans les années 1950, lorsque les bovins fournissaient en priorité de l'énergie (traction animale), le lait n'arrivant qu'en seconde priorité dans les services rendus par les bovins, et la viande en troisième place. Les « races à viande » - qui dérivent pour l'essentiel des races de labour – ne seraient donc finalement qu'une parenthèse historique.

L'élevage bovin des Pays de la Loire évoluerait donc vers des races mixtes, mettant fin à la dichotomie entre troupeau laitier et troupeau viande. Ces bovins réinvestiraient largement les prairies de la région, dont la région resterait sensiblement identique.

Le troupeau caprin reste inchangé : il s'agit d'élevages en général assez intensifs, avec peu de pâture, destiné essentiellement à la production de lait.

Le troupeau ovin, quant à lui, a vocation à augmenter. Actuellement, la viande ovine est en grande partie importée. Or, les ovins permettent de valoriser les espaces de faible surface qui seraient insuffisantes pour les bovins, ou les terres les moins favorables (zones humides...). Le cheptel ovin augmenterait de 50% environ d'ici 2050.

Les productions animales des Pays de la Loire en 2050 sont obtenues à partir du cheptel, et des ratios de productions issus du scénario Afterres national (non régionalisés) (Tableau 4, Figure 7).

Production, en milliers de tonnes	2010	2050	Évolution
Viande (total)	759	380	-50%
<i>bovins</i>	206	69	-67%
<i>porcs</i>	208	97	-53%
<i>volailles</i>	343	212	-38%
Lait	3294	1694	-49%
Œuf	959	488	-49%

Tableau 4. Évolution des productions animales des Pays de la Loire. Sources : 2010 : Agreste, 2050 : scénario Virage Énergie-Climat Pays de la Loire.

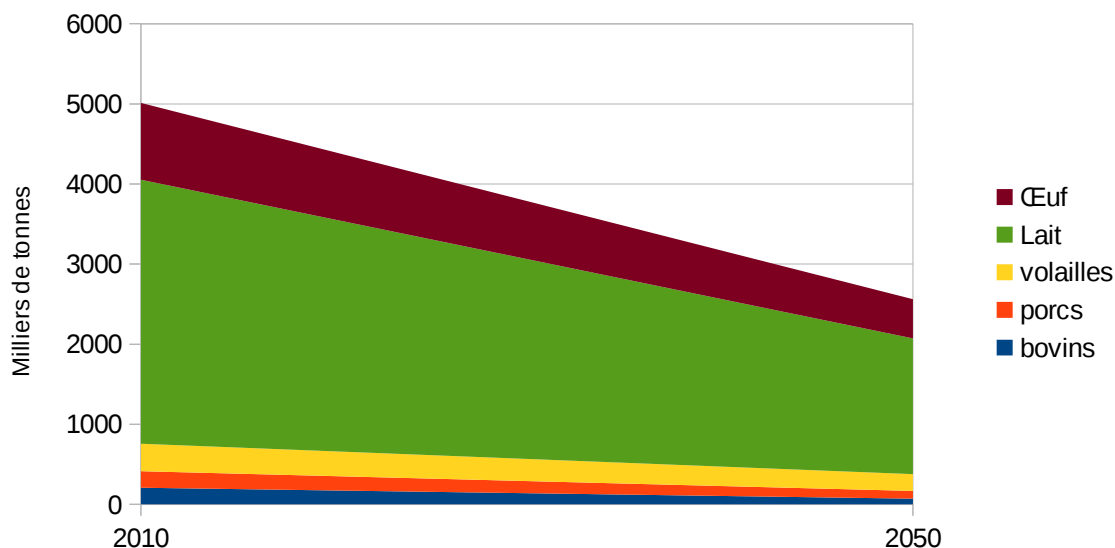


Figure 7. Évolution des productions animales des Pays de la Loire. Source : scénario Virage Énergie-Climat Pays de la Loire.

La consommation en concentrés (alimentation animale, hors fourrages et pâture) est calculée en fonction des besoins des cheptels et des régimes alimentaires (Tableau 5, Figure 8).

Milliers de tonnes par an	2010	2050	Évolution
Blé	1275	664	-48%
Orge	430	224	-48%
Maïs grain	736	383	-48%
Avoine	47	24	-49%
Autres céréales	278	145	-48%
Pommes de terre	38	20	-47%
Oléo-protéagineux	196	102	-48%
Lait	352	70	-80%
Autres	36	19	-47%
Tourteaux	1105	575	-48%
Grain en culture associée ou intercalaire	0	226	

Tableau 5. Demande en alimentation animale hors fourrages et pâture des Pays de la Loire.
Source : scénario Virage Énergie-Climat Pays de la Loire.

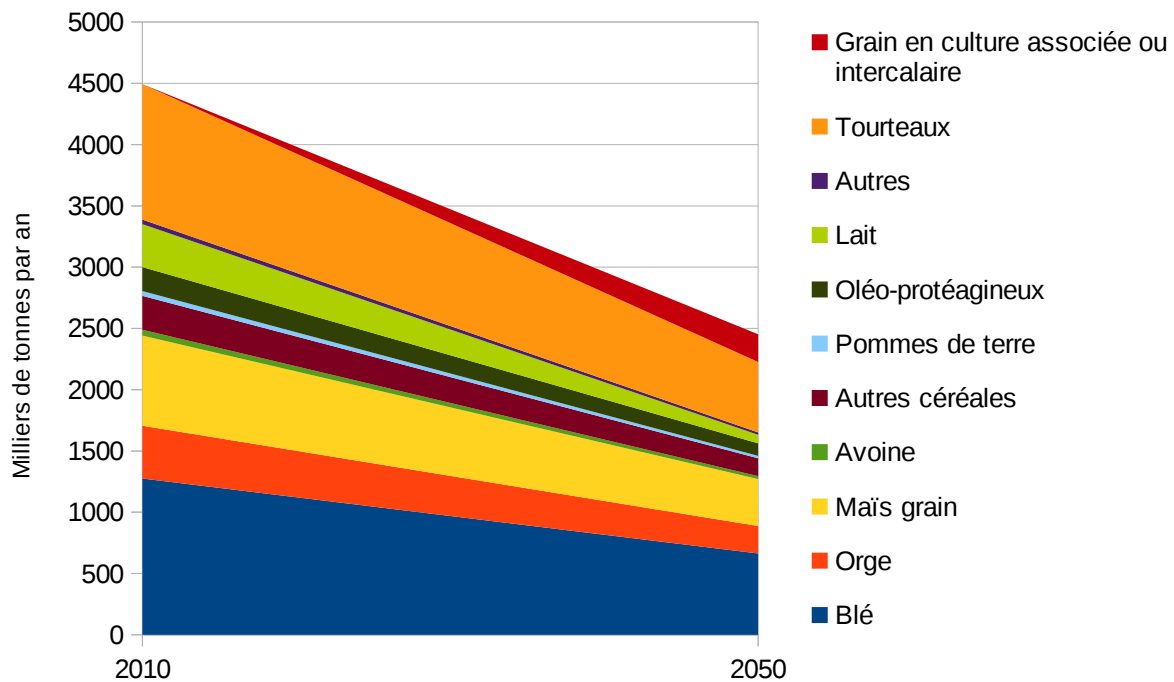


Figure 8. Évolution de la demande en alimentation animale hors fourrages et pâture des Pays de la Loire.
Source : scénario Virage Énergie-Climat Pays de la Loire.

L'élevage en Pays de la Loire produirait au final environ 2 fois moins de produits qu'aujourd'hui, et consommerait logiquement 2 fois moins d'aliments.

Parmi les évolutions majeures, on notera l'évolution du système maïs-soja vers des systèmes herbagers, basés notamment sur des légumineuses pérennes comme la luzerne. D'où la possibilité de réduire fortement les importations de soja, et également la forte diminution des surfaces de maïs fourrager, dont la forte productivité ne compense pas suffisamment les inconvénients dues à son cycle végétatif : forts besoins d'eau en été, faible compatibilité avec des cultures intercalaires.

5.2. Évolution des productions végétales des Pays de la Loire

5.2.1. Évolution des systèmes de cultures

Afin de répondre à ces enjeux multiples, la parcelle Afterres en 2050 est complexe et d'une grande polyvalence.

La culture principale (blé ou autre) est systématiquement accompagnée. Elle partage l'espace soit avec des arbres, soit avec des cultures associées, soit avec des cultures intermédiaires. Elle n'est jamais nue. La terre est toujours verte, ou pour le moins couverte. Le mélange des variétés est généralisé.

Au lieu des 2 productions du standard agricole actuel – une graine et de la paille – une parcelle peut délivrer virtuellement une gamme très élargie de productions :

- grain de la culture principale, par exemple, le blé,
- grain de culture associée, par exemple le pois,
- un résidu de culture qui sera partiellement recyclé ou retourné au sol,
- du fourrage ou de la biomasse énergie dérivés de la récolte des couverts végétaux
- non valorisés,
- du bois d'œuvre, du bois énergie et/ou des fruits issus des alignements agroforestiers, (noyers par exemple) ou des haies.

En plus de ces pratiques culturales novatrices, le scénario Afterres repose pour les cultures végétales sur les hypothèses suivantes :

- les couverts entre deux cultures – cultures intermédiaires - sont systématiquement déployés sur les parcelles où les contraintes hydriques ne sont pas rédhibitoires ;
- les cultures associées occupent 20% des terres arables ; elles sont basées sur des associations céréales/ légumineuses, particulièrement efficaces dans des systèmes à bas niveaux d'intrants. Les graines de céréales sont destinées à l'alimentation humaine, tandis que les légumineuses sont destinées à l'alimentation du bétail ;
- l'agroforesterie se développe fortement mais à « basse densité ». A raison de 50 arbres par hectare, pour une emprise au sol de 12 %, cette densité ne minore pas le rendement de la culture intercalaire. L'agroforesterie couvre en 2050, 10% de la surface agricole utile ;
- 10 % de la SAU est réservé aux infrastructures agroécologiques arborées (contre 1 à 5 % aujourd'hui) notamment les haies. Le linéaire de haies aura ainsi doublé en 2050.

A l'échelle du paysage (ou de bassin versant), ce type de parcelle et ses aménagements (associés à des zones tampons), permet de réduire les risques d'érosion, de diminuer les transferts de polluant vers l'eau et de répartir de façon homogène les infrastructures agro-écologiques.

L'ensemble de ces surfaces se partage à part égale entre « agriculture biologique » et « production intégrée ».

L'agriculture biologique est un « concept global qui s'appuie sur le choix de valeurs comme le respect de la terre et des cycles biologiques, la santé, le respect de l'environnement, le bien-être animal, la vie sociale » (Fédération Nationale d'Agriculture Biologique)²¹. Elle repose uniquement sur des moyens de production biologiques et prohibe donc l'emploi d'intrants chimiques (engrais ou pesticides). Elle autorise le travail lourd du sol (labour profond).

21 <http://www.fnab.org/>

L'agriculture intégrée est "une approche globale de l'utilisation du sol pour la production agricole". Elle est fondée sur l'utilisation de la fertilité naturelle des sols et prohibe le travail lourd du sol (semis direct, par exemple). L'agriculture intégrée cherche à réduire l'utilisation d'intrants extérieurs à l'exploitation (énergie, produits chimiques), mais ne s'interdit pas leur utilisation. Elle est présentée comme une voie intermédiaire entre l'agriculture intensive et l'agriculture biologique, dont le but est de concilier le respect de l'environnement, la qualité et la rentabilité.

5.2.2. Évolution des surfaces agricoles

L'occupation des terres agricoles (assolement) proposé par Virage Energie-Climat est présenté ci-dessous (Tableau 8, Figure 11). Il a été obtenu par homothétie à partir du scénario Afterres2050 national et réallocation des usages de certaines surfaces agricoles.

Surface agricole utile, milliers d'hectares	2010	2050	Évolution
Blé tendre	370	430	16%
Orge	50	50	0%
Blé dur et riz	30	30	0%
Autres céréales	70	60	-14%
Oléo-protéagineux	120	140	17%
Mais grain	110	90	-18%
SOUS TOTAL GRAINS	750	800	7%
Mais fourrage	290	70	-76%
Prairies temporaires	550	470	-15%
<i>Agrocarburants 2eme génération</i>	0	25	
SOUS TOTAL FOURRAGES	840	565	-15%
Prairies naturelles permanentes productives (<i>surface équivalente</i>)	430	200	-53%
Prairies peu productives	100	100	0%
<i>Prairies permanentes à usage non alimentaire (surface équivalente)</i>	0	230	
SOUS TOTAL PRAIRIES	530	530	0%
Légumes	10	70	600%
Cultures industrielles	0	35	
Vigne	30	67	123%
Vergers	20	25	25%
CULTURES INDUSTRIELLES OU PERMANENTES	60	197	123%
TOTAL	2180	2092	-4%

Tableau 6. Évolution des surfaces agricoles en Pays de la Loire entre 2010 et 2050. Sources : 2010 : Agreste, 2050 : scénario Virage Énergie-Climat Pays de la Loire (les surfaces sont arrondies au 10 000 ha).

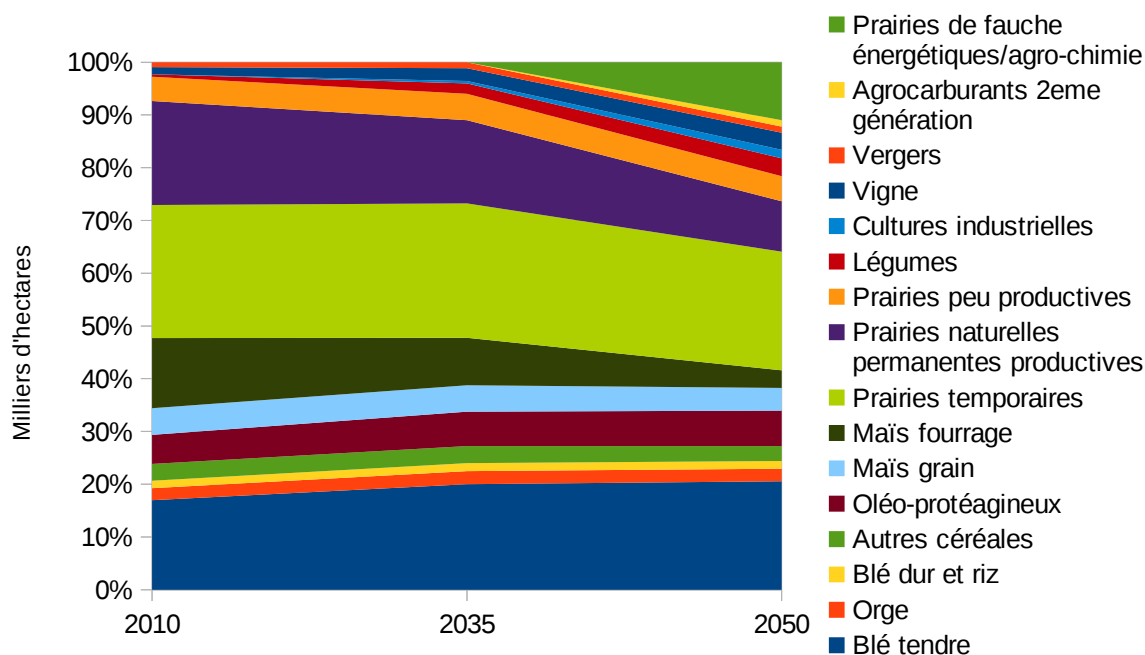


Figure 9. Évolution des surfaces agricoles en Pays de la Loire entre 2010 et 2050 (milliers d'hectares).
Source : scénario Virage Énergie-Climat Pays de la Loire.

La surface agricole totale diminue de 4 %, essentiellement du fait de l'artificialisation de nouvelles terres agricoles. Cependant, la vitesse d'artificialisation est divisée par 2 dans le scénario Afterres par rapport à la vitesse actuelle.

Comme dans Afterres2050, les surfaces de blé tendre et d'oléo-protéagineux des Pays de la Loire augmentent pour compenser la diminution des cultures de maïs fourrage, gourmandes en eau.

L'équivalent de 20 000 ha de terres arables sont affectées à la production d'oléo-protéagineux (colza, tournesol, pois protéagineux...) afin de combler partiellement le déficit protéique des élevages de porcs et volailles régionaux, aujourd'hui largement dépendants des importations de soja d'Amérique du Sud. L'autonomie protéique du cheptel bovin pourrait être obtenu à partir des prairies régionales, en augmentant notamment la part de la luzerne.

Le nouveau système agro-sylvicole proposé par Aferres propose la ré-allocation à de nouveaux usages agricoles de 160 000 hectares de terres arables, et 230 000 hectares de prairies permanentes, soit un peu moins de 20 % de la Surface Agricole Utile (SAU) actuelle des Pays de la Loire. La proportion des surfaces de « nouvelles cultures annuelles à usage non alimentaire » est 4 fois plus importante dans les Pays de la Loire par rapport au scénario national, car il y a plus de prairies permanentes productives et de cultures fourragères dans la région.

5.2.2.1. Scénario de ré-allocation des terres agricoles à de nouveaux usages

Virage Énergie-Climat Pays de la Loire propose un scénario de ré-allocation des terres agricoles, afin d'orienter le nécessaire débat qui doit s'engager autour de cette question. Ce scénario propose de ré-affecter les usages de 390 000 ha de terres agricoles de la façon suivante (Tableau 7, Figure 10) :

Surfaces, milliers d'hectares	2050
Légumes	60
Betteraves	10
Pomme de terre	9
Autres cultures industrielles (chanvre, lin)	14
Vigne	37
Vergers	5
CULTURES INDUSTRIELLES OU PERMANENTES	135
<i>Agrocarburants 2eme génération</i>	25
<i>Prairies permanentes avec valorisation non alimentaire</i>	230
<i>Dont prairies de fauche énergétiques / bioraffineries</i>	230
TOTAL	390
TOTAL terres arables	160
TOTAL prairies	230

Tableau 7. Proposition de ré-affectation des terres, surfaces en milliers d'hectares. Source : scénario Virage Énergie-Climat Pays de la Loire.

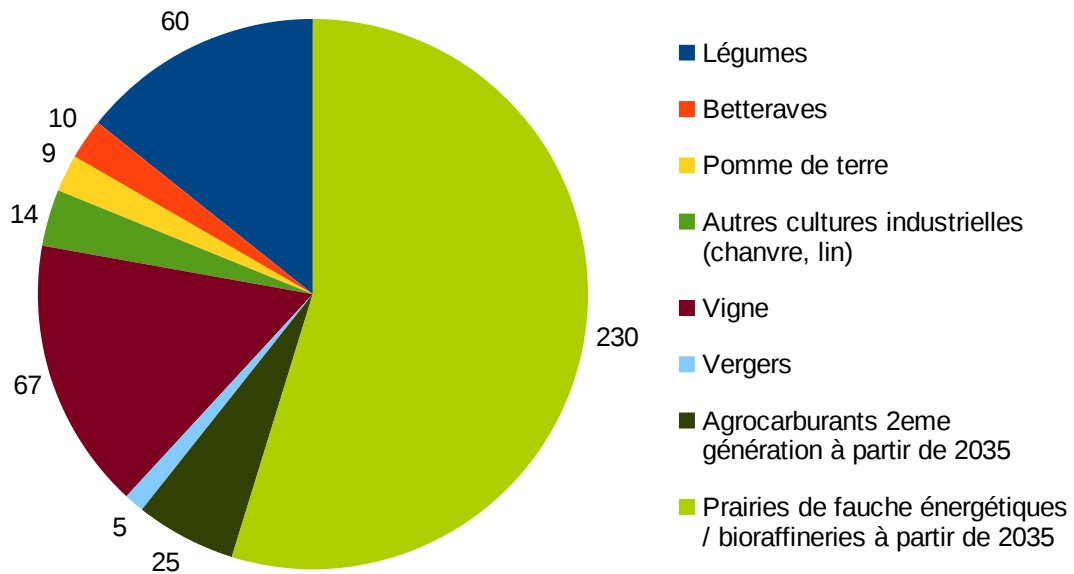


Figure 10. Proposition de ré-affectation des terres, surfaces en milliers d'hectares. Source : scénario Virage Énergie-Climat Pays de la Loire.

Un total de 135 000 hectares de terres arables seraient utilisés pour répondre régionalement à toute la demande alimentaire humaine. Des surfaces seraient dédiées à la culture des légumes, fruits, pommes de terre et betteraves, afin de combler la demande régionale. L'augmentation importante de la surface des jardins vivriers participerait du même effort d'autonomie en légumes.

Une fois l'autonomie alimentaire humaine acquise dans la région et l'élevage redéployé sur les prairies régionales, une partie des surfaces agricoles pourrait être allouée, à partir de 2035, à des usages non alimentaires.

Environ 14 000 ha de terres arables seraient alloués à la production de matériaux bio-sourcés (chanvre, lin...), afin d'alimenter les filières bâtiment et textiles régionales et française.

L'équivalent de 230 000 hectares de prairies naturelles permanentes, déjà paturées pour partie par le cheptel bovin régional, pourraient être utilisées à partir de 2035 en élevage extensif et méthanisation. Le scénario Afterres propose en effet de combiner les systèmes d'élevage bovin avec de la production d'énergie via la méthanisation. Il vise à conserver les prairies naturelles, réserves de biodiversité, dont la palette de valorisations envisageables est bien plus étroite que celle des terres arables. Le scénario s'interdit de labourer ces prairies, il cherche à maintenir voire à augmenter leur valeur écologique, paysagère et sociale. Le foin récoltable sur les prairies de fauche est en partie utilisé en alimentation du bétail, et en partie utilisé en méthanisation. Il peut s'agir de prairies dédiées ou de fauches tardives.

Ces prairies en élevage extensif pourraient également fournir des molécules pour la chimie. Il s'agirait ici d'imaginer de nouveaux usages des cultures herbacées. C'est le concept de « bioraffinerie verte », sur lequel travaillent déjà des laboratoires et des industriels. Il s'agit d'une variante de la bioraffinerie, qui consiste à utiliser des matières végétales pour en extraire différents composants destinés à remplacer les dérivés de la pétrochimie. Les matières végétales sont fractionnées, séparées, filtrées, avant de subir des transformations chimiques, biologiques ou physiques plus ou moins complexes et de fournir soit des composés chimiques de base - acides organiques, polymères, alcools, résines, etc. – soit des matériaux – fibre, papier, film, etc. Il s'agit bien encore d'agriculture, comme celle qui fournissait et fournit encore aux industries des matières textiles (laine, lin, chanvre), des plantes tinctoriales ou pharmaceutiques.

L'équivalent de 25 000 ha de terres arables serait utilisé afin de produire des agro-carburants de 2ème génération. La production d'agro-carburants commencerait sur des terres arables libérées en 2035, lorsque la triple transition – nutritionnelle, agricole et énergétique – sera suffisamment engagée pour rendre à nouveau légitime l'utilisation de terres arables pour des productions non alimentaires. Ces agrocarburants seraient utilisés afin d'alimenter en énergie des activités nécessitant des carburants à très haute densité énergétique, essentiellement l'aviation et le machinisme agricole et forestier, dont les besoins énergétiques ne pourraient pas être satisfaits par du biogaz ou de l'électricité.

5.2.3. Évolution des productions végétales des Pays de la Loire

Afin de répondre au changement de régime alimentaire induit par la généralisation de l'assiette Afterres, les productions végétales des Pays de la Loire ont suivi les évolutions présentées ci-dessous. Les productions végétales sont obtenues à partir de l'assolement présenté précédemment et des rendements (en cultures principales et en cultures associées) issus du modèle national. Les rendements n'ont pas été régionalisés.

Productions, milliers de tonnes	2010	2050	Évolution
Blé tendre	2 700	2 300	-15%
Orge	300	200	-33%
Blé dur et riz	100	100	0%
Autres céréales	300	400	33%
Oléo-protéagineux	400	400	0%
Maïs grain	1 000	700	-30%
SOUS TOTAL GRAINS	4 800	4 100	-15%
Maïs fourrage	3 600	800	-78%
Prairies temporaires	3 600	3 000	-17%
<i>Agrocarburants 2eme génération</i>	0	124	
SOUS TOTAL FOURRAGES	7 200	3 924	-43%
Prairies naturelles permanentes productives	2 300	1 300	-43%
Prairies peu productives	100	100	0%
<i>Herbe à usage non alimentaire</i>	0	1 100	
SOUS TOTAL PRAIRIES	2 400	2 500	4%
Légumes	100	700	600%
Cultures industrielles	100	485	385%
Vigne	200	447	123%
Vergers	300	375	25%
CULTURES INDUSTRIELLES OU PERMANENTES	700	2 007	187%
Production de cultures associées	0	280	
Production de cultures intermédiaires	0	1 130	
TOTAL	15 100	13 941	-8%
Energie (PJ)	260	240	-8%

Tableau 8. Évolution des productions végétales des Pays de la Loire, 2010-2050. Source : scénario Virage Énergie-Climat Pays de la Loire.

L'énergie contenue dans ces productions végétales est en PétaJoule (PJ) calculée en équivalent céréale pour les cultures et équivalent herbe pour les prairies. L'énergie contenue dans les productions végétales des Pays de la Loire en 2050 est équivalente à la consommation totale d'énergie de la région en 1990 (environ 65 TWh), et à 60 % de la consommation totale de 2010.

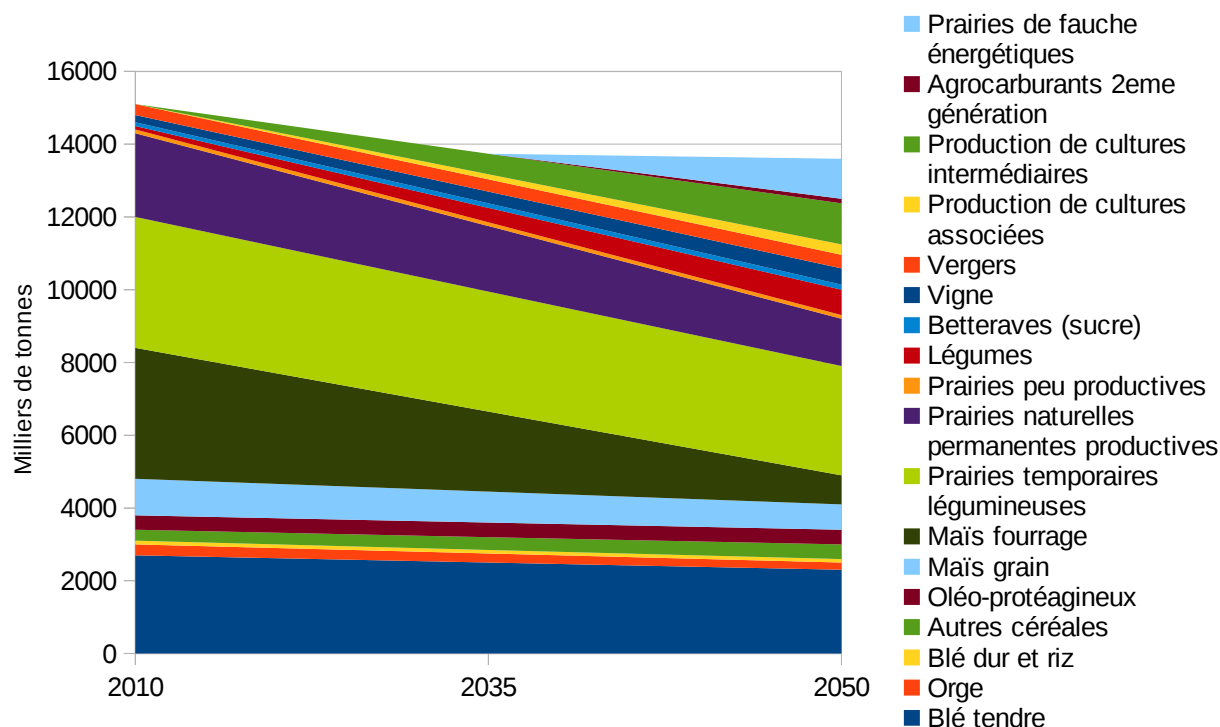


Figure 11. Évolution des productions végétales des Pays de la Loire, 2010-2050. Source : scénario Virage Énergie-Climat Pays de la Loire.

Les productions de légumes, fruits, pommes de terre et betteraves sur les terres arables réaffectées augmentent dès 2010 pour couvrir les besoins en alimentation humaine de la région.

Les productions d'oléo-protéagineux s'accroissent un peu pour contribuer à combler le bilan protéique de l'élevage des monogastriques.

Le potentiel de production des agrocarburants de 2eme génération qui se développent à partir de 2035 est de 124 000 tonnes (en considérant un rendement de céréale) et celui des prairies de fauche énergétique de 1,1 million de tonnes de matières sèches (en considérant un rendement herbe).

Les cultures associées (protéagineux pour l'essentiel, destinés au bétail) produisent 280 000 tonnes de grains, et les cultures intermédiaires 1,13 millions de tonnes de matières sèches.

5.3. Évolution de l'occupation du territoire des Pays de la Loire

Comme vu précédemment, la surface agricole totale diminue de 3 % en 2050 par rapport à 2010, essentiellement du fait de l'augmentation des surfaces artificialisées (+26%) et des surfaces boisées (+5%) (Tableau 9, Figure 20).

Milliers d'hectares	2010	2050	Évolution
Surfaces artificialisées	363	457	26%
Forêt	488	510	5%
Terres arables	1650	1562	-5%
<i>Dont nouvelles productions</i>		162	
Prairies permanentes	528	528	0%
<i>Dont nouvelles productions (surface équivalente)</i>	0	230	
Autres surfaces	211	183	-13%
TOTAL	3240	3240	0%
SAU	2178	2090	-4%

Tableau 9: Evolution de l'occupation du territoire des Pays de la Loire, 2010-2050. scénario Virage Énergie-Climat Pays de la Loire.

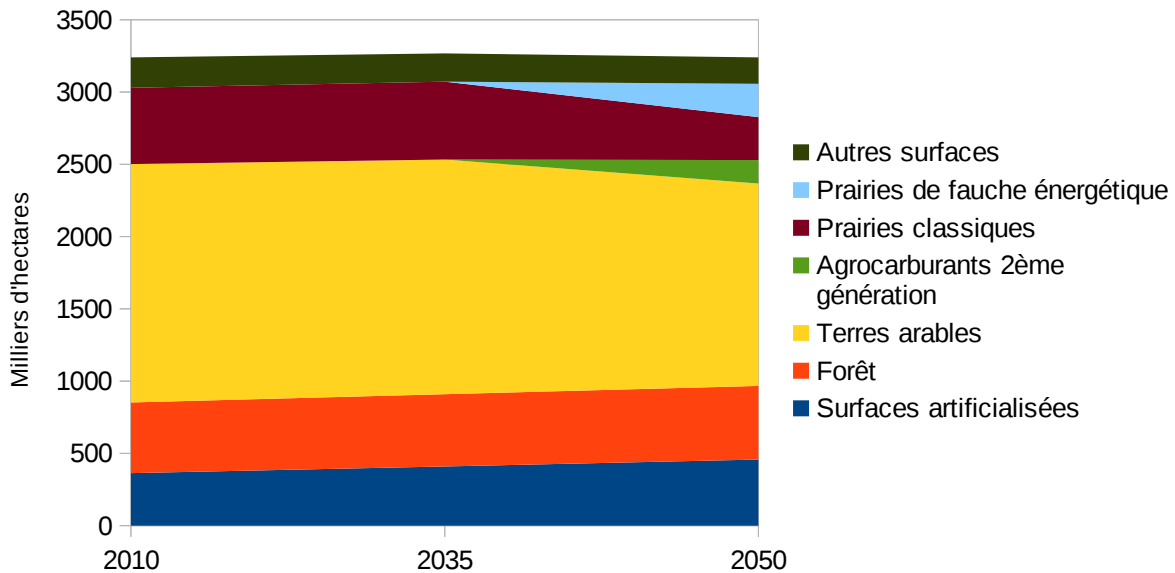


Figure 12. Evolution de l'occupation du territoire des Pays de la Loire, 2010-2050. Source : scénario Virage Énergie-Climat Pays de la Loire.

La vitesse d'artificialisation des terres est divisée par 2.

5.3.1. Évolution de la forêt des Pays de la Loire

Virage Énergie-Climat Pays de la Loire s'est basé sur les hypothèses d'Afterres2050 pour scénariser l'évolution de la forêt de la région, ainsi que son exploitation future. Un reboisement supplémentaire est cependant prévu dans notre scénario, du fait de la mise en friche des prairies permanentes les plus pauvres et les moins accessibles.

L'agglomérat « bois, papier, pâte à papier » représente le second poste déficitaire de la balance commerciale française, le premier étant l'agglomérat « pétrole, gaz, charbon ». Une exception : le poste « vieux papiers » est quand à lui excédentaire, pour la mauvaise raison que c'est l'Allemagne qui a investi dans les usines de recyclage.

Une priorité d'Afterres est donc de réduire les importations, notamment de bois non certifié provenant de la déforestation, tout en augmentant la part du bois dans la construction. La forêt française joue ainsi un rôle central dans le scénario, l'enjeu étant d'augmenter significativement les prélèvements, ainsi que les services éco-systémiques rendus.

Afin de prendre en compte les effets du réchauffement climatique, Afterres2050 a adopté une hypothèse de stagnation de la production biologique de la forêt française vers 2040, avec un risque de diminution de cette production avant 2050.

Les hypothèses de prélèvements d'Afterres2050 sont prudentes, car elles intègrent des objectifs environnementaux et organisationnels :

- le taux de prélèvement global sur un massif forestier ne doit pas dépasser 75%²² ;
- le taux d'exploitation de la forêt productive ne doit pas dépasser 95%.

D'où un taux de prélèvement maximal de 71%.

5.4. Bilan d'approvisionnement en aliments des Pays de La Loire

La demande intérieure totale est égale en première approche à la somme de la demande pour l'alimentation humaine et de la demande pour l'alimentation animale (Tableau 10).

22 [Note de position : Production, gestion et utilisation du bois énergie, FNE Août 2010.](#)

Milliers de tonnes par an	2010	2050	Évolution
Céréales	3 199	2 065	-35%
Pommes de terre	272	258	-5%
Sucre	139	116	-17%
Légumineuses et fruits coque	100	87	-13%
Huiles et graines oléagineuses	188	149	-21%
Légumes	375	565	51%
Fruits	421	520	24%
Stimulants, épices	36	22	-39%
Boissons Alcooliques	316	241	-24%
Viande, abats, graisses animales	385	189	-51%
Lait	1 243	466	-63%
Œufs	50	27	-46%
Produits aquatiques	117	15	-87%
Tourteaux et son	1 106	576	-48%

Tableau 10. Évolution de la demande intérieure totale en aliments des Pays de la Loire. Source : scénario Virage Énergie-Climat Pays de la Loire.

La demande intérieure en alimentation humaine et animale des Pays de la Loire est globalement réduite d'un tiers, toutes les consommations étant orientées à la baisse, sauf les consommations de fruits et légumes qui augmentent fortement (Figure 13).

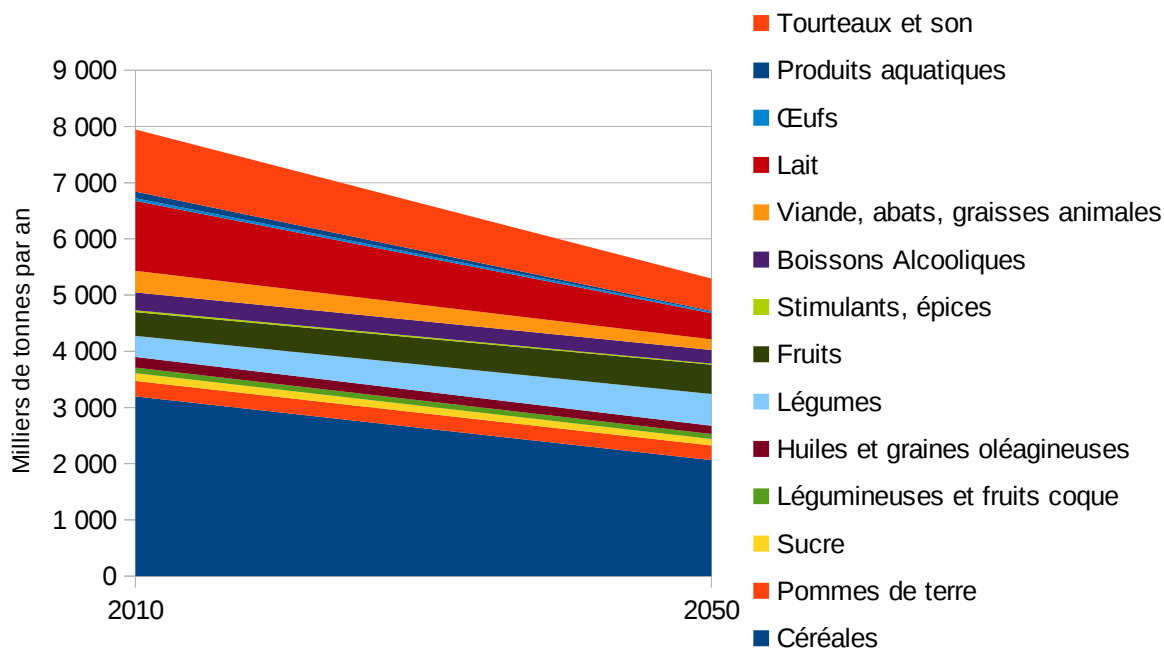


Figure 13. Évolution de la demande intérieure totale en aliments des Pays de la Loire. Source : scénario Virage Énergie-Climat Pays de la Loire.

Le bilan d'approvisionnement en aliments des Pays de la Loire est obtenu par différence entre la demande intérieure et la production (Tableau 8, Figure 14).

Milliers de tonnes par an	2010	2050	Évolution
Céréales	3 845	1 005	-74%
Pommes de terre	- 223	17	108%
Sucre	- 139	24	117%
Légumineuses et fruits coque	4	4	0%
Huiles et graines oléagineuses	94	128	36%
Légumes	- 375	35	109%
Fruits	107	52	-51%
Stimulants, épices	- 36	- 22	39%
Boissons Alcooliques	- 316	6	102%
Viande, abats, graisses animales	374	191	-49%
Lait	2 051	1 228	-40%
Œufs	909	461	-49%
Produits aquatiques	- 117	- 15	87%
Tourteaux et son	- 936	- 409	56%

Tableau 11. Évolution du bilan d'approvisionnement en aliments des Pays de la Loire de 2010 à 2050. Source : scénario Virage Énergie-Climat Pays de la Loire.

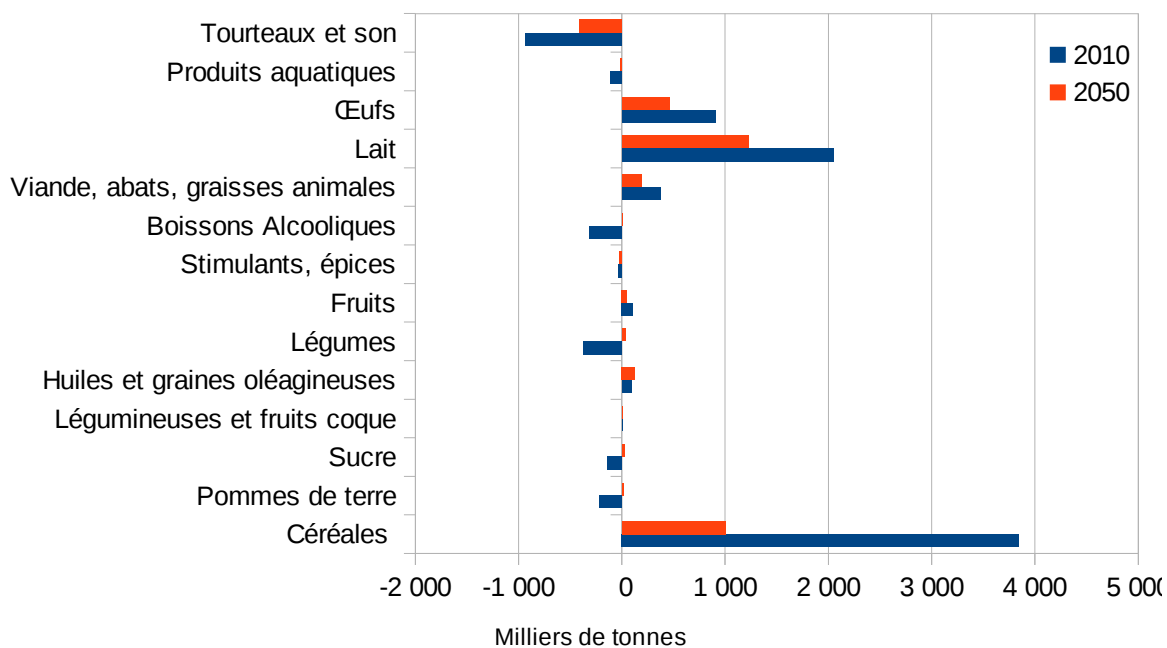


Figure 14. Évolution du bilan d'approvisionnement en aliments des Pays de la Loire de 2010 à 2050. Source : AfferresPdL.

Les Pays de la Loire restent exportateurs nets de céréales et de produits animaux vers d'autres régions françaises et/ou vers nos proches voisins (Europe, maghreb).

Il n'y a plus d'importation de tourteaux de soja d'Amérique du Sud en France dans Afterres2050. La production régionale d'huiles et graines protéagineuses et de tourteaux pour l'alimentation animale augmente, mais sans pouvoir satisfaire entièrement les besoins en tourteaux et son des élevages de porcs et de volailles. Les besoins alimentaires de ces élevages de monogastriques devront être satisfaits par l'importation de tourteaux d'autres régions, notamment du Sud Ouest de la France, plus propices à la culture d'oléo-protéagineux (soja, tournesol, colza..).

L'autosuffisance alimentaire régionale est atteinte en 2050, tant pour l'alimentation humaine que pour l'alimentation animale. Les seuls denrées alimentaires importées sont les stimulants et les épices qui ne peuvent être produits dans les Pays de la Loire, et une faible part de produits de la mer.

5.5. Énergie et valorisations non alimentaires de la biomasse de l'agriculture et de la forêt des Pays de la Loire

5.5.1. Produire des bioénergies avec la biomasse agricole et forestière des Pays de la Loire

Les bioénergies sont aujourd'hui constituées majoritairement de bois bûche, utilisé dans ses applications traditionnelles pour le chauffage des logements. Cet usage diminue progressivement dans le scénario Virage Énergie-Climat Pays de la Loire, en même temps que les besoins de chauffage, au profit d'installations collectives (réseaux de chaleur) ou industrielles.

Le biogaz est valorisé dans un premier temps par cogénération d'électricité et de chaleur, puis de plus en plus sous forme de biométhane injecté sur le réseau public. Une partie de la biomasse ligneuse est également convertie en biométhane par gazéification, suivie d'une réaction de méthanation.

La biomasse fournit ainsi deux voies de substitution du gaz naturel par du méthane renouvelable. L'une des nouvelles utilisations du gaz est celle des transports : le scénario Virage Énergie-Climat Pays de la Loire prévoit de remplacer une bonne partie des carburants par du méthane, en remplacement des produits pétroliers.

Le Tableau 12 et la Figure 15 présentent l'évolution de la production de bio-énergie issue de la forêt et de l'agriculture des Pays de la Loire de 2010 à 2050, selon notre scénario.

RESSOURCES (TWh)	2010	2050	Évolution
Bois énergie issu de la forêt	3.70	5.9	59%
Produits connexes de scierie énergie		0.2	
Bois énergie espaces arborés hors forêt		0.7	
Déchets de bois		0.5	
Sous total bois et dérivés	3.7	7.2	94%
Déchets biodégradables	0.3	0.5	67%
Déjections d'élevage méthanisées		2.7	
Cultures intermédiaires méthanisées		3.2	
Résidus de culture méthanisés		3.6	
Biogaz ex-prairie		1.8	
Sous total biogaz	0.3	11.8	3833%
Résidus de culture usage combustion		0.3	
Biocarburants sur terres labourables nouvelles productions		0.5	
TOTAL	4.0	19.8	396%

Tableau 12. Évolution des productions de bio-énergie issue de la forêt et de l'agriculture des Pays de la Loire, 2010-2050. Sources : Atlanbois (2012), scénario Virage Énergie-Climat Pays de la Loire.

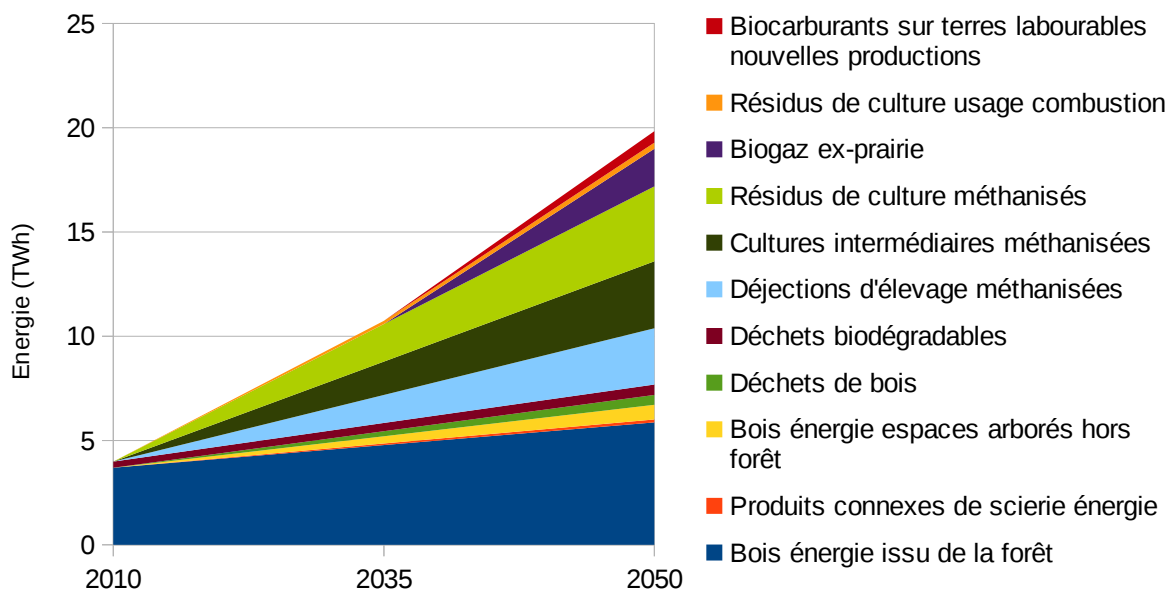


Figure 15. Évolution des productions de bio-énergie issue de la forêt et de l'agriculture des Pays de la Loire, 2010-2050. Source : scénario Virage Énergie-Climat Pays de la Loire.

La ressource bois-énergie est multipliée par environ 2, selon cette vision prospective de l'évolution de la forêt des Pays de la Loire, étayée par l'étude d'Atlanbois (2012).

5.5.1.1. Le biogaz

Le biogaz est produit par méthanisation²³, un procédé biologique de transformation de la matière organique en biogaz, par l'action de bactéries. Le produit digéré - ou digestat – issu de la méthanisation contient la matière organique non biodégradable (lignine...), les matières minérales (azote...) et l'eau. Sa valeur fertilisante n'est pas dégradée. L'azote du digestat est majoritairement présent sous forme d'ammoniaque : plus facile à gérer que l'azote organique, mais aussi plus volatile.

La méthanisation est donc utilisée dans notre scénario à la fois comme outil de production d'énergie à partir des diverses ressources agricoles disponibles sur un territoire, mais également comme un outil d'optimisation de la fertilisation. Elle participe efficacement au recyclage de l'azote d'origine organique, de manière à limiter les besoins en engrais azotés.

La méthanisation devient dans notre scénario un standard de toute production agricole, qu'il s'agisse des systèmes d'élevage comme de cultures. Elle pourra prendre comme aujourd'hui des formes multiples, depuis des unités à la ferme jusqu'aux installations collectives territoriales.

Les ressources utilisées pour la production de biogaz agricole représentent 5 millions de tonnes de matières sèches en 2050, réparties en 4 postes : déjections d'élevage (paille incluse), cultures intermédiaires, résidus de culture, et herbe de fauche (Tableau 14).

Millions de tonnes de matière sèche	2010	2050	Évolution
Déjections d'élevage produites	3300	1400	-58%
<i>Dont déjections d'élevage méthanisées</i>		1300	
Cultures intermédiaires méthanisées		1280	
Résidus de culture produits	6500	5600	-14%
<i>Dont résidus de culture méthanisés</i>		1700	
Biogaz ex-prairie		600	
TOTAL BIOGAZ AGRICOLE		5 000	

Tableau 13. Évolution de la ressource en biogaz des Pays de la Loire, 2010-2050. Source : scénario Virage Énergie-Climat Pays de la Loire.

Le biogaz voit sa production multipliée par environ 40 et atteint 11.8 TWh en 2050. Il est d'origine agricole à plus de 90%.

23 <http://www.solagro.org/site/406.html>

La principale production de biogaz provient actuellement des déchets des ménages et des entreprises : biodéchets, dont effluents d'élevage, boues de station d'épuration, effluents industriels, déchets agro-alimentaires, etc. Le scénario VEC prévoit l'apparition d'un double phénomène : une part croissante de ces déchets sont méthanisés, mais la quantité de déchets diminue grâce à la réduction des pertes et des gaspillages.

De la même façon, la quantité de déjections d'élevage diminue, en lien avec la diminution des cheptels et l'augmentation du temps de pâture, mais le taux de mobilisation en méthanisation augmente.

Le gisement de déjections d'élevage méthanisables prend en compte le rédéploiement des élevages sur les prairies et ne correspond qu'aux effluents récupérables dans les bâtiments d'élevage après ce retour à l'herbe.

Le taux de mobilisation tient compte des ressources trop dispersées pour pouvoir alimenter une unité de méthanisation, mais il est élevé, de l'ordre de 90 %.

Nous prévoyons de mobiliser un quart des résidus de culture pour alimenter des unités de méthanisation. La diminution des cheptels conduit à réduire les quantités de paille utilisées en litière animale. Le taux de mobilisation de la paille augmente par rapport à aujourd'hui : la méthanisation conserve l'intégralité du potentiel humique de la paille et de sa valeur fertilisante (éléments minéraux). Elle transforme moins de la moitié du carbone total en biogaz, qui est autant d'énergie non disponible pour la vie du sol. Il faut donc limiter les prélèvements, d'autant que la paille joue un effet structurant pour le sol. Un taux de prélèvement de 25% des pailles, dont 60% du contenu en carbone total est restitué aux sols, est compatible avec les objectifs de conservation des sols. La généralisation des pratiques de couverts permanents et de travail superficiel du sol contribue à maintenir des sols riches en matière organique.

Comme évoqué précédemment, nous proposons de faire évoluer les systèmes d'élevage bovin vers de nouvelles productions basées sur l'herbe. L'équivalent de 230 000 hectares de prairies de fauche est utilisé pour alimenter des méthaniseurs, représentant un potentiel de 1.8 TWh.

Les cultures intermédiaires sont collectées et méthanisées, toujours dans une double vocation de production d'énergie et d'engrais vert. Les cultures intermédiaires sont récoltées en vert, elles présentent une valeur fourragère, mais n'atteignent jamais la maturité. Elles peuvent être utilisées comme aliment pour le bétail. Dans notre scénario, elles sont destinées en grande partie à la production d'énergie. Leur potentiel de récolte est estimé à près de 1 280 milliers de tonnes de matières sèches. Il tient compte des contraintes inhérentes à ces productions : toute la production n'est en effet pas récoltable du fait de faibles rendements, soit en raison de la nature des sols, soit en raison des aléas climatiques qui peuvent modifier fortement les récoltes d'une année sur l'autre. Le potentiel de ces cultures intermédiaires est estimé à 3.2 TWh.

5.5.1.2. Cultures énergétiques dédiées

Outre les 230 000 hectares de prairies récoltées pour la méthanisation, notre scénario intègre comme dans Afterres2050 une production de biocarburant sur des surfaces de terres arables dédiées à cet usage.

La production de biocarburants commence sur des terres arables libérées en 2035, (Figure 15), lorsque la triple transition – nutritionnelle, agricole et énergétique – sera suffisamment engagée pour rendre à nouveau légitime l'utilisation de terres arables pour des productions non alimentaires.

En 2050, les surfaces destinées à ces usages représenteraient environ 25 000 hectares. Les agrocarburants qui seraient produits en 2050 seront certainement différents de ceux d'aujourd'hui.

Il est probable que certaines filières dites de seconde génération soient disponibles à cette date, intégrées à des solutions de type « bioraffinerie » de transformation de matières végétales en différents produits biosourcés, et générant des coproduits utilisables comme combustibles ou carburants.

Les agrocarburants produits à partir de 2035 serviront à alimenter en énergie les usages nécessitant un carburant à haute densité énergétique : le machinisme agricole et forestier et l'aviation.

5.5.2. Production de bois

Le Tableau 12 présente l'évolution de la production de bois de la forêt des Pays de la Loire de 2010-2050, d'après le scénario Virage Énergie-Climat Pays de la Loire.

Millions de m3 ou équivalent	2010	2050	Évolution
PRODUCTION PRIMAIRE	1.42	3.25	129%
Bois d'œuvre issu de la forêt	0.55	0.82	48%
Bois d'industrie issu de la forêt	0.13	0.21	59%
Bois énergie issu de la forêt	0.74	1.92	160%
Bois énergie issu des arbres hors forêt		0.30	
PRODUCTIONS DERIVEES		0.19	
Connexes de scieries utilisés en industrie		0.06	48%
Connexes de scieries utilisés en énergie		0.06	48%
Déchets issus du bois		0.07	
TOTAL	1.42	3.44	142%

Tableau 14. Évolution de la production de bois de la forêt des Pays de la Loire, 2010-2050. Sources 2010 : Agreste et Atlanbois (2012), source 2050 : scénario Virage Énergie-Climat Pays de la Loire.

On distingue les ressources en bois « primaires », et les ressources « dérivées » issues des sciages, des industries de transformation (menuiserie, usines de pâtes à papier), et de la consommation (bois de rebut, démolition, déchets ménagers et déchets des entreprises, incluant papiers et cartons). Le tableau est basé sur la production régionale primaire. Les productions dérivées en 2050 ont été évaluées à partir des potentiels donnés dans l'étude Atlanbois (2012) et restent très prospectifs.

La demande en bois d'œuvre sera importante dans notre scénario, car la construction bois prend une part significative, dans le neuf comme en rénovation. La France importe des bois tropicaux, ce qui participe à la déforestation mondiale, alors que sa filière bois est en difficulté, comme en témoigne le déclin du sciage ainsi que la fermeture de papeteries pour ce qui concerne le bois d'industrie. Pourtant, il est envisageable d'augmenter significativement la production de bois d'œuvre, y compris et surtout en feuillus.

Cette production de bois d'œuvre nécessite des opérations sylvicoles et s'accompagne d'une production de petits bois. C'est ce « bois lié » qui constitue aujourd'hui l'essentiel de la production de bois énergie (hormis les taillis exploités traditionnellement en bois de chauffage). Le bois d'œuvre permet de stocker durablement du carbone, cette filière ne s'oppose pas à celle du bois énergie, qui en est au contraire complémentaire. Seule la moitié du potentiel est disponible dans les conditions économiques actuelles. Mais un doublement du prix du bois « bord de route » rendrait exploitable la quasi totalité de la ressource²⁴. Comme dans *Afterres2050*, nous faisons l'hypothèse que d'ici 2050, l'augmentation du prix de l'énergie rendra cette ressource plus compétitive, et la disponibilité sera assurée grâce à l'amélioration des conditions de mobilisation (gestion de la forêt privée morcelée, logistique, structuration de la filière).

Le « bois hors forêt » englobe tous les produits issus des arbres hors forêts (haies, arbres urbains, etc.) et tous les produits issus du bois matériau. Les « connexes de scierie » (dosses, délignures, écorces) sont aujourd'hui utilisés pour produire de la pâte à papier, une partie est valorisée en énergie. Leur volume est en augmentation du fait de l'augmentation des sciages. Les « déchets issus du bois » englobent à la fois des bois de rebut (broyats de palette, emballages), des bois issus de la déconstruction des bâtiments, ainsi que des déchets issus des produits dérivés du bois : papiers cartons non recyclables, liqueurs noires de papeteries, boues de papeteries, etc. L'ensemble de ces matières dérive de l'utilisation de bois d'œuvre et de bois d'industrie, matériaux destinés à devenir des déchets après usage, à plus ou moins long terme – sauf pertes via incendies et termites.

La consommation de bois d'œuvre et de bois d'industrie est en augmentation du fait d'une relocalisation d'une partie de la production de pâte à papier, et de nouveaux usages des fibres de bois en substitution aux matières de synthèse.

Ces différentes matières sont aujourd'hui en partie valorisées en énergie sous diverses formes : chaufferies bois alimentées en bois de rebut, chaudières à liqueurs noires, incinérateurs de déchets, etc. Nous avons estimé que ce potentiel allait augmenter parallèlement à l'augmentation des usages bois matériaux en 2050.

²⁴ Une hausse de 30 €/m³ de bois (soit un quasi doublement par rapport au prix moyen actuel) correspond à une augmentation de 20 € du baril de pétrole brut.

Les haies, l'agroforesterie, les infrastructures agro-écologiques, les arbres urbains, les espaces verts, parcs et jardins, les vignes et vergers, c'est-à-dire d'une manière générale tous les arbres « hors forêt », sont également, comme dans Afterres2050, fortement développés dans notre scénario.

5.6. Évolution des indicateurs environnementaux de l'agriculture et de la forêt des Pays de la Loire de 2010 à 2050

5.6.1. Évolution du bilan azoté des Pays de la Loire

Le bilan d'azote reste proche du bilan actuel (Tableau 15, Figure 16, Figure 17).

Bilan azote « sols agricoles »	2010		2050		Évolution	
	Entrées	Sorties	Entrées	Sorties	Entrées	Sorties
Engrais minéraux	160		100		-38%	
Fixation symbiotique	60		140		133%	
Redéposition atmosphérique	60		30		-50%	
Exportations par les fourrages		190		150		-21%
Exportations par les cultures		160		230		44%
Retour via la pâture	50		20		-60%	
Retour via les effluents d'élevage	90		50		-44%	
Retour via les résidus de culture	50		30		-40%	
Retour via les digestats de prairie et cultures intercalaires	0		80			
Pertes par volatilisation et lessivage		130		80		-38%
TOTAL	470	480	450	460	-4%	-4%

Tableau 15. Évolution de bilan azoté des Pays de la Loire, 2010-2050. Source : scénario Virage Énergie-Climat Pays de la Loire.

La quantité totale des « apports au sol » est en 2050 assez proche des apports actuels, mais la structure du bilan est très différente.

La valeur protéique des productions végétales, représentée par les exportations vers les fourrages et les cultures, est supérieure, tandis que les pertes sont inférieures, ce qui indique une meilleure efficacité du système.

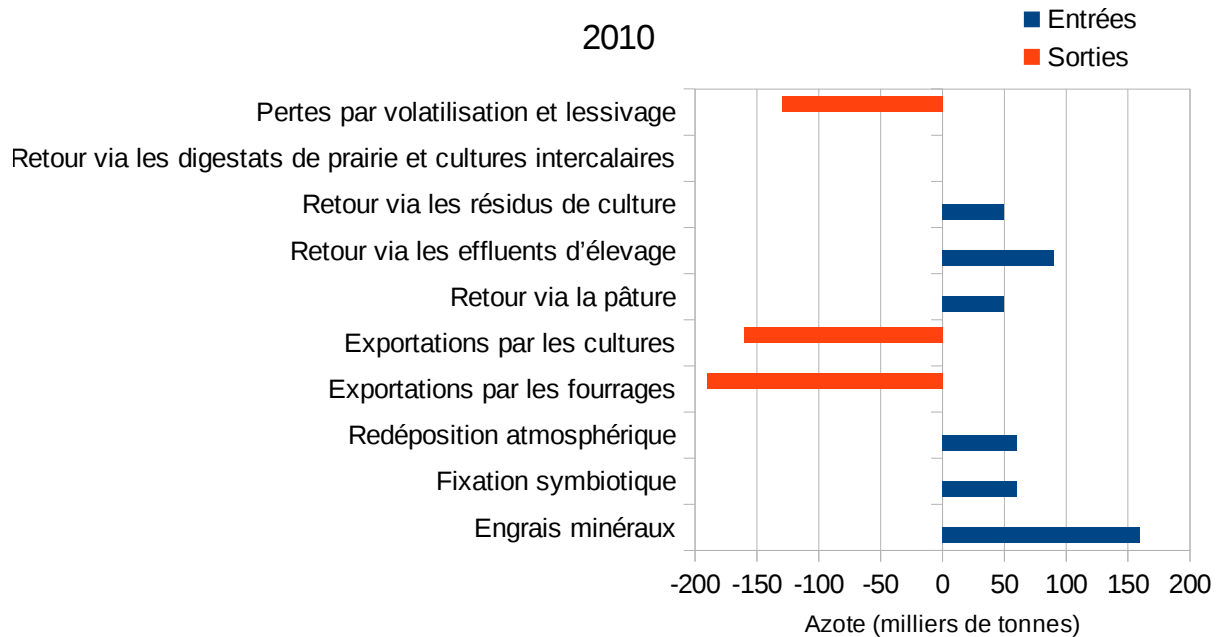


Figure 16. Bilan azoté des Pays de la Loire en 2010. Source : scénario Virage Énergie-Climat Pays de la Loire.

La diminution des retours via la pâture et les effluents d'élevage, liée à la diminution du cheptel, est compensée par les engrais verts apportés par les digestats de méthanisation issus des prairies et cultures intercalaires.

Le retour du digestat maintient la fonction de transfert de fertilité depuis les prairies riches en légumineuses vers les terres arables, en complément de la fumure organique apportée par les élevages. Il faut souligner ici que les animaux ne « produisent » pas de l'azote, la production primaire d'azote est uniquement due aux légumineuses et aux engrais azotés. On renoue ainsi avec la vocation de production de force motrice autrefois dévolue aux prairies – plus qu'aux terres arables - avec les chevaux et les bœufs, tout en conservant les fonctions agro-écologiques des prairies, et sans pour autant en revenir à la traction animale.

Les pertes par volatilisation et par lessivage diminuent de 40%, tout comme la consommation d'engrais minéraux, grâce à la diminution des pertes et à l'augmentation des légumineuses (+ 117%). Qui plus est, ces engrais sont produits à partir de biométhane, bouclant ainsi la boucle...

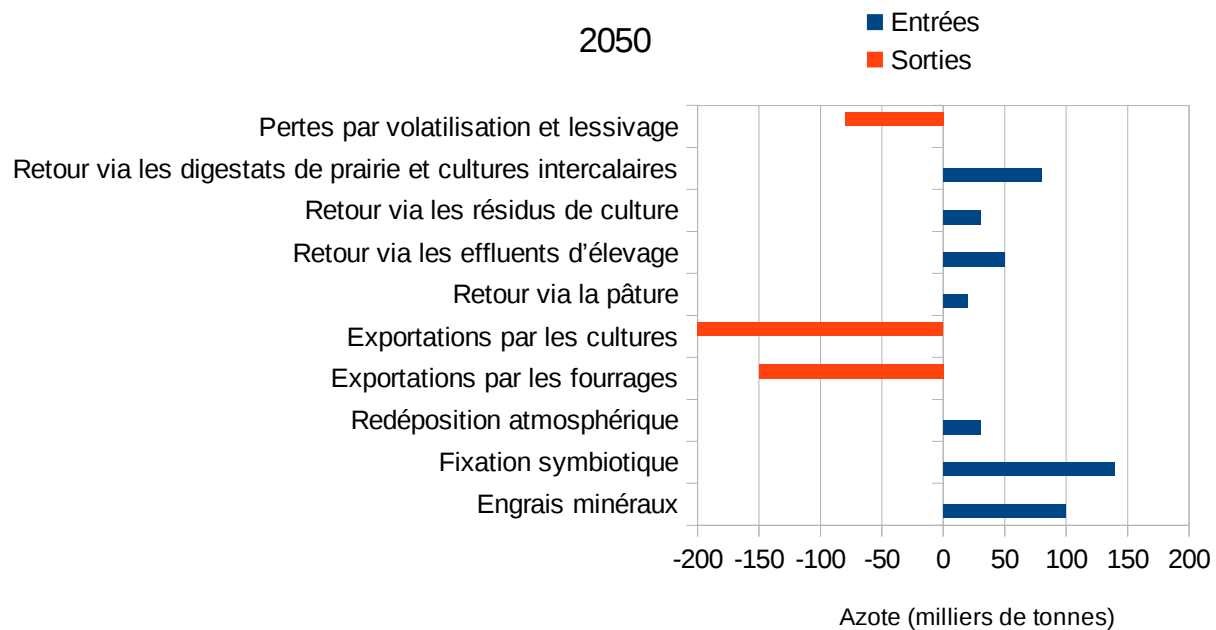


Figure 17. Bilan azoté des Pays de la Loire en 2050. Source : scénario Virage Énergie-Climat Pays de la Loire.

5.6.2. Évolution des consommations d'énergie de l'agriculture des Pays de la Loire

La consommation d'énergie est réduite de 38% (Tableau 16, Figure 18).

Consommation d'énergie dans l'agriculture, TWh	2010	2050	Evolution
Energie directe	5.4	3.1	-43%
Carburants	2.3	1.5	-35%
Electricité	1.8	0.8	-56%
Combustibles	1.2	0.58	-52%
Energie indirecte	4.5	2.9	-36%
Azote	3	1.6	-47%
autres intrants	0.8	0.6	-25%
Matériel	0.8	0.7	-13%
Total	9.9	6.1	-38%

Tableau 16. Evolution des consommations d'énergie directe et indirecte des Pays de la Loire. Source : scénario Virage Énergie-Climat Pays de la Loire.

5.7.

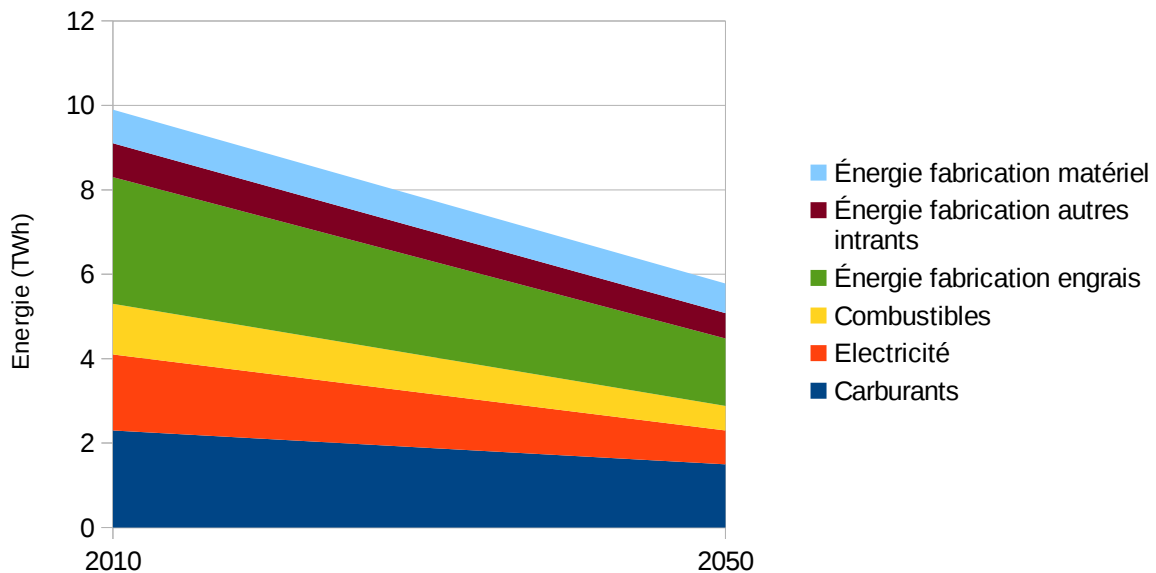


Figure 18. Evolution des consommations d'énergie directe et indirecte des Pays de la Loire. Source : scénario Virage Énergie-Climat Pays de la Loire.

Les principales économies d'énergie sont réalisées sur l'électricité et la fabrication des engrais, utilisés en moins grande quantité. Des économies importantes sont réalisées sur les combustibles en supprimant notamment progressivement la culture de légumes hors saison sous serres chauffées, très énergivore.

5.7.1. Les émissions de gaz à effet de serre agricoles des Pays de la Loire de 2010 à 2050

Le scénario Virage Énergie Climat Pays de la Loire permet de diviser les émissions de gaz à effet de serre de l'agriculture par plus de 2 (-54 %, Figure 19, Figure 20, Tableau 17).

Emissions de gaz à effet de serre agricoles des Pays de la Loire en 2010

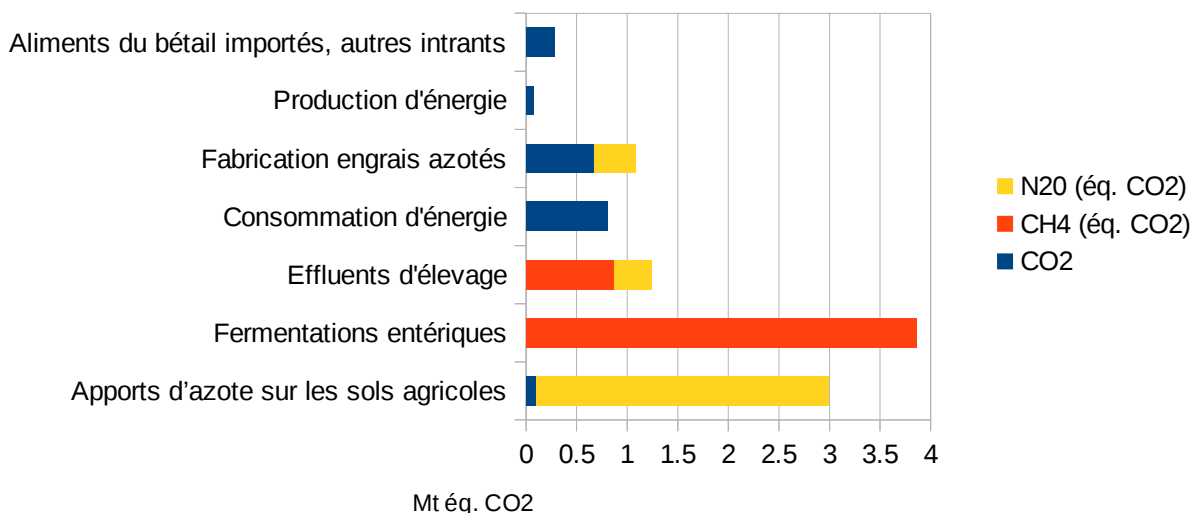


Figure 19. Émissions de gaz à effet de serre agricoles des Pays de la Loire en 2010

5.7.1.1. _

Les principaux facteurs de diminution sont liées à la diminution du cheptel bovin et à la meilleure maîtrise de la fertilisation azotée, qui joue à la fois sur les émissions de N2O et les consommations de gaz fossile. Des progrès techniques interviennent en outre sur la fabrication des engrais, ce qui permet de diminuer la consommation d'énergie (-20%) et d'émettre moins de N2O.

Emissions de gaz à effet de serre agricoles des Pays de la Loire en 2050

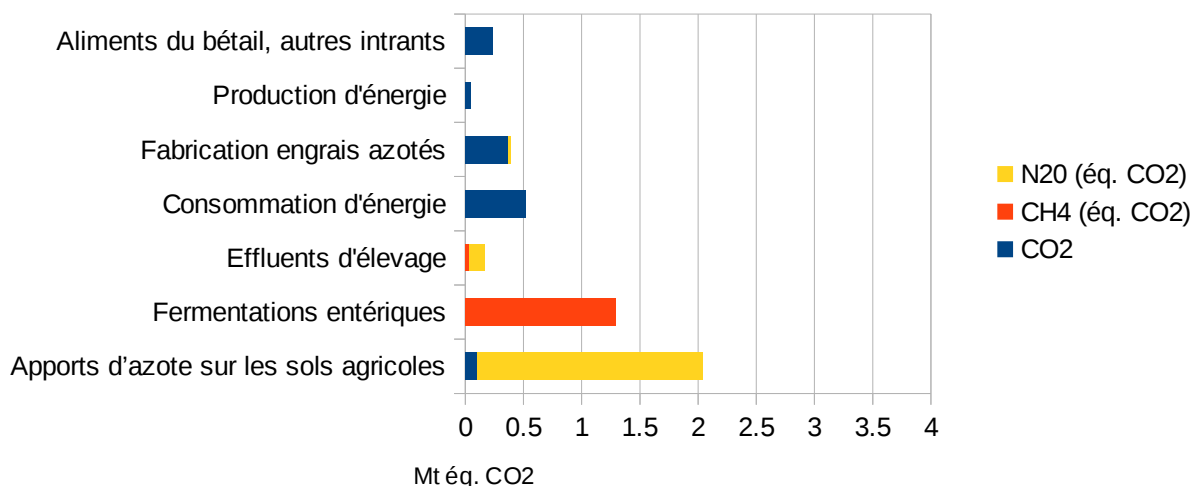


Figure 20. Émissions de gaz à effet de serre agricoles des Pays de la Loire en 2050.

M t éq. CO2	2010				2050				Evolution total
	CO ₂	CH ₄ (éq. CO ₂)	N ₂ O (éq. CO ₂)	Total	CO ₂	CH ₄ (éq. CO ₂)	N ₂ O (éq. CO ₂)	Total	
Émissions directes	0.92	4.73	3.26	8.91	0.62	1.32	2.07	4.01	-55%
Apports d'azote sur les sols agricoles, lessivage et volatilisation NH ₃ , chaux	0.1	0	2.89	3	0.1	0	1.94	2.04	-32%
Fermentations entériques	0	3.86	0	3.86	0	1.29	0	1.29	-67%
Effluents d'élevage	0	0.87	0.37	1.24	0	0.04	0.13	0.17	-86%
Consommation d'énergie	0.81	0	0	0.81	0.52	0	0	0.52	-36%
Émissions indirectes	1.13	0	0.41	1.54	0.75	0	0.02	0.77	-50%
Fabrication engrais azotés	0.67	0	0.41	1.08	0.37	0	0.02	0.39	-64%
Production d'énergie	0.08	0	0	0.08	0.05	0	0	0.05	-38%
Aliments du bétail importés, autres intrants	0.28	0	0	0.28	0.24	0	0	0.24	-14%
TOTAL	2.05	4.73	3.67	10.45	1.36	1.32	2.09	4.78	-54%

Tableau 17. Évolution des émissions de gaz à effet de serre agricoles des Pays de la Loire, 2010-2050.

Cette division des gaz à effet de serre s'accompagne d'une augmentation de l'effet « puits de carbone », qui reste toutefois difficile à estimer : la surface de forêt augmente, celle des prairies se stabilise, le rythme de l'artificialisation ralentit sans pour autant s'arrêter. La quantité de carbone par unité de surface dans les sols augmente pour les terres arables, grâce aux techniques de travail simplifiées du sol et à la systématisation des couverts végétaux. La quantité de biomasse aérienne en forêt augmente puisque la totalité de la production biologique annuelle n'est pas prélevée, mais moins que dans un scénario avec un plus faible prélèvement.

La diminution des émissions de gaz à effet de serre de l'agriculture des Pays de la Loire atteint 60 % si l'on considère que les consommations d'énergie directes de l'agriculture et de la forêt sont satisfaites avec des énergies renouvelables ne dégageant pas de carbone fossile dans l'atmosphère. La réduction peut atteindre 67 % si les intrants sont également produits avec de l'énergie renouvelable.

L'objectif d'une division par 4 des émissions de gaz à effet de serre en agriculture semble difficile à atteindre dans les Pays de la Loire, sauf à générer des ruptures sociétales que nous considérons comme trop brutales, comme la suppression de la quasi totalité du cheptel bovin, ou le boisement du tiers de la surface agricole de manière à stocker du carbone.

5.7.2. Des agrosystèmes plus résistants au changement climatique

Au delà du respect du principe fondamental de l'agronomie qui consiste à choisir des assolements cohérents et des cultures avec les disponibilités climatiques (somme des températures et précipitations), Afterres2050, dans ses choix et options, joue sur la résilience globale en augmentant ou en restaurant la capacité des agrosystèmes à « encaisser » des écarts climatiques importants sur une courte période (sécheresses, orages).

Cette plus grande résilience découle principalement de :

- l'allongement de rotations et la diversification des assolements : synonyme de diversité variétale dans le temps et dans l'espace, cette stratégie « qui revient à ne pas mettre tous ses œufs dans le même panier », sécurise les revenus des agriculteurs
- l'adoption de nouvelles conduites de cultures qui tiennent compte des disponibilités climatiques (par d'autres méthodes de travail – voire de non travail du sol par exemple),
- une couverture « permanente » des sols, en partie garante d'un maintien d'un haut niveau de matière organique, d'une meilleure gestion des réserves en eau, et d'une maîtrise des phénomènes d'érosion, etc.

Pour la forêt, les contraintes d'adaptation sont beaucoup plus fortes, les arbres n'étant pas des plantes annuelles, mais des productions de long terme.

Quant aux forestiers, ils s'approprient à suivre les recommandations du plan national d'adaptation au changement climatique qui préconise de remettre de la diversité dans les peuplements, de favoriser les espèces les plus résistantes, et de modifier ses interventions (éclaircies, espacement des arbres) afin de valoriser au mieux des ressources en eau qui pourraient devenir un facteur limitant.

L'introduction d'essences plus méridionales est également proposée.

6. Discussion et conclusions

Le scénario Afterres2050 sur lequel se base le volet agriculture et forêt du Scénario Virage Énergie-Climat Pays de la Loire est un scénario qui permet de répondre de façon réaliste aux contraintes nouvelles qui s'exercent de plus en plus fortement sur l'agriculture : contraintes réglementaires environnementales qui vont s'imposer à notre pays à moyen et long termes (Directive Cadre sur l'Eau, loi de programme n° 2005-781 du 13 juillet 2005 fixant les orientations de la politique énergétique...), mais aussi contraintes économiques, liées à la coûteuse dépendance de l'agriculture aux énergies fossiles, dont les prix vont fortement augmenter dans les années à venir²⁵.

D'autres scénarios ont été proposés par l'Ademe à partir de la même base de modélisation qu'Afterres²⁶. Le scénario Gamma permet ainsi une division par 3.2 des émissions de GES agricoles, mais exige des changements beaucoup plus extrêmes que ceux préconisés par Afterres : élevage intensif, réduction forte de la consommation de viande, arrêt des exportations agricoles et reboisement des terres agricoles. Ces hypothèses ne nous semblent pas applicables, contrairement à celles d'Afterres, plus équilibrées.

Le volet agriculture et forêt du scénario de Virage Énergie-Climat basé sur Afterres n'est donc pas un scénario de rupture, mais un scénario pragmatique au regard des enjeux à venir et de l'inertie des secteurs de production primaire. Il prend en considération les très lourds investissements nécessités par les productions agricoles et sylvicoles, ainsi que la complexité des systèmes biologiques en jeu, qui imposent de considérer ces secteurs d'une façon différenciée, notamment du fait de l'importance dans ce secteur d'émissions importantes de GES non liés à l'énergie, mais à la production agricole elle-même. Le scénario Virage Énergie-Climat propose une transformation profonde des systèmes agricoles et sylvicoles régionaux, qui permet une réduction de 54 à 67 % des émissions de GES agricoles des Pays de la Loire en 2050, sans atteindre la réduction d'un facteur 4 des émissions de GES inscrite dans la loi sur l'énergie de 2005. Nous verrons cependant dans le chapitre synthèse que la diminution relativement moins importante des émissions de GES de l'agriculture et de la forêt des Pays de la Loire est globalement compensée, à l'échelle de la région, par les diminutions d'émissions des autres secteurs, dont les émissions de GES sont essentiellement liées à l'utilisation d'énergies fossiles.

La transition agricole et sylvicole prônée par le scénario Virage Énergie-Climat vise de plus à éviter les regrets futurs, en offrant des bénéfices multiples : autonomie alimentaire et amélioration de la santé, préservation de l'emploi agricole, diminution de la pollution des eaux, restauration de la biodiversité, résistances accrue aux chocs climatiques et énergétiques et fourniture d'énergie et de biomatériaux.

25 <http://www2.ademe.fr/servlet/getDoc?cid=96&m=3&id=85625&p1=30&ref=12441>

26 <http://www.ademe-et-vous.ademe.fr/sites/default/files/strategie-etudes/36/ademetudestrat36bat.pdf>

Les Pays de la Loire restent importateurs nets de tourteaux pour l'alimentation des élevages de porcs et de bovins en 2050 dans le cadre de notre scénario, du fait de la forte concentration actuelle de ce type d'élevages dans la région. Nous supposons en effet que d'autres régions françaises, notamment dans le quart Sud Ouest, pourraient produire suffisamment d'oléo-protéagineux (colza, tournesol, soja) pour remplacer le soja actuellement importé d'amérique du Sud. La délocalisation d'une partie des élevages de porcs et volailles des Pays de la Loire dans des régions déficitaires en protéines animales pourrait cependant permettre d'assurer l'autonomie alimentaire du cheptel de la région. Cette hypothèse dépasse le cadre de notre scénario strictement régional. Elle pourrait cependant être envisagée à l'avenir, si d'autres régions se lancent dans la transposition d'Afterres sur leurs territoires. La généralisation de démarches Afterres régionales, déjà entamées en 2012 dans 5 régions, permettrait ainsi d'envisager une diversification et un rééquilibrage des productions agricoles françaises, gage de stabilité des approvisionnements dans un environnement changeant.

Nous n'avons pas chiffré les retombées du volet agricole de notre scénario en termes économiques et d'emploi agricole, faute de temps, de moyens et de compétences. Nous pouvons cependant supposer, sur la base d'expériences concrètes menées notamment par les Centres d'Initiatives pour Valoriser l'Agriculture et le Milieu rural (CIVAM)²⁷, que le passage à des modes de production moins dépendants d'intrants toujours plus coûteux, devrait permettre de dégager une rentabilité nouvelle dans les exploitations agricoles. La moindre dépendance aux intrants et la diversification des activités agricoles²⁸ préconisées par notre scénario devrait de plus permettre d'inverser la tendance actuelle à la destruction des emplois agricoles, en créant de nouveaux métiers et de nouveaux emplois agricoles.

L'application du volet agricole du scénario Virage Énergie-Climat Pays de la Loire nécessite d'engager dès maintenant et sans regret la triple transition : alimentaire, agricole et énergétique, qui seule pourrait garantir l'avènement de sociétés humaines réellement durables, car fondées sur des apports de biomasse agricole et forestière renouvelables.

27 <http://wordpress.civam.org/wp-content/uploads/Produire%20Econome%20et%20autonome.pdf>

28 <http://wordpress.civam.org/wp-content/uploads/Recueil%20experiences%20activites%20agricoles.ONVAR.nov2011.pdf>

7. Références

AGRESTE (2009) – La consommation d'énergie directe des exploitations agricoles - Un enjeu énergétique bien compris, *Primeur*. Consultable à <http://www.agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/primeur224.pdf> [Accédé le 21 octobre 2010].

AGRESTE PAYS DE LA LOIRE (2011) –*TERUTI-LUCAS 2006-2010*, Agreste Pays de la Loire, 2011 Consultable à http://agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf_R5211A12.pdf.

ATLANBOIS (2012) –*Note sur le bois énergie en chaufferie automatique en région Pays de la Loire*, 2012 Consultable à <http://www.atlanbois.com/telecharger/165>.

CHAMBRES D'AGRICULTURE PAYS DE LA LOIRE (2011) –*Agriculture des Pays de la Loire*, Chambres d'agriculture Pays de la Loire, 2011 Consultable à <http://www.agrilianet.com/publications/detail-publication/actualite//synthese-sur-lagriculture-des-pays-de-la-loire-en-2010.html>.

CHEM TRUST (2012) –*A review of the science linking chemical exposures to the human risk of obesity and diabetes*, CHEM Trust, 2012 Consultable à http://www.chemtrust.org.uk/Obesity_and_Diabetes_publications.php [Accédé le 10 mars 2013].

CITEPA (2012) –*Inventaire des émissions de polluants atmosphériques en France - séries sectorielles et analyses étendues.*, (SECTEN, 2012 Consultable à <http://www.citepa.org/publications/Sec-ten-juin2009.pdf> [Accédé le 24 février 2010].

CITEPA (2011) – Organisation et méthodes des inventaires nationaux atmosphériques en France - OMINEA, 8ème édition, Consultable à <http://www.citepa.org/publications/Inventaires.htm#inv6>.

DIRECTION RÉGIONALE DE L'AGRICULTURE ET DE LA FORÊT PAYS DE LA LOIRE (2000) –*Les Orientations Régionales Forestières Pays de la Loire*, 2000 Consultable à <http://www.draaf.pays-de-la-loire.agriculture.gouv.fr/La-foret-des-Pays-de-la-Loire>.

FAO (2011) –*Global food losses and food waste*, 2011 Consultable à http://www.fao.org/ag/ags/ags-division/publications/publication/en/?dyna_fef%5Buid%5D=74045 [Accédé le 23 février 2013].

GIEC (2006) – Volume 4. Agriculture, foresterie et autres affectations des terres, in H. S. Eggleston et al. dir., *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux des gaz à effet de serre, préparé par le Programme pour les inventaires nationaux des gaz à effet de serre*, Consultable à <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/french/vol4.html>.

INRA (2010) – Changement climatique, Consultable à http://www.inra.fr/la_sciences_et_vous/dossiers_scientifiques/changement_climatique [Accédé le 2 avril 2012].

INRA (2008) –*Projections des émissions/absorptions de gaz à effet de serre dans les secteurs forêt et agriculture aux horizons 2010 et 2020*, INRA, 2008 Consultable à http://www.inra.fr/content/download/19058/295197/version/1/file/GES_rapport-final.pdf.

- INSEE PAYS DE LA LOIRE (2008) –*La filière bois en Pays de la Loire*, 2008 Consultable à http://www.insee.fr/fr/themes/document.asp?reg_id=3&ref_id=12739 [Accédé le 23 février 2013].
- NAIZOT F., GRÉGOIRE P. (2006) –*Les ménages acteurs des émissions de gaz à effet de serre*, 2006 Consultable à <http://www2.ademe.fr/servlet/getBin?name=EED90810-CEBB862F47CD7F37BFE22D0B1168614931540.pdf>.
- OMS (2003) –*Régime alimentaire, nutrition et prévention des maladies chroniques*, Organisation Mondiale de la Santé, 2003 Consultable à <http://www.who.int/dietphysicalactivity/publications/trs916/summary/fr/> [Accédé le 10 mars 2013].
- R DEVELOPMENT CORE TEAM (2011) –*R: A language and environment for statistical computing.*, Vienna, Austria, R Foundation for Statistical Computing, 2011 Consultable à <http://www.R-project.org/>.
- SMITH P. et al. (2007) – Agriculture, in B. Metz et al. dir., *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA., Cambridge University Press,.
- SOUCCAR T. (2008) –*Lait, Mensonges et Propagande*, Thierry Souccar Editions, 2008 Consultable à http://www.thierrysouccar.com/les_livres/nutrition/lait_mensonges_et_propagande_epuise [Accédé le 10 mars 2013].