

Études & documents

Analyse du système agro- alimentaire de la région Nord-Pas-de-Calais et de ses enjeux sur l'eau

n° 125

Juin

2015

ÉCONOMIE ET ÉVALUATION



Collection « Études et documents » du Service de l'Économie, de l'Évaluation et de l'Intégration du Développement Durable (SEEIDD) du Commissariat Général au Développement Durable (CGDD)

Titre du document : Analyse du système agro-alimentaire de la région Nord-Pas-de-Calais et ses enjeux sur l'eau
Directeur de la publication : Xavier **Bonnet**
Coordination éditoriale CGDD : Martin **Bortzmeyer***, Florence **Scarsi**, Julien **Fosse**
Auteur(s) : Mohamed **Benhalima**, stagiaire en Master 2 au MEDDE/CGDD, sous la direction de Gilles **Billen**, directeur de recherche du CNRS à l'UMR Metis (UPMC/CNRS)
Date de publication : Juin 2015

* Chef du bureau de l'agriculture au moment de la réalisation de l'étude



Conseil Régional
151, avenue du Président Hoover
59800 Lille



UMR Metis
4, place Jussieu,
75005 Paris

Remerciements

*Je souhaite tout d'abord remercier le Bureau de l'Agriculture du Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie et l'UMR Metis du CNRS pour leur accueil si chaleureux qui m'a permis de vivre une expérience des plus enrichissantes à tous les points de vue. Je remercie tout particulièrement mes maîtres de stage, Gilles **Billen**, directeur de recherche à l'UMR Metis (UPMC/CNRS), ainsi que Florence **Scarsi**, chargée de mission au Bureau de l'Agriculture du CGDD, pour leur soutien et leur confiance, ainsi que Martin **Bortzmeyer**, Chef du Bureau de l'Agriculture, pour m'avoir confié certaines responsabilités tout en restant disponible et à l'écoute et pour répondre à mes interrogations.*

*Merci également pour son accompagnement et son soutien au Comité de Pilotage qui comprenait outre le CGDD et l'UMR/Métis, pour le Conseil Régional du Nord-Pas-de-Calais : Juliette **Faure** et Valentin David **Legleye** ; pour la Direction Régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt : Grégory **Boinel** ; pour l'Agence de l'Eau Artois-Picardie : Sébastien **Labrune** ; pour l'ADEME : Christophe **Bogaert** ; pour la DREAL : Caroline **Calvez Maes**.*

*Merci à Mahmoud **Jlassi** du Service de l'Observation et des Statistiques du CGDD (SOeS) pour m'avoir permis de mieux cerner l'enquête de TRM, et à Laila **Bentoudja**, chef de la Division des Systèmes d'Information sur le Transport pour son aide. Merci à la Direction des Pêches Maritimes du MEDDE pour la disposition des données de pêches et d'aquaculture.*

*Merci aussi à Gabriel **Guitard** du pôle informatique de l'UMR Métis pour son aide pour la spatialisation des espaces agricoles de la région ainsi que pour la modélisation SENEQUE/RiverStrahler.*

Je tiens à remercier FranceAgriMer, le CNIPT, le CNIL, le SRISE du Nord-Pas-de-Calais et toutes les autres organisations pour leur aide précieuse apportée à ce mémoire.

*Enfin je tiens à remercier Pierre **Ribstein**, professeur à l'UPMC et responsable du Master HH, pour son soutien et son encadrement durant ce Master.*

Sommaire

| | |
|--|-----------|
| Résumé | 3 |
| Introduction | 5 |
| 1. Présentation de la région Nord-Pas-de-Calais et de son système hydro-agro-alimentaire | 5 |
| 1.1. L'importance de l'agriculture dans le Nord-Pas-de-Calais | 5 |
| 1.2. Le paysage hydrologique du Nord-Pas-de-Calais | 6 |
| 1.2.1. Géologie, lithologie et structures aquifères | 6 |
| 1.2.2. Les systèmes hydrographiques..... | 8 |
| 1.2.3. La contamination azotée des hydro-systèmes | 8 |
| 1.3. Les grands enjeux environnementaux du Nord-Pas-de-Calais | 10 |
| 1.3.1. L'étude Virage-Énergie | 10 |
| 1.3.2. L'exercice Clim'Agri | 10 |
| 2. Une description bio géochimique du système agroalimentaire | 11 |
| 2.1. Approche, méthodes et sources..... | 11 |
| 2.1.1. Le système d'information sur les transports de marchandises (Sitram) | 11 |
| 2.1.2. Enquêtes Prodcom..... | 12 |
| 2.1.3. Statistiques agricoles annuelles - Agreste | 12 |
| 2.1.4. Étude individuelle nationale de Consommation alimentaire (INCA2) | 12 |
| 2.1.5. Conversion des données en azote..... | 12 |
| 2.2. Les flux d'approvisionnement en Nord-Pas-de-Calais | 13 |
| 2.2.1. La filière céréalière..... | 13 |
| 2.2.2. La filière légumière | 16 |
| 2.2.3. Les pommes de terre | 18 |
| 2.2.4. La filière de la viande..... | 20 |
| 2.2.5. La filière des produits laitiers..... | 23 |
| 2.2.6. La filière de la pêche..... | 27 |
| 2.3. Une représentation synthétique du système agroalimentaire..... | 28 |
| 2.3.1. Schématisation des flux d'azote dans le système agroalimentaire du Nord-Pas-de-Calais..... | 28 |
| 2.3.2. Les connexions du système agroalimentaire avec l'hydro système..... | 29 |
| 3. Modélisation de la qualité de l'eau en réponse à l'organisation de la chaîne agroalimentaire | 30 |
| 3.1. La démarche et les outils mis en œuvre | 30 |
| 3.2. Établissement et calibration d'une simulation de référence | 30 |
| 3.2.1. Caractérisation des surplus agricoles et des concentrations de lessivage..... | 31 |
| 3.2.2. La concentration nitrique des aquifères | 32 |
| 3.2.3. La concentration nitrique des eaux de surface | 32 |
| 3.2.4. Les flux aux exutoires..... | 34 |

| | |
|---|-----------|
| 3.3. Définition et modélisation de 4 scénarios | 35 |
| 3.3.1. Modélisation des contraintes des différents scénarios..... | 35 |
| 3.3.2 Résultats de modélisation..... | 41 |
| Conclusion..... | 43 |
| Bibliographie | 45 |

Résumé

En vue de définir une politique publique de l'alimentation, le Conseil Régional du Nord-Pas-de-Calais s'est engagé en 2013 dans une démarche participative avec l'ensemble des acteurs concernés, visant à produire un diagnostic du système agroalimentaire de la région et d'ébaucher des pistes d'actions. Cette démarche s'est poursuivie par la mise en œuvre d'un débat public sur l'alimentation au cours de la première moitié de l'année 2014.

À l'appui de ces réflexions, le Bureau de l'Agriculture du Commissariat Général au Développement Durable du Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie, a souhaité réaliser une étude du système agroalimentaire de la région Nord-Pas-de-Calais et ses enjeux sur l'eau, qui fait l'objet de ce rapport. Elle a pour objectifs de décrire le système agroalimentaire actuel de la région Nord-Pas-de-Calais et d'envisager des scénarios d'évolution selon une approche de modélisation des flux d'azote. Elle permet ainsi de fournir à la Région des éléments de diagnostic quantitatifs et d'imaginer des futurs possibles en connectant l'enjeu alimentaire à l'enjeu de la qualité de l'eau.

La première partie de l'étude dresse un bilan quantitatif des flux de production, de transformation, de consommation et d'échanges commerciaux actuels pour les principales filières agroalimentaires de la région (céréales, légumes, produits animaux, produits de la mer). Le tableau qui en résulte est celui d'une région très ouverte sur l'extérieur, où le poids des grandes industries de transformation déconnecte largement la production agricole de la consommation humaine locale.

Dans une deuxième partie, le bilan d'azote des sols agricoles, résultant de l'analyse des différents flux agroalimentaires, permet de définir les pertes d'azote issues de l'agriculture à l'origine de la pollution nitrique diffuse qui pose de gros problèmes de qualité aux ressources d'eaux souterraines et de surface. L'application du modèle Sénèque/Riverstrahler permet de faire le lien entre le bilan d'azote des sols résultant de l'organisation de la chaîne agroalimentaire et la qualité des eaux dans les principaux bassins hydrographiques de la région. Le modèle est validé à partir des observations disponibles sur les 7 à 10 dernières années. Quatre scénarios prospectifs, relatifs à l'amélioration de l'épuration des rejets urbains et à l'évolution possible du système agroalimentaire, sont alors testés. Ils montrent que la poursuite des tendances lourdes de l'évolution de l'agriculture dans la région s'accompagnerait d'une aggravation considérable de la pollution nitrique et de l'eutrophisation côtière. Des mesures modérées suggérées aussi par des préoccupations relatives aux émissions de gaz à effet de serre, permettraient de stabiliser voire d'améliorer légèrement la situation. Un scénario de changement radical de l'agriculture permettrait une réduction d'un facteur 2 de la contamination nitrique des eaux souterraines, des eaux de surface et de la zone marine côtière.

Abstract

In view of defining a regional food policy, the Conseil Régional du Nord-Pas-de-Calais has initiated in 2013 a participatory process with all stakeholders, in order to establish a diagnostic of the regional agro-food system and to define possible actions. This process has been followed by a public debate on food and nutrition during the first half of 2014.

In support of this process, the Bureau de l'Agriculture du Commissariat Général au Développement Durable of the French Ministry of Ecology, Sustainable Development and Energy, wished to engage a study of the agro-food system of the Nord-Pas-de-Calais region and its water quality implications. This study, presented in this report, aims at describing the current organisation of the regional hydro-agro-food system and to assess some possible future scenarios according to an approach of nitrogen fluxes modelling. It will provide to the Regional Authorities quantitative diagnostic information and allow them to elaborate possible future scenarios connecting food and water quality issues.

A first part of the study establishes a quantitative budget of the current fluxes of production, transformation, consumption and trade exchanges of the major agri-food sectors of the region (cereals, vegetables, animal products, seafood). The resulting picture is that of a widely open region, where the importance of large food-processing industries largely disconnect agricultural production from local human consumption.

In a second part, the nitrogen budget of agricultural soils, obtained from the the analysis of agro-food fluxes, allows to quantify the nitrogen losses of agriculture responsible for diffuse nitrate pollution, causing quality problems to underground

and surface water resources. The application of the Seneque/Riverstrahler model allows to make the link between the soil N budget resulting from the organisation of the agri-food system and water quality in the main river networks of the region. The model is validated using the observations available for the last 7 to 10 years.

Four prospective scenarios, pertaining to the improvement of urban wastewater treatment and to possible evolution of the agro-food system, are then tested. They show that the continuation of past trends in regional agriculture would result in a severe worsening of nitrate pollution and of coastal eutrophication. Moderate changes, also suggested in the scope of concerns for reducing green house gas emissions, would allow stabilising or even slightly improving the situation. A scenario of radical change in the agricultural sector would result in reducing by half ground and surface water nitrate contamination and coastal eutrophication.

Introduction

« Préserver la biodiversité, valoriser le patrimoine naturel, lutter contre l'effet de serre, le Nord-Pas-de-Calais sait, depuis longtemps, que l'environnement est un combat d'avenir au service de ses habitants. Les actions sont concrètes : protection des ressources naturelles, promotion de l'énergie solaire, des éco-quartiers, réduction des déchets à la source, trame verte et bleue, plan climat, plan forêt, réserves naturelles, constructions HQE... ».

C'est en ces termes que le Conseil Régional du Nord-Pas-de-Calais exprime ses objectifs ambitieux en matière de politique de l'environnement. Tout récemment le Conseil Régional a mis en place un Débat Public sur l'Alimentation, une thématique qui se trouve au croisement d'importants enjeux économiques, sociaux, sanitaires et environnementaux. C'est dans ce cadre que le présent travail a été initié.

Historiquement, la région du Nord-Pas-de-Calais est une région d'agriculture très développée et diversifiée. Aujourd'hui encore, près de 72 % des terres sont agricoles. Cette région située au carrefour de l'Europe s'est affirmée dès le XIXe siècle comme un grand pôle industriel et a connu un développement urbain très rapide. Sa densité de population est aujourd'hui de 325 habitants/km², ce qui en fait la 4^e région la plus peuplée de France.

Démographie, industrialisation et agriculture intensive ont participé à la dégradation des ressources en eau pourtant abondantes. L'alimentation est au centre de nombreux enjeux de développement durable (foncier, aménagement du territoire, divers enjeux environnementaux, etc.), la qualité de l'eau en fait partie. Des travaux connectant l'enjeu alimentaire à l'enjeu de la qualité de l'eau constituent donc un apport intéressant pour la construction de la politique publique de l'alimentation de la région. L'objectif de notre étude est de jeter un éclairage objectif sur ces interactions.

Dans un premier temps nous présentons une image synthétique des principales filières agroalimentaires à l'échelle de la région, mettant en liaison la production brute, les flux d'approvisionnement et de transformation et la demande alimentaire locale. Une vision synthétique de l'ensemble du système est alors obtenue par le choix d'une unité commune, l'azote. Celle-ci permet d'évaluer la contamination de l'hydro système par les apports diffus et ponctuels liés à la chaîne agroalimentaire. Cette analyse sert à la mise en œuvre du modèle Sénèque permettant de traduire le lien entre le fonctionnement de la chaîne agroalimentaire et la qualité de l'eau du réseau hydrographique, ainsi que l'exportation en mer de nutriments eutrophisants. Divers scénarios prospectifs de réorganisation de la chaîne agroalimentaire, issus des travaux de prospective qui ont été conduits par divers organismes régionaux, sont alors testés quant à leurs conséquences sur la contamination nitrique de l'hydro système.

1. Présentation de la région Nord-Pas-de-Calais et de son système hydro-agro-alimentaire

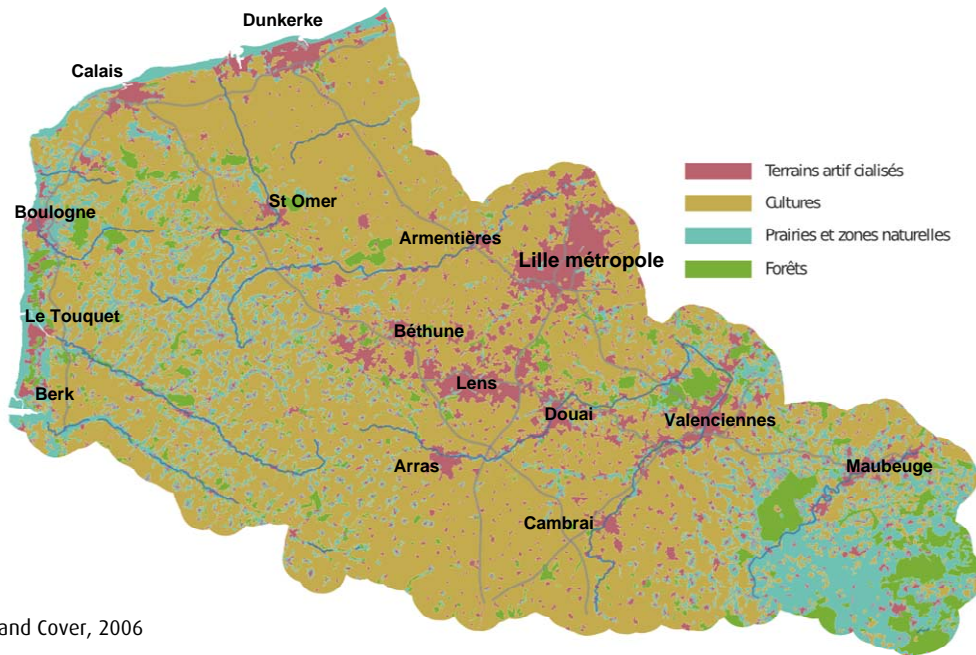
1.1. L'importance de l'agriculture dans le Nord-Pas-de-Calais

La région Nord-Pas-de-Calais se caractérise à la fois par une forte densité de population (325 hab/km²) et par une agriculture productive et très diversifiée, alimentant un grand nombre de filières agro-industrielles d'importance nationale. L'agriculture occupe 1,6 % de la population active, les industries agroalimentaires 14 % et les métiers marchands liés à l'alimentation 44 %.

Historiquement, le Nord-Pas-de-Calais a toujours été une grande région d'agriculture, surtout du fait de conditions paléoclimatiques qui sont à l'origine de sols d'excellente qualité agronomique (sols meubles, épais et à bonne réserve hydrique) grâce à une couverture limoneuse, d'origine éolienne, homogène et parfois épaisse (>10 m). Ces conditions propices à l'agriculture ont permis le développement de plus de 20 filières agricoles dont les plus importantes sont le blé tendre, les pommes de terre et les légumes pour les productions végétales, et l'élevage bovin et porcin pour les productions animales. Il s'agit également d'une zone aux filières agricoles diversifiées qui occupe une place particulière au sein de l'Europe du Nord-Ouest. En effet, elle se situe dans un bassin transfrontalier au contact des grandes cultures du bassin parisien et des zones d'agriculture intensive de la Belgique et des Pays-Bas.

Les données de la base Corine Land Cover offrent une spatialisation précise de l'usage du sol sur l'ensemble de la région (figure 1). Les terres arables dominent largement. Les surfaces urbanisées sont plus importantes dans le Nord, autour de l'agglomération de Lille-Roubaix et le long de l'ancien bassin minier de Béthune à Valenciennes. Les prairies permanentes sont présentes partout, mais avec une plus forte densité dans les parties Est (Avesnois) et Ouest (Boulonnais et Plateaux Artésiens).

Figure 1. Usage du sol en région Nord-Pas-de-Calais



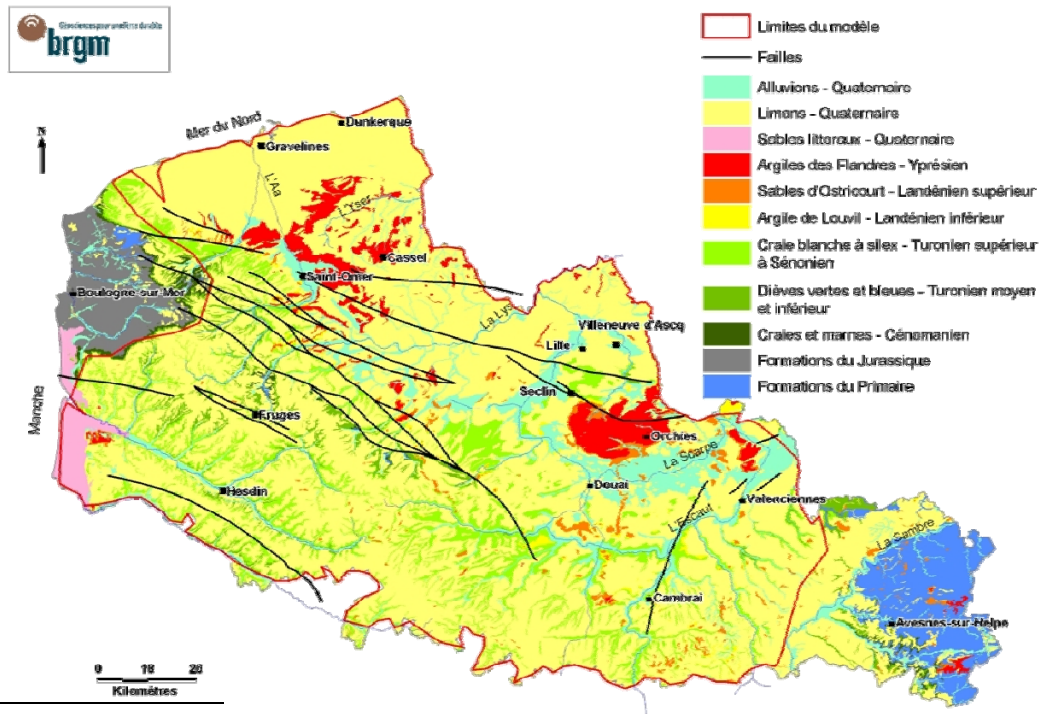
Source : Corine Land Cover, 2006

1.2. Le paysage hydrologique du Nord-Pas-de-Calais

1.2.1. Géologie, lithologie et structures aquifères

À l'exception du Boulonnais et de l'Avesnois, aux extrémités Ouest et Est du territoire régional, constitués respectivement de formations jurassiques et primaires non aquifères, la craie est omniprésente dans la région, recouverte d'une épaisse couche de limon éolien quaternaire et, dans le Nord, d'une couche d'argile tertiaire, qui lui confère un caractère captif fortement artésien^[2] (figures 2 & 3).

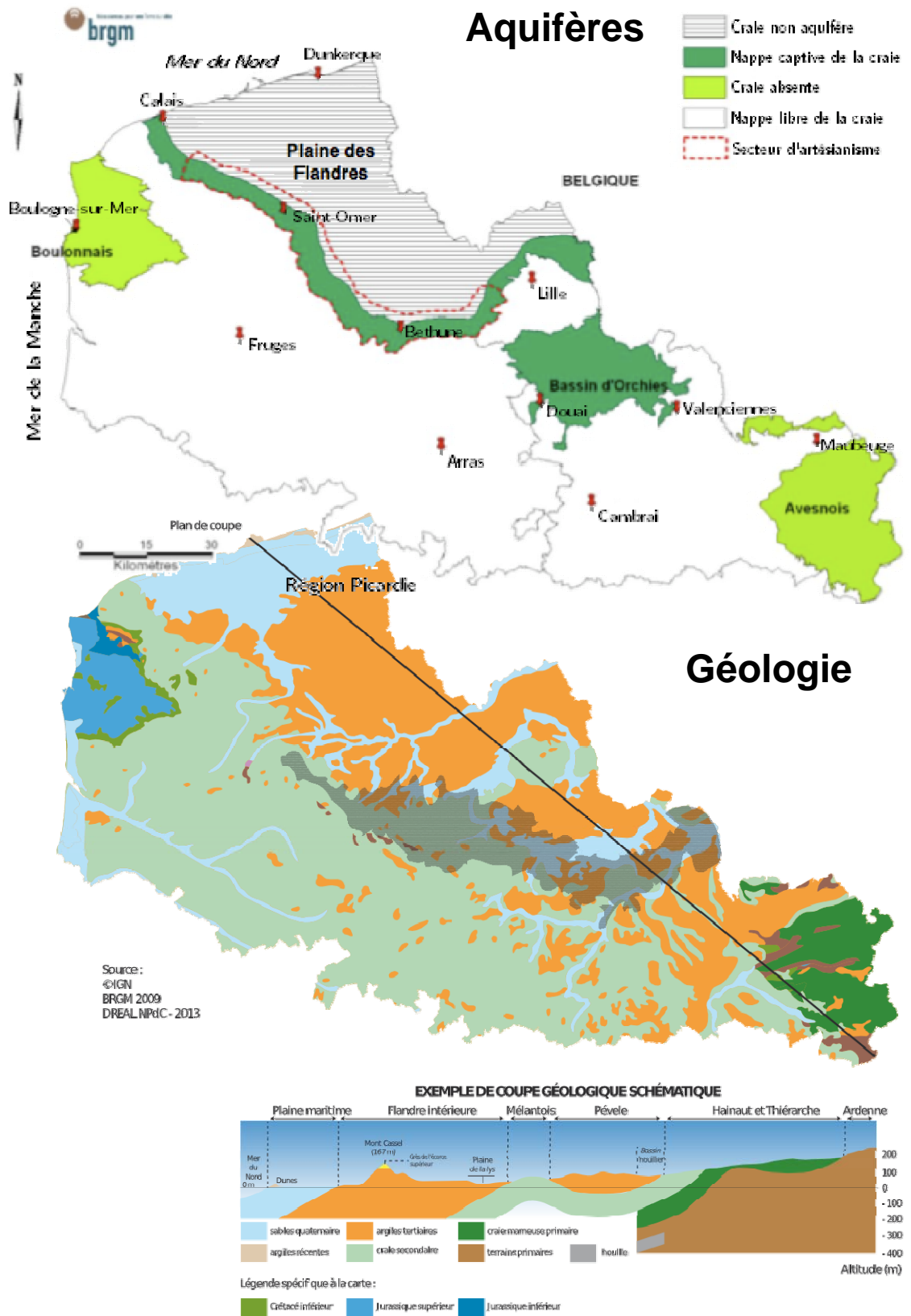
Figure 2. Lithologie de la région Nord-Pas-de-Calais



Source : BRGM

^[2] Une nappe est dite artésienne lorsque le niveau piézométrique se situe au-dessus de la surface du sol. Cette condition se traduit par le jaillissement dans les ouvrages de captage. Le niveau piézométrique est le niveau d'eau rencontré dans les forages, rattaché à une cote d'altitude, à une date donnée. Ces niveaux sont mesurés dans des forages de petit diamètre (piézomètre) qui permettent le passage d'une sonde de mesure de niveau. L'ensemble des niveaux piézométriques d'une nappe constitue la surface piézométrique de la nappe.

Figure 3. Structure des aquifères de la région Nord-Pas-de-Calais

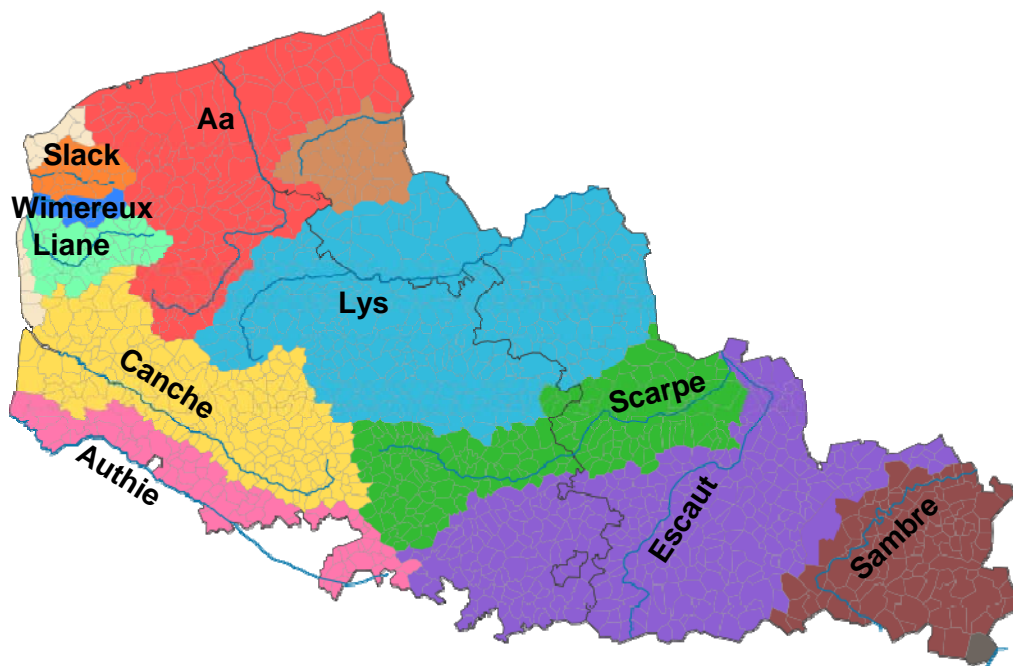


Source : BRGM

1.2.2. Les systèmes hydrographiques

La répartition des bassins hydrographiques dans le territoire régional est montrée dans la figure 4. Nous considérerons dans cette étude les principaux d'entre eux : l'Authie, la Canche, la Liane, l'Aa, la Lys, la Scarpe et l'Escaut, qui ont déjà fait l'objet d'une modélisation par Riverstrahler dans le cadre d'autres études menées par l'UMR Métis.

Figure 4. Répartition des bassins hydrographiques dans le Nord-Pas-de-Calais



Source : Article Wikipédia

La principale caractéristique hydrographique du Nord-Pas-de-Calais est l'absence de grands fleuves et de reliefs importants. Les cours d'eau, se caractérisent par la faiblesse de leur débit (cf. partie 3) et de leur pente, qui ne favorisent pas la dilution de la pollution. Ces facteurs, associés à une forte densité de population et d'industries, ont une influence négative sur l'eau des rivières qui est très souvent de qualité médiocre à mauvaise (État des lieux de la pollution du bassin Artois Picardie, 2011).

1.2.3. La contamination azotée des hydro-systèmes

Les deux principales causes de dégradation de la qualité de l'eau en Nord-Pas-de-Calais résident d'une part dans les pollutions industrielles liées aux anciens ou actuels sites miniers et métallurgiques, d'autre part dans les pollutions associées à la chaîne agroalimentaire. Parmi ces dernières, qui seules nous intéressent ici, figure au premier plan la contamination azotée, liée aux apports diffus de l'agriculture mais aussi aux rejets ponctuels d'eaux usées urbaines. Cette contamination affecte les aquifères, le réseau hydrographique et les eaux marines côtières réceptrices des apports de petits fleuves côtiers.

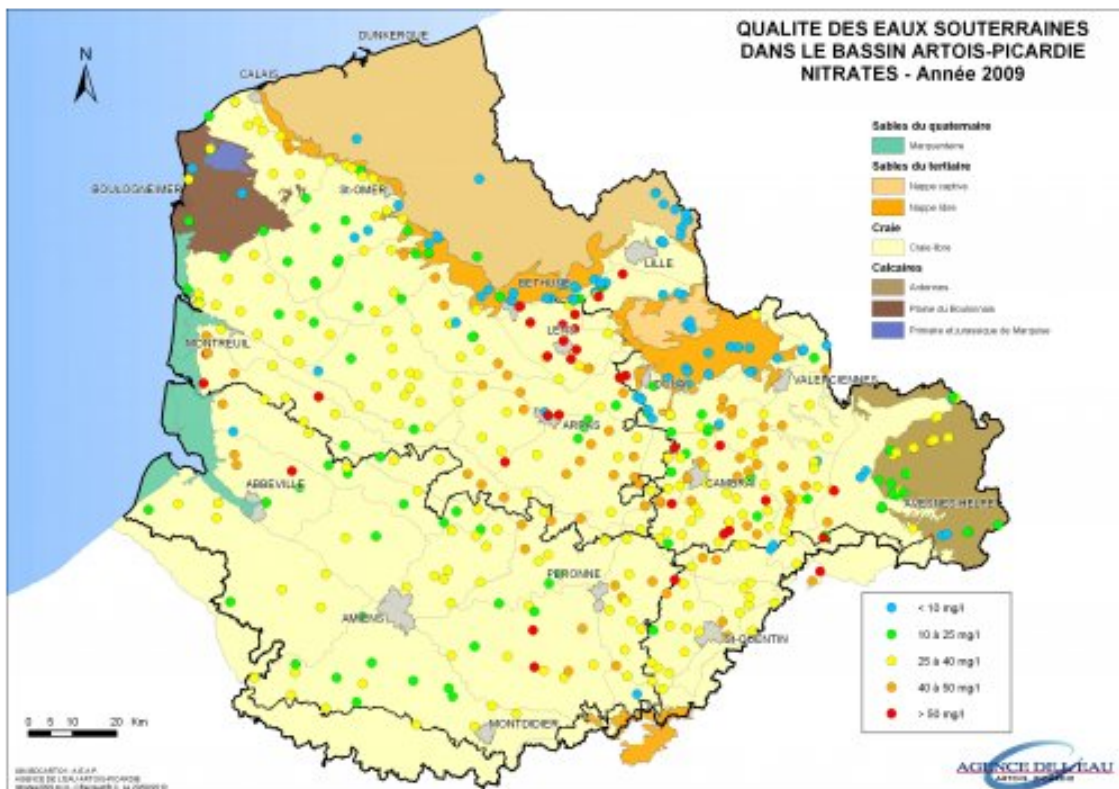
La contamination nitrique des aquifères

Sauf dans sa partie captive au Nord de la région, l'aquifère de la craie est globalement contaminé par les nitrates (figure 5). Les concentrations moyennes observées sur l'ensemble des captages en activité s'élèvent à 25 mg/L, mais des dépassements du seuil de potabilité de 50 mg de nitrates par litre (mgN-NO₃/L) (soit 11 mg d'azote par litre (mgN/L)) s'observent notamment au niveau de l'agglomération de Lens (zone rouge sur la carte).

La contamination du réseau hydrographique

Les teneurs moyennes en nitrates dans les cours d'eau sont classiquement sensiblement plus basses que celles observées dans les aquifères, grâce, notamment, à l'effet filtre que les zones riveraines, sites d'intense dénitrification, assurent sur les flux issus du bassin-versant.

Figure 5. Carte de la qualité des eaux souterraines dans le bassin Artois-Picardie en 2009



Source : Agence de l'Eau Artois-Picardie

Il reste que les teneurs en azote observées dans les eaux de surface sont bien souvent supérieures à la norme écologique de 2 mgN/L au-dessus de laquelle s'observe une perte majeure de biodiversité (James *et al.*, 2005).

L'eutrophisation des zones marines côtières

La qualité des eaux du littoral dépend principalement de la qualité des eaux continentales qui lui parviennent. Le littoral est le milieu récepteur des cours d'eau, des fleuves côtiers et des canaux qui drainent l'essentiel des rejets urbains, industriels et agricoles. Ces rejets peuvent fragiliser le milieu littoral et peuvent potentiellement entraîner l'eutrophisation. Le littoral du Nord-Pas-de-Calais est très sensible à l'eutrophisation, qui se manifeste notamment par la prolifération d'algues non siliceuses indésirables, les *Phaeocystis*, qui se développent à la place des diatomées lorsque les apports d'azote sont en quantités déséquilibrées par rapport aux apports de silice, c'est-à-dire dès que la concentration en azote des eaux douces dépasse 2 mgN/L (Lancelot *et al.*, 2005, 2007 ; Passy *et al.*, 2013).

1.3. Les grands enjeux environnementaux du Nord-Pas-de-Calais

Le Nord-Pas-de-Calais est la région la plus urbanisée de France après l'Île-de-France. Les espaces urbains, infrastructures comprises, représentent 17,2 % du sol régional. L'artificialisation du territoire fragilise grandement les espaces agricoles et forestiers.

Le passé industriel de la région présente également un enjeu environnemental pour la région et une menace pour les ressources en eau souterraine. En effet, les pratiques anciennes de rejets des polluants se faisant directement dans les nappes ont induit localement des pollutions. Les sols pollués issus du passé industriel peuvent entraîner des contaminations par lessivage des polluants ou lors de la remontée des nappes. Enfin, l'ancien bassin minier qui s'étend sur plus de 100 000 km de galeries souterraines a beaucoup bouleversé l'hydrographie et l'hydrogéologie du bassin Nord-Pas-de-Calais.

Face à la nécessité qu'impose la crise actuelle de repenser les grandes orientations économiques régionales, de nombreuses réflexions ont été menées, par des associations citoyennes ainsi que par les instances du Conseil Régional du Nord-Pas-de-Calais pour identifier les grands enjeux environnementaux de la région, et définir des scénarios futurs pouvant guider l'action présente.

Deux exercices régionaux sont ainsi particulièrement pertinents par rapport à nos objectifs et nous aiderons à définir des scénarios prospectifs : l'étude Virage-énergie Nord-Pas-de-Calais « *Scénarios de sobriété énergétique et transformations sociétales* » et l'exercice *Clim'Agri* Nord-Pas-de-Calais mené par les instances régionales.

1.3.1. L'étude Virage-Énergie

L'étude intitulée « Scénarios de sobriété énergétique et transformations sociétales » a été publiée en septembre 2013. Elle a été réalisée par l'association Virage-Énergie Nord-Pas-de-Calais en partenariat avec les laboratoires Territoire Ville Environnement & Société et le Ceraps et soutenue par l'Ademe et la région Nord-Pas-de-Calais.

L'objectif de cette étude est d'identifier, par des scénarios prospectifs, les économies d'énergie induites par une transition énergétique basée sur une réduction drastique et continue des besoins en énergie. Ces scénarios pourront à la fois permettre aux décideurs d'identifier les outils permettant à la région de s'engager sur la voie de la sobriété énergétique, et aux citoyens d'être sensibilisés aux enjeux énergétiques.

Les hypothèses sont soit référencées, soit décidées collectivement par un groupe de travail, d'une douzaine de personnes, qui s'est réuni une dizaine de fois en un an. Quatre scénarios ont été élaborés dont un dit « alimentation ». Ce scénario comporte des hypothèses sur l'agriculture et sur l'alimentation : c'est celui qui appuiera les hypothèses d'un scénario de changement radical du système agroalimentaire du Nord-Pas-de-Calais dont nous testerons les effets sur la qualité de l'eau (Partie 3).

1.3.2. L'exercice Clim'Agri

Clim'Agri est un outil de diagnostic mis à disposition par l'Ademe et dont l'utilisation est animée par les Chambres d'Agriculture. Il permet d'initier une démarche de réduction des émissions des gaz à effet de serre d'origine agricole à l'échelle d'un territoire. L'outil a été mobilisé à l'échelle régionale du Nord-Pas-de-Calais, en liaison avec l'élaboration par le Conseil Régional du Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Énergie (SRCAE).

Deux jeux d'hypothèses ont été élaborés dans le cadre de l'exercice Clim'Agri Nord-Pas-de-Calais :

- (i) Un jeu d'hypothèses jugé réaliste par le monde agricole et qui permet d'atteindre les objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) du SRCAE ;
- (ii) Un jeu d'hypothèses correspondant à un scénario de rupture à horizon 2050, dans l'objectif de diviser par 2 les émissions de GES d'origine agricole.

2. Une description bio géochimique du système agroalimentaire

2.1. Approche, méthodes et sources

Au contraire des approches économiques centrées sur la valeur marchande des biens, et les flux financiers que leur circulation engendre, le projet de la bio géochimie est de décrire et d'expliquer les flux de matières associés aux activités économiques. En ce qui concerne la chaîne agroalimentaire, il s'agira donc de recenser les flux des principaux produits agricoles tout au long de la chaîne de production, de transformation et de consommation alimentaire. Certaines filières, qui ont une importance économique forte pour la région, feront l'objet d'un bilan quantitatif individuel, ce sont celles des céréales, des légumes et des pommes de terre, des produits laitiers, de la viande et des produits de la pêche. Ces bilans par filière permettront d'identifier les enjeux du système alimentaire régional et de s'assurer de la cohérence des données mobilisées avant d'entrer dans les étapes de synthèse et de modélisation. Une synthèse du système alimentaire du Nord-Pas-de-Calais, incluant toutes ces analyses sectorielles ainsi que les filières qui n'ont pas fait l'objet d'un bilan spécifique, sera réalisée à travers la description des flux d'azote, une unité commune choisie pour sa pertinence en matière d'alimentation (l'azote est constituant principal des protéines) comme en matière environnementale (l'azote est actuellement un des principaux polluants issus de l'agriculture altérant la qualité des eaux souterraines et superficielles ; il joue également un rôle essentiel dans la fertilisation agricole).

La description des principales filières du système agroalimentaire régional repose sur le croisement des données statistiques existantes, issues de l'analyse d'une large diversité de sources :

- *SitraM* (MEDDE, Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie) pour les flux d'échanges avec l'étranger et les départements des autres régions françaises. Le logiciel AMSTRAM, mis au point par Silvestre *et al.* (2012), permet d'analyser les aires d'approvisionnement des produits alimentaires consommés en région à partir des données SitraM ;
- *La Statistique Agricole Annuelle – Agreste* (MAAF, Ministère de l'Agriculture, de l'Agro-alimentaire et de la Forêt) pour les chiffres de production agricole ;
- *Les enquêtes de branches* (FranceAgriMer, MAAF) pour les flux liés aux industries agroalimentaires ;
- *L'enquête INCA2* (AFSSA, Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments) pour la consommation alimentaire des individus ;
- La *consultation d'experts* du CNIPT (Comité National Interprofessionnel de la Pomme de Terre), de FranceAgriMer et du SRISE (Service Régional de l'Information Statistique et Économique) de la DRAAF (Direction Régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt) Nord-Pas-de-Calais nous a permis d'affiner certaines données.

2.1.1. Le système d'information sur les transports de marchandises (SitraM)

La base SitraM rassemble 4 sources distinctes :

- L'enquête TRM (Transport Routier de Marchandise) sur l'utilisation des véhicules routiers de marchandises immatriculés en France.
- Le fichier rail fourni par la SNCF (Société Nationale des Chemins de Fer français) pour les transports nationaux et internationaux de marchandise réalisés par wagons complets. Après 2006, les informations récoltées n'ont été que partielles. Réseau Ferré de France ne fournit plus que des informations agrégées.
- Le fichier voies navigables intérieures, fourni par VNF (Voies Navigables de France), pour les transports de marchandises par navigation intérieure, sous pavillon français ou étranger.
- Le fichier du commerce extérieur de la France donné par la douane qui recense les transports internationaux des marchandises. La douane capte tous les échanges avec les pays extérieurs. La nomenclature de la douane est plus fine que la NST (Nomenclature pour les Statistiques des Transports), il existe 2 types de formulaires dont les documents intercommunalité qui captent 99 % des échanges de la France avec les pays tiers.

SitraM permet donc de décrire les transports selon différents critères : le mode de transport (routier, mer, rails, etc.) ; la nature du transport (transport national en France – transport international chargé ou déchargé en France – transit sur le territoire français) ; la nature de la marchandise selon la nomenclature NST ; le conditionnement ; l'origine et la destination du transport.

2.1.2. Enquêtes Prodcoum

L'enquête de branche est une enquête communautaire auprès des entreprises agroalimentaires. Sa qualité dépend avant tout du taux de réponse des entreprises de l'enquête. Elle est également liée au degré de contrôle exercé, à la connaissance des entreprises par les gestionnaires, à la qualité de la base de sondage. Les données de l'année 2006 présentent encore des données détaillées par région, ce qui cesse d'être le cas pour les années ultérieures.

2.1.3. Statistiques agricoles annuelles - Agreste

La base de données d'Agreste comporte une rubrique de statistique agricole annuelle sur la filière agricole dans laquelle sont disponibles entre autres les données de surface, production et rendements agricoles. Cette rubrique met à disposition des données sur des séries longues (de 1989 à 2000, puis de 2000 à 2012), à l'échelle régionale et départementale, sur les productions végétales et animales.

En ce qui concerne la production végétale, sont disponibles les données suivantes : les cultures de céréales, oléagineux, protéagineux, cultures légumières, pommes de terre, prairies permanentes et cultures industrielles. La production végétale étant donné en kg bruts, aucun ajustement n'a été réalisé au niveau de l'unité. Pour la production animale, sont disponibles les données suivantes : bovins, caprins, ovins, porcins, volailles et lapins, ainsi que la production de lait et la production d'œufs. L'unité de production du cheptel est donnée en tec (tonnes équivalent carcasse), unité employée pour agréger les données en poids concernant les animaux vivants. Des coefficients de conversion permettent de passer du poids vif au poids carcasse, puis éventuellement au poids de viande.

2.1.4. Étude individuelle nationale de Consommation alimentaire (INCA2)

L'enquête INCA2, est une étude individuelle nationale de consommation alimentaire pour l'année 2006-2007 réalisée par l'Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments (AFSSA). Cette dernière, remplacée depuis par l'ANSES, Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail, avait pour mission d'évaluer les bénéfices nutritionnels et les risques sanitaires liés à l'alimentation depuis la production agricole jusqu'à l'assiette du consommateur.

Le recueil des consommations alimentaires repose sur des déclarations individuelles. Elle inclut les informations issues des déclarations de 4 079 personnes, représentant 28 169 journées de consommation alimentaire correspondant à 80 052 repas principaux.

L'étude n'a pas pour but de fournir des estimations régionales, mais des comparaisons deux à deux entre les régions du Nord de la France et celles du Sud d'une part, et entre celles de l'Est et de l'Ouest d'autre part. Pour les besoins de l'étude sur la région Nord-Pas-de-Calais, nous nous sommes basés sur les données relatives à la moitié Nord de la France. Cette répartition est réalisée seulement pour les adultes de 18 à 79 ans. En ce qui concerne les enfants de 3 à 17 ans, la répartition est agrégée à l'échelle de la France métropolitaine. Nous avons donc croisé les consommations moyennes chez les adultes de 18-79 ans du Nord de la France et les consommations moyennes à l'échelle de la France métropolitaine des enfants de 3 à 17 ans avec les estimations de population par tranche d'âge dans les départements Nord et Pas-de-Calais (cf. tableau 1).

Tableau 1. Population par tranche d'âges par INSEE en 2006

| Tranches d'âges | Population (nombre d'habitants) |
|---------------------|---------------------------------|
| 0 à 18 ans | 1 110 812 |
| Au-dessus de 19 ans | 2 907 850 |
| Total | 4 018 662 |

Afin de distinguer les différentes filières agricoles nous avons divisé certains groupes d'aliments en 8 catégories : la viande, le poisson, les produits laitiers, les œufs, les céréales, les pommes de terre, les légumes et les fruits.

2.1.5. Conversion des données en azote

La conversion des flux de denrées alimentaires dans une unité commune, l'azote, permet d'obtenir une image synthétique du fonctionnement du système agroalimentaire, tout en le reliant à la contamination nitrique de l'hydro système à partir du lessivage nitrique des sols agricoles et des apports ponctuels urbains d'eaux usées domestiques (méthode GRAFS, Billen *et al.*, 2014). Les coefficients de conversion utilisés pour cette conversion en azote ont fait l'objet d'une compilation très complète (Lassaletta *et al.*, 2014).

2.2. Les flux d’approvisionnement en Nord-Pas-de-Calais

Sur la base des informations décrites ci-dessus, nous avons tenté d’établir un bilan des flux de matière dans les principales filières du système agroalimentaire du Nord-Pas-de-Calais au cours de l’année 2006. Cette année a été choisie en fonction de la disponibilité des données. Nous avons vérifié que, en ce qui concerne la production agricole, l’année 2006 est bien représentative des productions moyennes de la période 2000 à 2012.

Note de lecture : les exposants figurant en rouge dans le texte permettent de retrouver les données correspondantes dans le bilan graphique présenté en conclusion de chaque bilan.

2.2.1. La filière céréalière

La culture céréalière est la première culture du Nord-Pas-de-Calais, et représente 5 % de la production nationale de céréales avec 2,84 millions de tonnes (Mt)* (Statistiques agricoles annuelles, 2006) produites en 2006. Les principales productions céréalières se concentrent sur le blé tendre (77 %), l’orge (17 %) et le maïs grain (5 %) en termes de surface.

Le bilan de campagne national de FranceAgriMer 2011/2012 identifie les destinations des céréales produites en France (alimentation du bétail, alimentation humaine, exportation) en pourcentage ainsi que les quantités importées. En appliquant les mêmes coefficients nationaux par destination des céréales (après import/export) à la production 2006 de céréales de la région du Nord-Pas-de-Calais, on obtient les données du tableau 2. Les pertes à la production sont considérées comme négligeables.

Tableau 2. Destination des céréales de la région Nord-Pas-de-Calais après importation et exportation

| Destination | % | destination, Mt |
|----------------------|------------|-----------------|
| Alimentation bétail | 55 | 1,16 |
| Alimentation humaine | 18 | 0,39 |
| Amidonnerie | 12 | 0,26 |
| Bioéthanol | 6 | 0,13 |
| Total | 100 | 1,94 |

L’utilisation énergétique

La Statistique Agricole Annuelle donne une valeur régionale de quantité de céréales destinées à la filière bioéthanol : 0,15 Mt en 2006. Cette valeur est proche de celle calculée précédemment en appliquant les coefficients nationaux à la région : 0,13 Mt¹⁰ que l’on gardera pour la suite de notre bilan.

L’utilisation en alimentation animale

Les blés de la région sont généralement de moins bonne qualité que la moyenne des blés français et en conséquence souvent prioritairement destinés à l’alimentation animale. Cette moindre qualité est confirmée en 2006 par les données de FranceAgriMer (enquête Collecteurs, données issues du document FranceAgriMer donnant la qualité des blés de 1996 à 2013) : en 2006 la force boulangère moyenne des blés français (W) était de 199 contre 163 pour les blés de la région Nord-Pas-de-Calais (le blé utilisé en boulangerie a en général une force boulangère supérieure à 160).

La seule source de données identifiée pour estimer les quantités de céréales qui partent vers l’alimentation animale est constituée des mises en œuvre des fabricants d’aliments du bétail élaborées par FranceAgriMer à partir de formulaires remplis par les entreprises de fabrication d’aliments du bétail pour chaque département dans lequel elles ont une ou plusieurs usines. Les mises en œuvre donnent ainsi les utilisations des usines au niveau de la région mais il n’existe pas de lien direct entre la production agricole régionale et ces mises en œuvre.

Pour la région Nord-Pas-de-Calais, les mises en œuvre de céréales en 2006 sont d’environ 170 000 t soit 3 % des quantités de céréales disponibles après import/export. Ce chiffre est très faible.

(*) Les chiffres indiqués en rouge renvoient au schéma de la chaîne alimentaire de la figure 6.

Il ne prend cependant pas en compte l'auto-consommation de céréales à la ferme pour nourrir le bétail, ni les céréales utilisées dans la filière *petfood*. Nous conserverons donc pour le bilan les quantités de céréales par destinations obtenues après application des coefficients nationaux⁸.

Les flux d'import/export

La production locale de céréales donnée par la Statistique Agricole Annuelle pour l'année 2006 s'élève à 2,84 Mt. D'après l'enquête SitraM on note une exportation de 2 Mt et une importation de 1,1 Mt², les principaux flux d'export concernant le blé tendre. La quantité disponible après import/export s'élève donc à 1,94 Mt.

L'importance des exportations, couverte pour moitié par les flux importés de régions adjacentes qui ne font que transiter par le Nord-Pas-de-Calais, est liée à l'existence d'un grand port céréalier à Dunkerque. Ce dernier dispose d'une plate-forme céréalière avec des capacités de stockage importantes (300 000 tonnes). Dans le futur, l'achèvement du canal Seine-Nord Europe et l'agrandissement du port de Dunkerque, vont permettre d'augmenter les volumes de céréales qui transitent par la région.

La filière de l'orge

Le Nord-Pas-de-Calais produit environ 0,5 Mt d'orge (17 % de la production totale de céréales, hors riz, maïs doux et ensilage). Selon l'enquête SitraM, 0,2 Mt sont importés et 0,28 Mt exportés. La quantité disponible après import/export est donc de 0,4 Mt. En s'appuyant sur les bilans de campagne de FranceAgriMer de 2011/2012, on estime que 40 % de l'orge sont envoyés en malterie (0,16 Mt³) (filrière de la bière) et 60 % sont dédiés à l'alimentation du bétail (0,24 Mt).

Deux étapes sont nécessaires pour fabriquer la bière : une première étape qui consiste à faire germer de l'orge et le moulin (malterie), puis une seconde étape (brasserie) qui consiste à partir de malt d'orge, de houblon, de levure et d'eau, à fabriquer la bière. D'après le bilan de campagne de malterie de 2006, la production régionale de malt d'orge s'élève à 0,24 Mt ce qui confère au Nord-Pas-de-Calais le 2^e rang dans la production nationale. De cette production, 0,2 Mt, soit 83 %, sont exportés. On note une nouvelle fois, l'autonomie de la région vis-à-vis du malt mais aussi un commerce extérieur élevé. Le reste du malt est utilisé pour produire 4 millions d'hectolitres de bière⁴.

La filière du maïs grain

Le Nord-Pas-de-Calais produit 0,14 Mt de maïs grain, soit 5 % de la production totale de céréales de la région. Selon SitraM, on note une importation de 0,19 Mt et une exportation de 0,06 Mt. La quantité disponible après import/export est de 0,27 Mt. La principale destination du maïs grain est l'alimentation animale.

L'alimentation du bétail

D'après nos estimations (tableau 2), 1 Mt (réparti entre 0,24 Mt d'orge, 0,27 Mt de maïs grain et 0,56 Mt de blé tendre) sur les 1,94 Mt⁸ disponibles pour la région est destiné directement ou indirectement à la consommation du bétail, soit la moitié de la production.

En outre, les déchets de meuneries et de boulangerie, non comptabilisés dans le bilan, rejoignent également l'alimentation animale.

Les industries agroalimentaires

On estime qu'environ 0,39 Mt (voir tableau 2) sont dirigés vers l'alimentation humaine. On sait qu'il s'agit principalement de blé tendre. Deux étapes de transformation sont nécessaires, une étape de meunerie qui transforme du blé tendre en farine, puis une étape de boulangerie, pâtisserie etc. qui transforme la farine en pain, etc.

On estime que 0,40 Mt⁶ de blé tendre sont envoyées en meunerie. Selon SitraM, on importe 0,3 Mt de farine, et on en exporte seulement 0,03. On suppose que la présence de nombreuses entreprises de panification, pâtisseries situées dans la région, ne

permet pas une grande exportation de farine malgré le fait que la France soit le premier exportateur européen de farine. La boulangerie artisanale détient 61,5 % des parts du marché du pain en 2011 (FranceAgriMer), la boulangerie industrielle 26,5 % et les ateliers de boulangerie en grande surface 9,4 %. Le pain est principalement exporté par la boulangerie industrielle.

L'amidonnerie

Le Nord-Pas-de-Calais est la première région française productrice de produits amylacés. Il concentre 70 % du potentiel industriel national de l'amidonnerie. Cette position lui permet de fournir les industries régionales de la confiserie, de la chimie fine et de la pharmacie. On estime à 0,26 Mt⁹ la quantité de céréales destinées à l'amidonnerie (cf. tableau 2), pour une production de 0,15 Mt ; les déchets restant étant probablement destinés à l'alimentation animale.

Consommation humaine

Selon les données de l'enquête INCA2, 0,37 Mt⁷ de produits à base de céréales sont consommés localement, principalement sous forme de pain, de pâtisseries et de pâtes (cf. tableau 3). Quatre-vingt litres de bière sont consommés chaque année par habitant soit 3,2 millions d'hectolitres au total⁵.

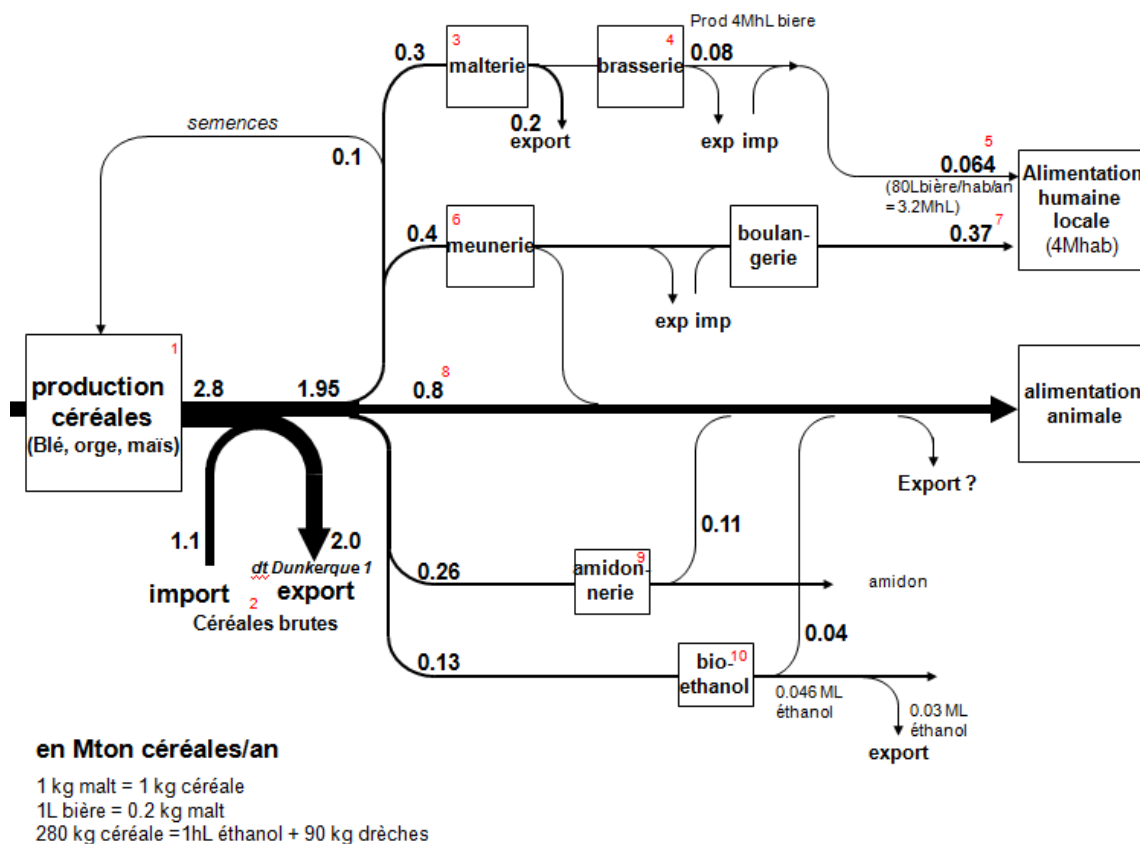
Tableau 3. Plats à base de céréales consommés localement par la population en Nord-Pas-de-Calais

| | kg/an/hab | tonnes/an |
|----------------------------------|-----------|-----------|
| Pain et panification sèche | 41,5 | 120 571 |
| Céréales pour petit-déjeuner | 1,8 | 5 095 |
| Pâtes | 14,4 | 41 924 |
| Riz et blé dur ou concassé | 8,4 | 24 411 |
| Autres céréales | 0,2 | 531 |
| Viennoiserie | 4,8 | 14 010 |
| Biscuits sucrés, salés et barres | 3,4 | 9 765 |
| Pâtisseries et gâteaux | 14,9 | 43 410 |

Conclusion pour la filière céréales

La filière des céréales est au cœur du système agroalimentaire du Nord-Pas-de-Calais. Elle entretient tout d'abord une forte activité de commerce extérieur, avec un fort flux d'exportation vers l'Europe et le Maghreb, principalement au départ du port de Dunkerque. L'alimentation animale constitue également un débouché important : après prise en compte de l'import/export et de toutes les activités secondaires (amidonnerie, bioéthanol, bière, etc.), 75 % des flux de céréales sont dirigés vers l'alimentation du bétail. Pour ce qui concerne l'alimentation humaine, les productions locales sont largement suffisantes pour assurer l'essentiel des besoins de la population (cf. figure 6).

Figure 6. Représentation simplifiée de la chaîne agroalimentaire de la filière des céréales en Nord-Pas-de-Calais, en 2006



Sources : La SAA 2006 Agreste, Passion céréales – La collecte de stockage, Chambre d’Agriculture du Nord-Pas-de-Calais – Économie et Céréales, FranceAgriMer 2012

2.2.2. La filière légumière

La culture légumière totale en Nord-Pas-de-Calais est estimée en 2006 à 0,52 Mt^{**}. Elle représente 11 % de la production nationale avec 0,77 Mt produites en comptabilisant les endives racine (Agreste). Les principales productions, très diversifiées, sont les endives chicons (29 %), les petits pois (21 %), les carottes (11 %) et les choux-fleurs (9 %). Il existe deux filières pour les légumes : le frais et le transformé.

La filière du frais s’appuie sur une chaîne allant des producteurs aux distributeurs en passant le cas échéant par les coopératives, les expéditeurs, les négociants et les grossistes. La filière du transformé s’appuie sur des productions agricoles directement dédiées aux industries (les industries s’approvisionnent directement auprès des producteurs).

Les flux de marchandises

En ce qui concerne les légumes frais et congelés, représentant une production locale de 0,52 Mt (Agreste) en 2006, l’enquête SitraM recense une importation de 1,3 Mt et une exportation de 2,5 Mt. Cette incohérence (résultant sans doute d’une surestimation des exportations rapportées par SitraM) montre néanmoins le caractère fortement exportateur de la filière légumière du Nord-Pas-de-Calais.

Les industries agroalimentaires

Selon FranceAgriMer, 38 % de la production de légumes sont destinés aux industries de transformation à l’échelle nationale. En Nord-Pas-de-Calais, la production commercialisée vers la transformation donnée par Agreste est de 0,24 Mt³, soit environ la moitié de la production totale de légumes. Les petits pois (grain) produits localement représentent 40 % de la production destinée aux industries. En 2006, 100 % de la production de petit pois ont été envoyés aux industries de transformation.

(**) Les chiffres en rouge renvoient au schéma de la chaîne alimentaire de la figure 7.

La consommation humaine locale

Selon les données de l'enquête INCA2, 0,28 Mt⁵ de produits à base de légumes sont consommés localement (cf. tableau 4).

Tableau 4. Plats à base de légumes consommés localement

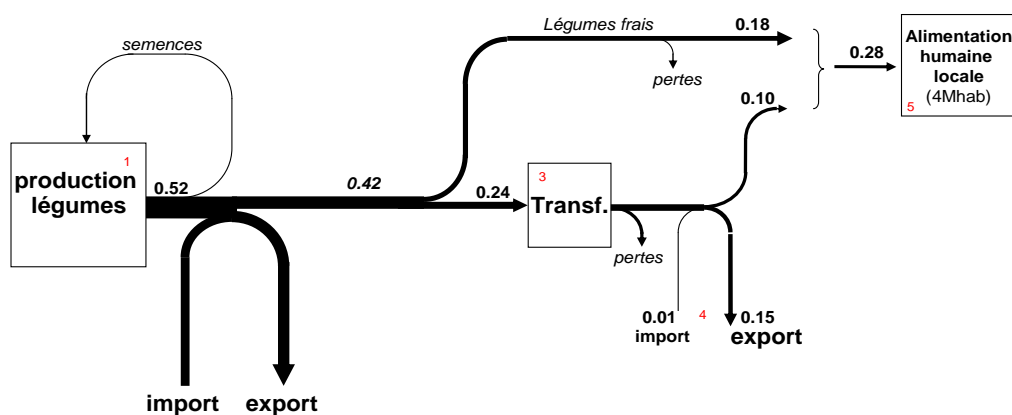
| | kg/an/hab | tonne/an |
|--------------------------------|-----------|----------|
| Légumes (hors pommes de terre) | 48,6 | 141 268 |
| Légumes secs | 3,2 | 9 446 |
| Plats composés | 25 | 72 597 |

La production locale de légumes frais/secs/transformés est suffisante pour permettre à la population locale de se nourrir sans dépendre des importations extérieures.

Conclusion pour la filière légumière

La filière légumière est une autre filière importante de l'agriculture du Nord-Pas-de-Calais, alimentant des flux d'exportations considérables tant en ce qui concerne les produits frais que les produits transformés (cf. figure 7).

Figure 7. Représentation simplifiée de la chaîne agroalimentaire de la filière des légumes, hors pommes de terre, en Nord-Pas-de-Calais, 2006



en M tonnes poids frais /an

Source : SAA Agreste 2006, INCA2, FranceAgriMer, enquête SitraM

2.2.3. Les pommes de terre

Le Nord-Pas-de-Calais est la première région productrice française avec 36 % de la production nationale, soit 1,85 million de tonnes de pommes de terre¹ sur 37 000 ha (Agreste).

Il existe 3 catégories de pommes de terre :

- **les plants certifiés**, pommes de terre destinées à de nouvelles plantations (4 % de la production) ;
- **les pommes de conservation** ; il s'agit de plants non certifiés, destinés à la transformation, au marché frais (conservation et primeur) (88 % de la production) ;
- **les pommes de terre de féculerie**, pommes de terre destinées à l'industrie papetière, l'agro-alimentaire, les matériaux, le textile, etc. (7 % de la production).

Les pertes de production

Les pertes relevant des opérations de nettoyage, de stockage, transport, commercialisation sont estimées à 20 % de la récolte.

Les flux de marchandises

Le Nord-Pas-de-Calais est la première région exportatrice de pommes de terre. Les exportations ont fortement progressé depuis 10 ans. En France, entre 1,8 et 2 Mt sont exportés chaque année pour les pommes de terre de conservation. Les principales destinations sont l'Espagne et l'Italie pour le marché du frais, et la Belgique et les Pays-Bas pour l'industrie de transformation. On a évalué avec l'outil AMSTRAM, un flux d'exportation de 410 000 t de pommes de terre brutes^{2***} AMSTRAM renseigne tous les types de transports (routier, Vnf, SnCF) du chargement au déchargement, mais ne prend pas en compte les tracteurs agricoles, selon l'expert de SitraM. Or, selon l'expert de France AgriMer, les pommes de terre transportées par tracteur agricole vers les industries belges et néerlandaises représentent une très grande partie des échanges transfrontaliers avec la Belgique et les Pays-Bas. On note par ailleurs 19 usines de transformation de pommes de terre en Belgique qui viennent notamment s'alimenter en pommes de terre en Nord-Pas-de-Calais et en Champagne-Ardenne. À dire d'experts, les pommes de terre envoyées en Belgique et aux Pays-Bas (principalement vers les industries) représenteraient entre 0,4 - 0,6 Mt. Ce qui donne un flux d'exportation total de pommes de terre estimé à 1 Mt².

La féculerie

La production de pomme de terre de féculerie est concentrée dans 3 régions, le Nord-Pas-de-Calais (15 %), la Picardie (50 %) et la Champagne-Ardenne (35 %). L'utilisation de la fécule sur le marché français alimentaire reste marginale, la plus grande partie de la fécule est utilisée pour les industries du type papetière - cartonnerie, textile etc. En Nord-Pas-de-Calais on estime sur Agreste une production de féculles de 0,1 Mt⁶.

Les plants de pomme de terre

Les plants de pomme de terre destinés à la reproduction sont cultivés dans les régions qui bénéficient de conditions écologiques favorables au maintien d'un bon état sanitaire. La région du Nord-Pas-de-Calais possède ces caractéristiques qui lui permettent de produire plus de 0,05 Mt de plants.

Les industries agroalimentaires et pommes de terre transformées

L'entreprise McCain est implantée en région Nord-Pas-de-Calais. Selon le groupement interprofessionnel pour la valorisation des pommes de terre (GIPT), l'approvisionnement des industriels français atteint 1,07 Mt en 2008/2009 dont 2/3 pour la fabrication de frites surgelées et de purée en flocons. Dans le Nord-Pas-de-Calais, environ 0,70 Mt⁴ de pommes de terre commercialisées sont envoyés dans les industries de transformation.

La vente de frites et spécialités surgelées représente la majorité de ventes de pommes de terre transformées avec 65 % de part de marché, 12 % de pommes de terre sous vide, 11 % de chips, 8 % de purée et 4 % d'autres produits.

Le rendement de transformation de la pomme de terre en frites est de 60-65 % en début de saison et 50 % en fin de saison ; l'écart entre le début et la fin de saison s'explique par de moindres déchets de fabrication en début de saison (peau moins épaisse).

(***) Les chiffres en rouge renvoient au schéma de la chaîne alimentaire de la figure 8.

Enfin on estime un export de 0,25 Mt⁵ (= production – perte – consommation locale) de pommes de terre transformées. On suppose que l'importation reste négligeable par rapport l'exportation de produits transformés.

Consommation

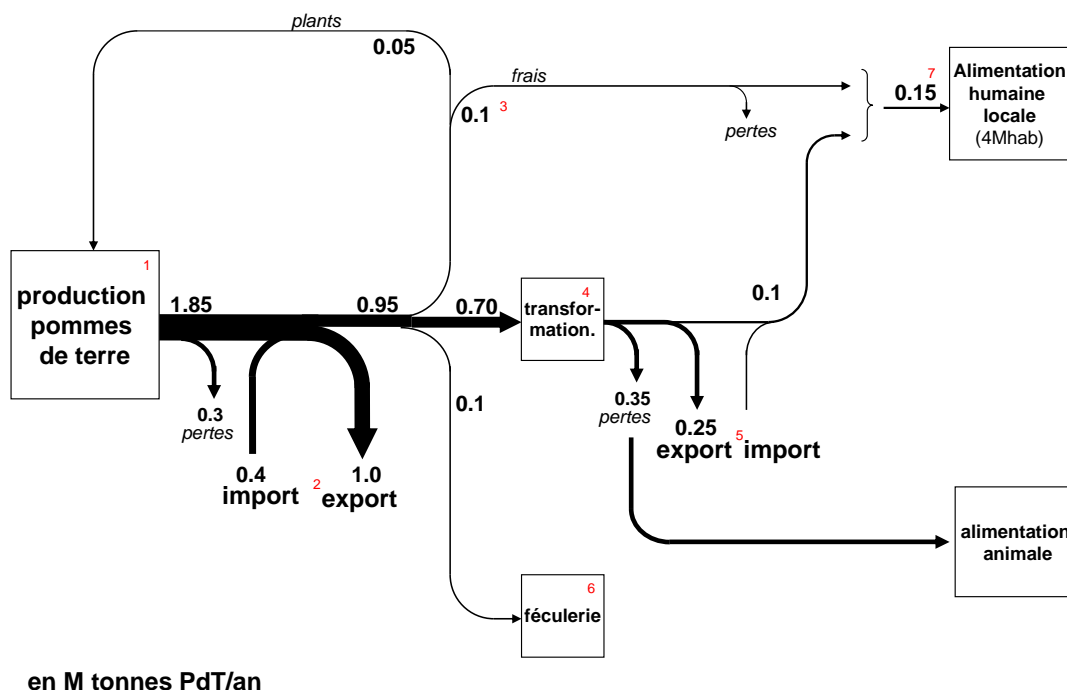
Selon le CNIPT entre 50-55 kg/an/hab de pommes de terre seraient consommés par la population à l'échelle nationale, avec la moitié de produits frais et la moitié de produits de transformation. Ces chiffres s'inspirent des achats de pommes de terre (frais et surgelés) par ménage et non des plats « réellement consommés » par la population. En effet, selon l'enquête INCA2, la consommation « réelle » de pommes de terre serait de 24 kg/an/hab. Il est probable que cette valeur de consommation de pommes de terre soit sous-estimée et non représentative de la consommation de pommes de terre de la région. Ce point a été confirmé à dire d'experts qui estiment aussi la consommation finale en Nord-Pas-de-Calais à 150 000t/an⁷ soit 37,5 kg/an/hab, chiffre retenu pour notre bilan.

Concernant l'alimentation animale, les aliments redirigés vers l'alimentation animale sont le plus souvent des pommes de terre vitreuses ou abîmées. À dire d'experts, le bilan de campagne de 2006/2007 n'a pas donné lieu à de grandes livraisons pour l'alimentation animale du fait des prix élevés des pommes de terre.

Conclusion pour la filière pommes de terre

Pour conclure, les enjeux économiques et sociaux de cette filière pommes de terre en Nord-Pas-de-Calais résident d'une part dans les fortes exportations, notamment vers l'Espagne (premier client en produits frais) et la Belgique (premier client pour les pommes de terre industrielles), et d'autre part dans les flux de pommes de terre pour les industries de transformation qui utilisent la moitié de la production de pommes de terre brutes après pertes (cf. figure 8).

Figure 8. Représentation simplifiée de la chaîne agroalimentaire de la filière de pomme de terre du Nord-Pas de Calais (2006)



Source : Statistique Agricole Agreste 2006, Groupe Interprofessionnel pour la valorisation des Pommes de Terre-GIPT, Bilan de campagne 2006, Expert de SitraM, Roger Luthin expert de FranceAgriMer

2.2.4. La filière de la viande

La filière viande consiste dans l'élevage et la production d'animaux vivants, l'abattage transformant les animaux en carcasses, la découpe, qui produit la viande consommable comme telle, et la transformation, produisant des produits dérivés tels que la charcuterie. Les coefficients de rendement de l'abattage varient de 50 à 70 % selon les types d'animaux, et les rendements de découpe entre 60 et 80 % (Viande Information, 2009).

La production d'animaux vivants et l'abattage

Le cheptel du Nord-Pas-de-Calais est largement dominé par les bovins et les porcins (cf. tableau 5), avec une forte production laitière (voir plus loin).

Tableau 5. Effectifs du cheptel de la région du Nord-Pas-de-Calais en 2006 (Agreste)

| Espèces animales | Effectif (par tête) |
|-----------------------------------|---------------------|
| Bovins | 695 358 |
| Porcins | 524 661 |
| Ovins | 63 180 |
| Caprins | 2 427 |
| Volailles et lapins (1 000 têtes) | 16 972 |

La production destinée à l'abattage en Nord-Pas-de-Calais est de 0,2 million de tonnes équivalent carcasse (tec), (Agreste, tableau 6), soit 0,3 Mt en poids vif^{1****}.

Tableau 6. Production du cheptel en tonne équivalent carcasse et en poids vif de la région en Nord-Pas-de-Calais (Agreste)

| Espèces animales | Production régionale (en tonnes équivalent carcasse) | Production régionale calculée (en tonne de poids vif) | Coeff. poids vif (%) |
|-------------------------------|---|--|-------------------------|
| Bovins | 60 719 | 110 398 | 55 % |
| Porcins | 80 320 | 114 743 | 70 % |
| Ovins | 872 | 1 677 | 52 % |
| Caprins | 14 | 28 | 50 % |
| Total GA^(α) | 141 925 | 226 846 | |
| Volaille et lapins | 57 420 | 87 000 | 70 % |
| Total | 199 345 | 313 846 | |

(α) GA = Gros Animaux

Les flux d'import/export d'animaux vivants de la région fournis par SitraM montrent une importation de 0,03 Mt² et une exportation de 0,007 Mt d'animaux vivants, ce qui conduirait à estimer le poids vif disponible pour l'abattage dans la région à 0,34 Mt. Cependant, les données relatives à l'abattage en région Nord-Pas-de-Calais fournissent des chiffres sensiblement différents, autour de 0,2 Mt poids vif (cf. tableau 7)³.

(****) Les chiffres en rouge se réfèrent au schéma de la chaîne alimentaire de la viande, figure 9.

Tableau 7. Production avant et après abattage en Nord-Pas-de-Calais

| Espèces animales | Poids après abattage (tec) | Poids avant abattage calculé (en tonne poids vif) | Coeff. poids vif (%) |
|-------------------------------|-------------------------------|--|-------------------------|
| Bovins | 55 941 | 101 710 | 0,55 |
| Porcins | 36 090 | 51 557 | 0,70 |
| Ovins | 847 | 1 628 | 0,52 |
| Caprins | 3 | 6 | 0,50 |
| Équidés | 161 | 323 | 0,50 |
| Total GA^(α) | 93 042 | 155 224 | |
| Volailles | 28 768 | 43 588 | 0,70 |
| Total cheptel | 121 810 | 198 812 | |

(α) GA = Gros Animaux

Il semble donc que les exportations évaluées par SitraM soient fortement sous-estimées. On considérera que l'exportation d'animaux vivants est de 0,14 Mt⁴, correspondant à la différence entre la somme de la production et de l'importation calculée (0,34 Mt) et la quantité traitée à l'abattage (0,2 Mt). En effet, à dire d'experts, tous les animaux élevés au Nord-Pas-de-Calais ne sont pas nécessairement abattus dans la région, certains producteurs se tournant vers d'autres régions comme la Picardie ou la Belgique, pour des questions de proximité et/ou coût. Il peut exister le phénomène inverse, des producteurs belges ou d'autres régions venant en Nord-Pas-de-Calais abattre leurs animaux, ce qui explique les importations d'animaux vivants (0,30 Mt en poids vif).

La seconde transformation (découpe)

Compte tenu des coefficients de rendement de découpe, le tableau 8 évalue les quantités de viande produites, qui s'élèvent au total à 0,09 Mt⁵.

Tableau 8. Production de viande après la découpe en Nord-Pas-de-Calais

| Espèces animales | Poids avant découpe (tec) | Poids après découpe (tonne de viande) | Coefficient découpe (%) |
|-------------------------------|------------------------------|--|----------------------------|
| Bovins | 55 941 | 39 158 | 0,7 |
| Porcins | 36 090 | 28 872 | 0,8 |
| Ovins | 847 | 635 | 0,75 |
| Caprins | 3 | 2 | 0,75 |
| Équidés | 161 | 121 | 0,75 |
| Total GA^(α) | 93 042 | 68 789 | |
| Volailles | 28 768 | 21 576 | 0,6 |
| Total viande | 121 810 | 90 365 | |

(α) GA = Gros Animaux

Les flux d'import export de viande

L'enquête SitraM nous permet d'évaluer les flux d'importation de viande fraîche, réfrigérée et/ou congelée de 0,30 Mt contre 0,24 Mt d'exportation de viande fraîche. Ce chiffre peut être très imprécis par la nature des types de transport concernant les animaux abattus et découpés hors région, mais qui y reviennent sous forme de viande. Selon les experts consultés, l'importation de viande serait plutôt de 0,35 Mt⁶ de viande, et la quantité de viande disponible pour le marché du frais et de la transformation en Nord-Pas-de-Calais s'élèverait donc à 0,2 Mt.

La consommation humaine locale

L'enquête INCA2 permet d'évaluer la consommation de viande de la région France Nord. En faisant le total de la viande et des plats composés à base de viande, on estime une consommation de 0,18 Mt⁷ par an soit environ 45 kg/an/hab (cf. tableau 9).

Tableau 9. Plats à base de viandes consommées localement par la population en Nord-Pas-de-Calais

| | kg/an/hab | t/an |
|---------------------------------|-----------|----------------|
| Viande | 17 | 68 940 |
| Volaille et gibier | 10 | 39 606 |
| Abats | 1 | 3 443 |
| Total viande fraîche | 28 | 111 989 |
| Charcuterie | 12 | 48 280 |
| Sandwich, casse-croûte | 5 | 22 021 |
| Total viande transformée | 17 | 70 301 |
| Total | 45 | 182 291 |

Les industries agroalimentaires : 3^e étape de transformation

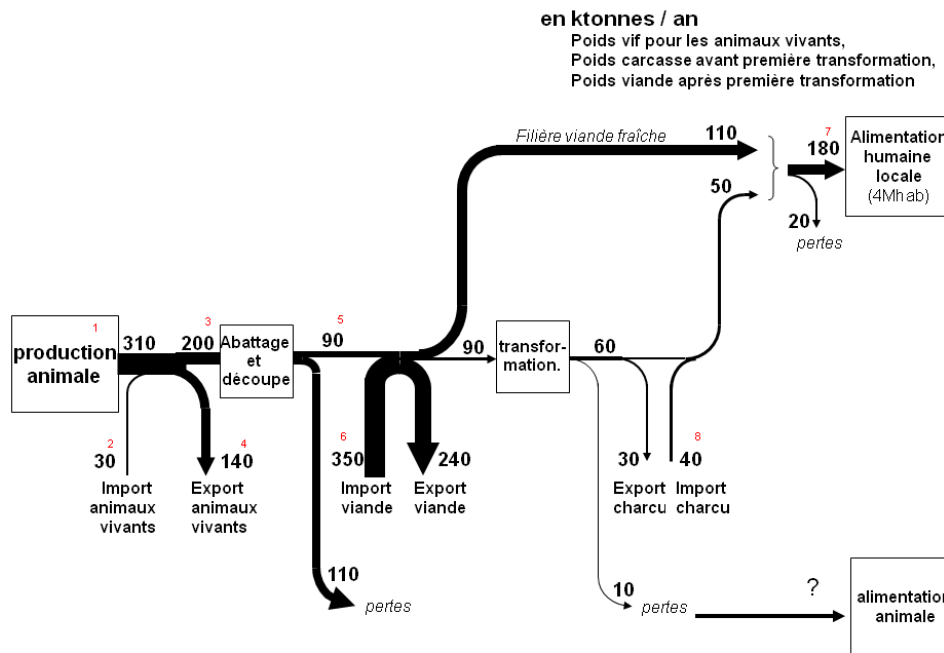
Les données INCA2 permettent également d'estimer la part de la viande fraîche et de viande transformée et les données SitraM d'évaluer les transports de viande après transformations (importation de 0,04 Mt contre 0,03 Mt⁸ d'exportation). On en déduit la quantité traitée en 3^e transformation (charcuteries, plats préparés...).

Conclusions pour la filière viande

Le schéma de circulation de la filière viande met tout d'abord en évidence la part importante d'animaux élevés en région Nord-Pas-de-Calais et abattus hors région : nos estimations montrent en effet qu'environ 30 % des animaux produits dans la région sont abattus et découpés dans d'autres régions, avant d'y revenir. Les infrastructures régionales d'abattage d'animaux vivants peuvent expliquer seulement en partie cette situation : certains abattoirs régionaux comme l'abattoir de porcs de Saint-Pol-sur-Ternoise sont en sous-capacité. D'autres facteurs jouent comme l'espèce abattue ou le coût, qui ne sont pas captés dans le cadre de notre étude. L'abattage se fait en outre aujourd'hui sur de longues distances.

De plus, on note une forte dépendance de la région en termes d'importation de viande (cf. figure 9).

Figure 9. Représentation simplifiée de la chaîne agroalimentaire de la filière de la viande du Nord-Pas-de-Calais, en 2006



Source : Statistique Agricole Annuelle Agreste 2006, INCA2, SitraM, DRAAF

2.2.5. La filière des produits laitiers

On distingue en France 9 bassins laitiers dont le plus important est celui du Grand Ouest avec 33 % des parts dans le volume de lait produit en France. Le Nord-Pas-de-Calais se situe dans le bassin Nord-Picardie Ardennes classé 4^e bassin français. Dans ce bassin, le Nord-Pas-de-Calais représente 50 % du volume de lait produit, 55 % de lait liquide et 70 % des yaourts.

La production laitière

Le cheptel bovin laitier du Nord-Pas-de-Calais est très important et très productif, avec près de 7 000 L/vache/lactation (10 mois). La production totale est de 1,2 milliard de litres de lait (Statistique Agricole Annuelle 2006) (tableau 10), soit environ 5,5 % de la production française. Dans cette production 1,18 milliard de litres de lait sont redirigés vers l'industrie du lait^{*****}.

Le lait est à la base de nombreux produits alimentaires, comme le beurre, le fromage, différents types de lait ou les yaourts (cf. tableau 11). Certains produits de lait transformé sont utilisés dans les industries agroalimentaires, chimiques et pharmaceutiques : lait concentré, lait en poudre, caséine ou lactose.

Les quantités de lait entier mises en œuvre pour la fabrication des produits sont fournies par le CNIEL (cf. tableau 10).

Tableau 10. La collecte du lait en Nord-Pas-de-Calais

| En litres | 2006 |
|----------------------------|---------------|
| Lait de vache | 1 217 670 000 |
| Lait de chèvre | 625 000 |
| Lait de brebis | 28 000 |
| Total tous laits collectés | 1 218 323 000 |

(*****) Les chiffres en rouge se réfèrent à la représentation simplifiée de la chaîne agroalimentaire de la filière laitière, figure 11.

Tableau 11. Conversion des produits en équivalent lait

| Produits pour 1 kg | en litres de lait |
|-----------------------|-------------------|
| Beurre | 22 |
| Emmental | 12 |
| Yaourt | 1 |
| Camembert | 8 |
| Lait en poudre | 8 |
| Lait écrémé en poudre | 10,5 |

Le commerce extérieur

À partir de SitraM, on peut évaluer le commerce extérieur de la filière laitière. Le niveau de précision ne nous permet pas de différencier tous les produits laitiers mais permet de constater d'une part une activité d'exportation importante et d'autre part un équilibre des échanges (cf. tableau 12)².

Tableau 12. Flux d'import et d'export de lait liquide et de produits laitiers

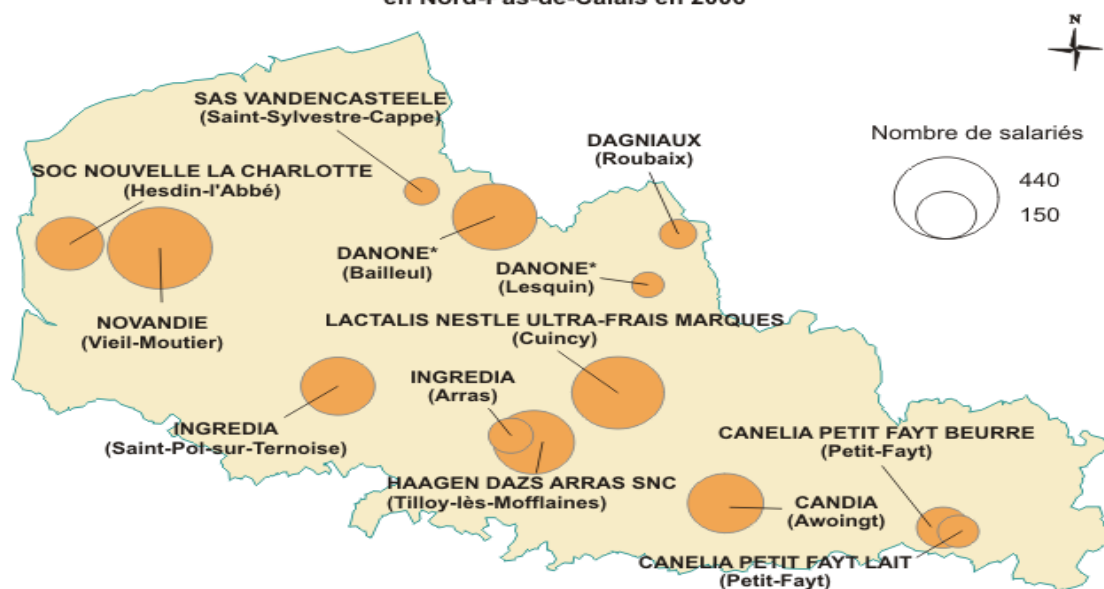
| En tonnes | 2006 | |
|---|-------------|-------------|
| | Importation | Exportation |
| Lait frais et crème fraîche | 340 398 | 313 647 |
| Beurre, fromage et autres produits laitiers | 242 373 | 209 912 |

L'industrie laitière

L'industrie laitière achète le lait cru réfrigéré aux éleveurs (hors vente directe) et le conditionne ou le transforme. Il existe en Nord-Pas-de-Calais cinq grandes industries laitières. Danone (Gervais, Jockey, Taillefine, Activia, Danette, Actimel) et Lactalis (Président, Lactel), groupes d'envergure internationale, sont présents dans la région (cf. figure 10).

Figure 10. Localisation des industries laitières en Nord-Pas-de-Calais.

Carte 1 : Les établissements de l'industrie laitière de plus de 20 salariés en Nord-Pas-de-Calais en 2006



*Nouvelle dénomination DANONE PRODUITS FRAIS FRANCE depuis février 2009
 © IGN-Insee 2009
 Source : Insee - Clap 2006

La consommation de produits laitiers

L'enquête INCA2 permet d'évaluer la consommation finale de produits laitiers en Nord-Pas-de-Calais (cf. tableau 13)³. En appliquant les coefficients de conversion en équivalent lait (cf. tableau 11), on connaît ainsi la quantité de lait utilisée pour fabriquer les différents produits laitiers.

Tableau 13. Plat à base de produits laitiers consommés localement

| | kg/an/hab | t/an | L/an |
|--------------------------------------|------------|----------------|---------------------|
| Lait | 42 | 169 703 | 169 702 975 |
| Ultra-Lait laitier | 30 | 119 226 | 119 225 650 |
| Fromages | 11 | 43 497 | 347 972 299 |
| Beurre | 4 | 15 964 | 351 218 046 |
| Glaces et desserts glacés | 3 | 13 744 | |
| Entremets, crèmes desserts et autres | 10 | 39 425 | |
| Total | 100 | 401 558 | 988 118 9703 |

La deuxième transformation du lait

D'après les données annuelles sur le lait et les produits laitiers de la statistique agricole annuelle, on a en 2^{ème} transformation une production de 214 000 tonnes de yaourt ; en utilisant les coefficients de conversion en équivalent lait, on note une production de 214 millions litres de lait. L'entrée en 2^e transformation (924 millions de litres de lait)⁴, est déduite de la production de lait, de la consommation alimentaire humaine de lait liquide et des imports et exports de lait. Le chiffre en sortie de transformation (720 millions de litres de lait)⁵ est déduit de l'import/export de produits laitiers et de la consommation humaine de produits laitiers. On suppose qu'une partie de cette production part vers l'alimentation animale : lactosérum, lait écrémé, babeurre, liquide ou en poudre.

Les données d'Agreste nous donnent accès seulement aux produits de lait conditionnés et de yaourt, les données relatives aux autres produits laitiers (fromages, beurres, crème, etc.) sont soumises au secret statistique. Or l'on sait que le 1,2 milliard de litres de lait collecté en 2006 n'ont pas été utilisés que pour fabriquer du lait conditionné et des yaourts, mais aussi :

- des produits laitiers de consommation tels que desserts lactés, fromages, beurre, crèmes ;
- des produits intermédiaires, utilisés dans l'alimentaire, les secteurs pharmaceutiques et chimiques. Parmi ces produits il y a du lactosérum, de la poudre de lait, de la caséine, du babeurre. Ces différents produits à base de lait sont répartis à l'échelle nationale, comme indiqué dans le tableau 14.

En France, 85 % du lait est consommé une fois transformé sous forme de beurre, fromage et fromage de lactosérum ou crème.

Tableau 14. Fabrication de produits laitiers en 2013

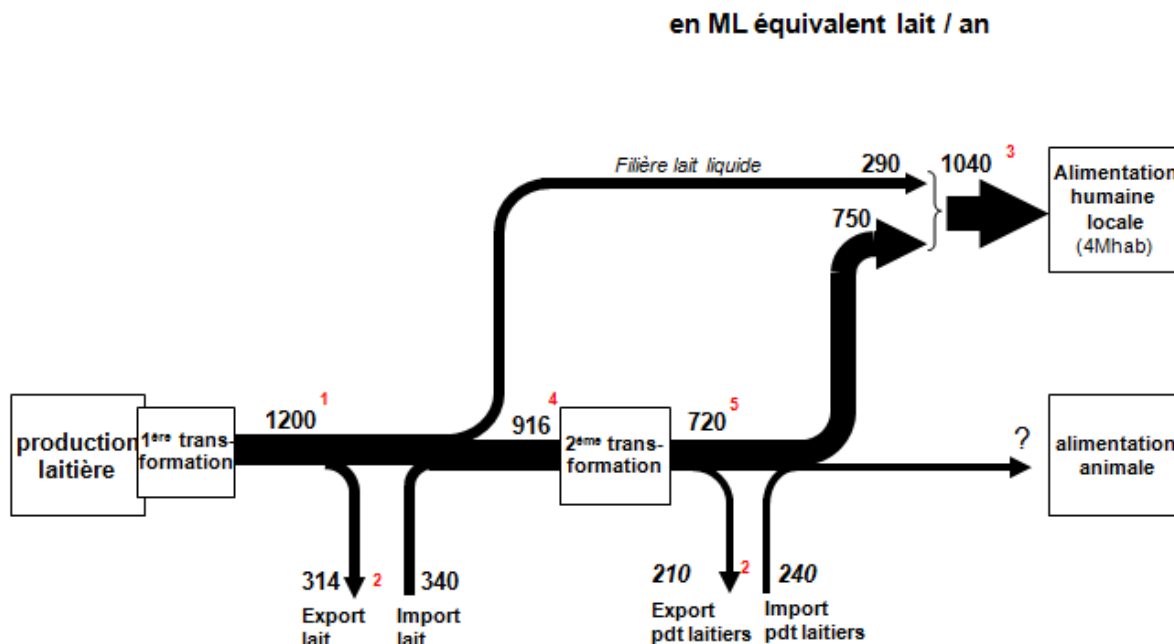
| Utilisation du lait pour la fabrication des produits laitiers (en équivalent MSU-Matière Sèche Utile) | % |
|---|------|
| Fromage | 37,3 |
| Matières grasses laitières | 18,0 |
| Poudres de lait | 14,5 |
| Laits conditionnés | 10,4 |
| Yaourt et Desserts | 6,9 |
| Crèmes conditionnées | 7,3 |
| Poudre de lactosérum | 3,4 |
| Caséine et Caséinates | 1,8 |
| Poudre de babeurre | 0,4 |
| Laits concentrés conditionnés | 0,1 |

Source : Produit Laitier

Conclusions pour la filière des produits laitiers

L'étude de la filière lait met en évidence une filière bien dimensionnée en fonction des besoins locaux, avec des échanges équilibrés avec l'extérieur. Elle montre tout de même que 80 % de la production sont destinés à la 2^e transformation de lait, c'est-à-dire à la production de produits laitiers à destination de l'alimentation humaine principalement, puis de l'alimentation animale (figure 11).

Figure 11. Représentation simplifiée de la chaîne agroalimentaire de la filière laitière en Nord-Pas-de-Calais, en 2006



Source : Statistique Annuelle Agricole 2006, Inca 2006, Produit laitier, CNIEL Chiffres clés 2008, enquête Sitram

2.2.6. La filière de la pêche

Deux grands ports desservent les zones côtières de la région Nord-Pas-de-Calais. Le port de Boulogne-sur-Mer (135 000 hab, selon INSEE 2010) et le port de Dunkerque (91 000 hab selon INSEE 2010).

Le port de Boulogne sur Mer

Le port de Boulogne sur mer profite d'une position géographique exceptionnelle ; en effet, il est dans une position stratégique à proximité du détroit le plus fréquenté au monde entre l'Europe du Nord et de l'Europe du Sud. C'est le premier port de pêche en France.

Ce port a la particularité d'être situé dans la zone de rencontre de tous les réseaux de transports (maritime, terrestre et ferroviaire) qui permet au commerce de s'intensifier et de s'organiser autour de plusieurs axes de transport. Ce commerce est favorisé par son équipement performant et une capacité de stockage adaptée à tous les types de trafics, permettant ainsi aux utilisateurs de faire transiter leurs marchandises.

Avec 380 000 tonnes en entrée chaque année, les produits de la mer font de Boulogne-sur-Mer une plateforme logistique incontournable pour la région.

Le port de Dunkerque

Premier port fluvial du Nord-Pas-de-Calais et 3^e port de France, le port de Dunkerque, situé sur la Mer du Nord, profite de son emplacement géographique pour faciliter son commerce extérieur avec l'Europe du Nord-Est. Ses installations lui permettent de recevoir tous types de marchandises et sa grande réserve d'espace lui permet de stocker sur des kilomètres des tonnes de stocks de marchandises (principalement des céréales pour le secteur agricole).

Les produits de la mer

La filière de la pêche se répartit en deux filières, d'un côté la pêche maritime (la pêche fraîche et la pêche congelée) puis l'aquaculture qui se répartit en deux catégories, la pisciculture et la conchyliculture.

La pêche et les produits de la mer de la région représentent près de 20 % de la production française. Le Nord-Pas-de-Calais est la deuxième région française en termes de produits de la mer dont les plus connus sont le lieu noir (6 423 tonnes en 2006), le merlan (5 476 tonnes) et le hareng qui totalise 5 100 tonnes.

Le saumon, la crevette tropicale et l'aquaculture sont également des activités très importantes pour les entreprises régionales dont le poids économique est important.

Pêche et aquaculture

En s'appuyant les données pêche fraîche et congelée renseignées par la direction des pêches maritimes et de l'aquaculture (DPMA), on peut évaluer le volume de pêche dans les ports de Boulogne-sur-Mer et de Dunkerque 2006 (cf. tableau 15).

Tableau 15. Données en tonnes de pêche fraîche et congelée en 2006

| Les grands ports | Tonnes/an |
|------------------|---------------|
| Boulogne sur Mer | 37 948 |
| Dunkerque | 822 |
| Total | 38 770 |

Source : DPMA

Les données d'aquaculture sont issues du Bilan Mer de 2010 et regroupent, pour la pisciculture, la production en tonnes du Nord-Pas-de-Calais et de la Picardie et, pour la conchyliculture, la production Nord-Normandie (cf. tableau 16).

Tableau 16. Données en tonnes de l'activité d'aquaculture dans le Nord de la France en 2010

| | Tonnes/an |
|--------------------|---------------|
| Pisciculture | 5 599 |
| Conchyliculture | 6 420 |
| <u>Aquaculture</u> | <u>12 019</u> |

Source : Conseil Régional du Nord – Pas de Calais, Bilan Mer 2010

Les données d'importation et d'exportation de pêche et de produits de la Mer sont données par AMSTRAM.

2.3. Une représentation synthétique du système agroalimentaire

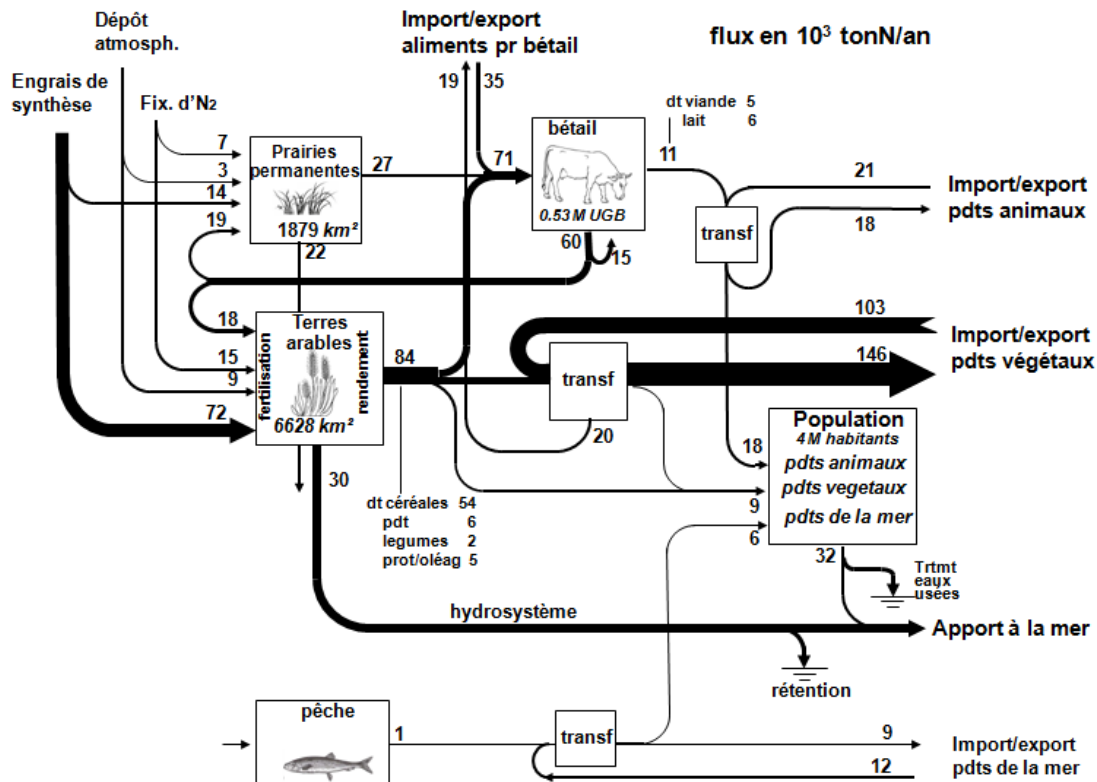
2.3.1. Schématisation des flux d'azote dans le système agroalimentaire du Nord-Pas-de-Calais

Pour synthétiser les résultats de l'analyse des principales filières exposés ci-dessus, une unité commune doit être adoptée. Le contenu énergétique (kcal) aurait pu être choisi, comme c'est souvent le cas dans une perspective diététique. Nous avons préféré utiliser le contenu en protéines (exprimé en kg d'azote), d'une part à cause du rôle nutritionnel majeur des protéines dans l'alimentation, d'autre part parce que l'azote est à la fois le déterminant essentiel de la fertilisation agricole et le polluant principal de l'agriculture.

L'ensemble des flux de produits agricoles tels que ceux représentés dans l'analyse des filières individuelles sont ainsi convertis en azote protéique contenu (au moyen de tables de correspondance bien documentées, voir par exemple Lassaletta *et al.*, 2014). Les apports d'azote aux sols agricoles sont aussi représentés dans le schéma, ainsi que la consommation, la production et l'excrétion du bétail. Ce mode de représentation, proposé par Billen *et al.* (2012, 2014) offre ainsi une représentation générique de l'ensemble du système agroalimentaire (GRAFS, pour *Generic Representation of Agro-Food Systems*). Le résultat est représenté dans la figure 12.

On retrouve dans cette analyse les caractéristiques déjà évoquées pour chacune des filières individuelles : la faible part de la consommation finale directe des ménages dans la production agricole régionale, destinée pour une large part à l'industrie de transformation et à l'exportation ; un système en définitive très ouvert sur l'extérieur, exportateur net de produits végétaux mais important plus qu'il n'exporte de produits animaux et d'aliments pour le bétail. En effet, le Nord-Pas-de-Calais, du fait de son intense activité portuaire (Dunkerque et Calais), mais aussi grâce à l'importance de son secteur de la transformation alimentaire, est traversé de flux importants de produits agricoles, pour une large part destinés à l'exportation.

Figure 12. Représentation du système agro-alimentaire de la région du Nord – Pas de Calais en termes de flux d'azote (GRAFS), en 2006



La consommation alimentaire locale, particulièrement en ce qui concerne les produits végétaux, joue un rôle mineur sur l'organisation de la chaîne agroalimentaire. Toutefois, la forte consommation de produit animal justifie l'importance du secteur de l'élevage et de l'alimentation du bétail qui structurent très largement l'organisation du système et en consomme la plus grande partie des flux.

2.3.2. Les connexions du système agroalimentaire avec l'hydro système

La représentation GRAFS permet aussi un premier diagnostic de l'impact du système agroalimentaire sur l'hydro système. Ainsi, le bilan des apports et des exports d'azote des terres arables (les plus susceptibles de lessivage) s'élève à 25 milliers de tonnes d'azote par an (ktN/an), soit 38 kgN/ha/an, un indicateur qui permet d'évaluer les apports diffus agricoles, et de les comparer aux apports ponctuels domestiques, 32 ktN/an, avant épuration.

3. Modélisation de la qualité de l'eau en réponse à l'organisation de la chaîne agroalimentaire

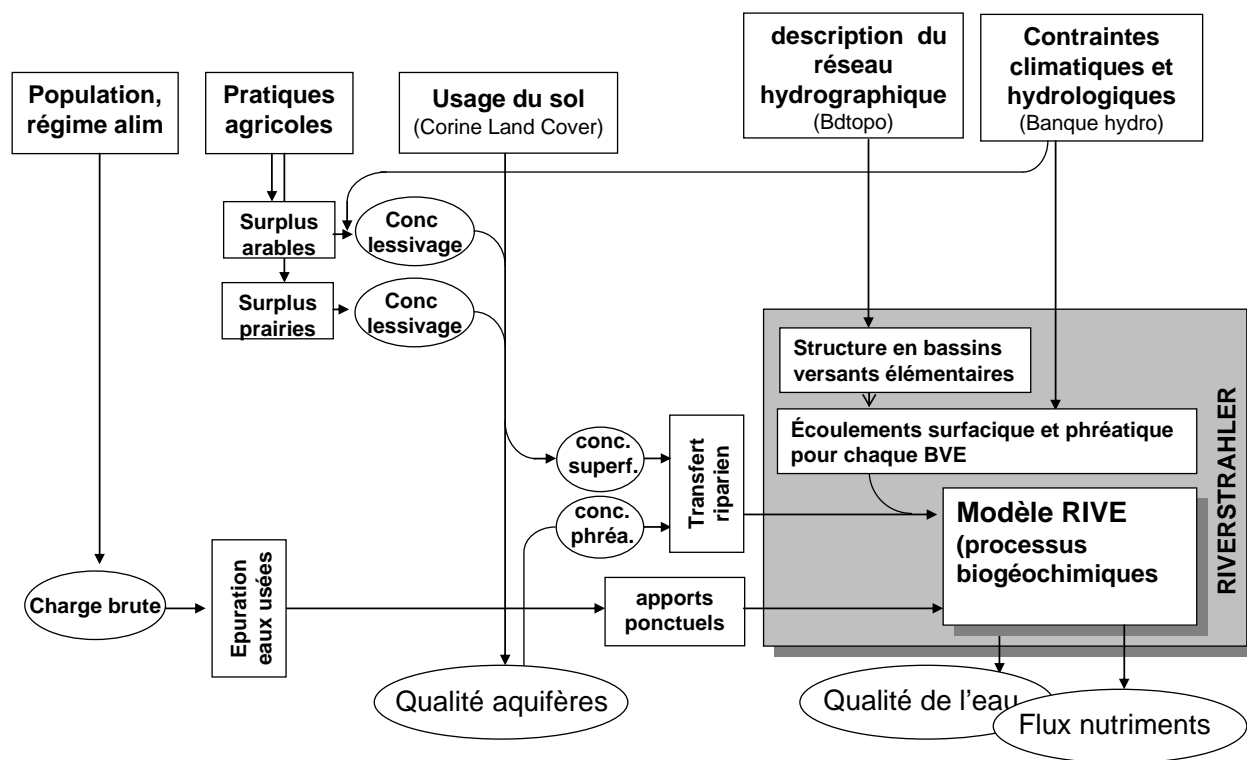
3.1. La démarche et les outils mis en œuvre

Au-delà de la description de la chaîne agroalimentaire dans le territoire régional et des réflexions que mènent les instances régionales sur sa politique de l'alimentation, nous cherchons à mettre en évidence comment, dans ce territoire, les pratiques agricoles, la consommation alimentaire et la gestion des eaux usées déterminent la qualité des eaux souterraines et de surface. En effet, l'agriculture est aujourd'hui la première cause d'altération de la qualité des eaux souterraines et des eaux de surface. La question de la compatibilité territoriale de la production de nourriture avec la production d'eau potable se pose donc dans les choix de gestion de l'occupation des sols.

La modélisation permet non seulement de mettre en évidence le lien entre les pratiques agricoles et leur répartition territoriale, mais aussi de simuler, à travers divers scénarios, comment une modification de l'organisation de la chaîne agroalimentaire pourrait se traduire en terme de qualité des eaux.

La chaîne de modélisation mise en œuvre ici est centrée autour de l'utilisation du modèle SENEQUE du fonctionnement bio-géochimique des réseaux hydrographiques (cf. figure 4). Elle permet de relier pour chaque bassin hydrographique, les pratiques agricoles et l'usage du sol, la population et son régime alimentaire d'une part, avec la qualité des eaux souterraines et des eaux de surfaces, ainsi que les flux de nutriments apportés au milieu marin d'autre part, comme illustré dans la figure 13.

Figure 13. Modélisation du lien entre chaîne agroalimentaire et qualité des eaux



Légende : Conc = Concentration

3.2. Établissement et calibration d'une simulation de référence

Nous disposons d'un jeu de données de contraintes représentatives des pressions actuelles exercées sur les réseaux hydrographiques de la région Nord-Pas-de-Calais, issus de travaux antérieurs de l'UMR Métis. En particulier, en ce qui concerne les apports ponctuels, les données relatives aux charges des stations d'épuration au cours des dix dernières années nous ont été communiquées par l'Agence de l'Eau Artois-Picardie. En ce qui concerne la pollution azotée diffuse, nous nous basons sur les résultats de l'analyse des flux d'azote aux sols agricoles, et en déduisons les concentrations de lessivage. Ces concentrations définissent le niveau moyen de contamination nitrique de la recharge des aquifères. Leur comparaison avec le niveau de contamination nitrique des rivières (typiquement très inférieur à celui des aquifères) permet de calibrer un taux moyen de rétention par les zones humides riveraines des cours d'eau, qui dépend en outre de la température.

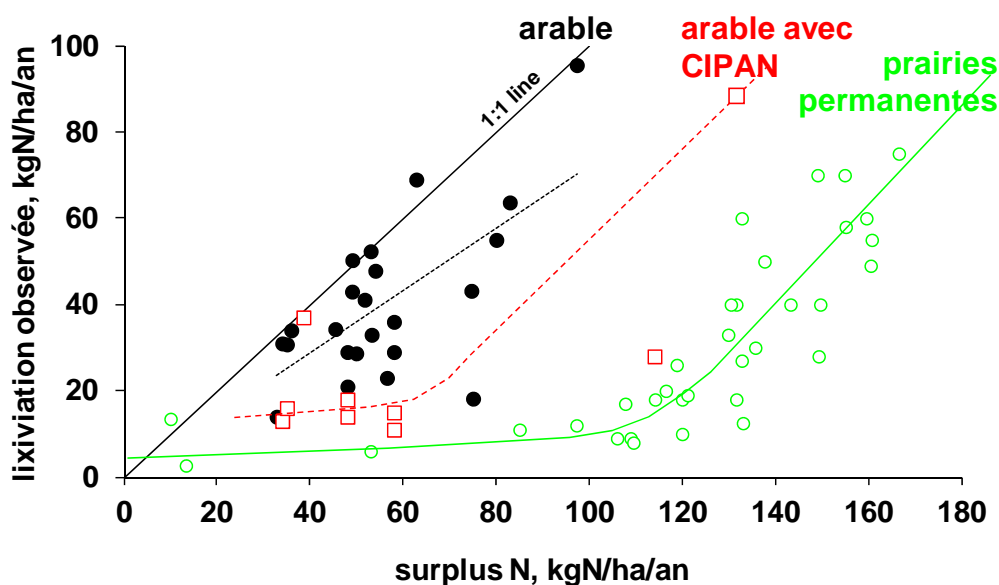
3.2.1. Caractérisation des surplus agricoles et des concentrations de lessivage

Le surplus azoté est défini par la différence entre le total des apports d'azote aux sols agricoles (en distinguant prairies permanentes et terres arables) et l'exportation d'azote par la récolte, intégré sur un cycle complet de rotation culturale. Il peut se calculer pour l'ensemble de l'assolement régional à partir des données statistiques agricoles, ou à partir d'informations sur les pratiques culturales.

Pour les terres arables, en l'absence de mise en place systématique de cultures intermédiaires, le lessivage représente 70 % du surplus (cf. figure 14). Les prairies permanentes ont la capacité de stocker dans le pool de matière organique du sol une part importante du surplus, jusqu'à une valeur de 100 kgN/ha/an. Le lessivage peut alors se calculer selon la formule :

$$\text{Lessivage (prairies)} = \max(2 \text{ kgN/ha/an}, (\text{surplus} - 100 \text{ kgN/ha/an})).$$

Figure 14. Relation empirique entre lessivage et surplus (Billen et al., 2012)



La concentration de lessivage est calculée en tenant compte de la valeur moyenne à long terme de la lame d'eau infiltrée annuellement.

Celle-ci est définie à partir des écoulements spécifiques annuels enregistrés dans la Banque Hydro. Une valeur de 228 mm/an peut être retenue pour le Nord-Pas-de-Calais.

Le tableau 17 rassemble les données, issues de l'analyse des flux d'azote aux sols agricoles, qui permettent de définir pour la situation actuelle, les surplus et les concentrations de lessivage des sols des prairies permanentes et des terres arables.

Tableau 17. Bilan GRAFS des prairies permanentes et des terres arables (REF)

| | unités | Prairies permanentes | Terres arables |
|--------------------------------|-----------|----------------------|----------------|
| Surface | ha | 182 700 | 631 369 |
| Production | kgN/ha/an | 150 | 133 |
| <i>fertilisation minérale</i> | kgN/ha/an | 78 | 115 |
| <i>fertilisation organique</i> | kgN/ha/an | 7 | 28 |
| <i>apport au pâturage</i> | kgN/ha/an | 98 | |
| <i>fixation symbiotique</i> | kgN/ha/an | 74 | 24 |
| <i>dépôt atmosphérique</i> | kgN/ha/an | 14 | 14 |
| Total apports | kgN/ha/an | 271 | 181 |
| <i>Ymax</i> | kgN/ha/an | 337 | 497 |
| Surplus | kgN/ha/an | 121 | 48 |
| Lessivage | kgN/ha/an | 21 | 34 |
| Lame d'eau | mm/an | 228 | 228 |
| Concentration lessivage | mgN/l | 9 | 15 |

3.2.2. La concentration nitrique des aquifères

Dans le cas des aquifères libres, la teneur en nitrates reflète l'historique des concentrations infiltrées depuis les différents types d'usage du sol sur une période de l'ordre de leur temps de renouvellement. Leur concentration tend vers celle des conditions actuelles de lessivage.

Dans les aquifères captifs, la teneur en nitrate reflète des couvertures du sol beaucoup plus anciennes et peut en outre être affectée par des processus de dénitrification.

Cependant, le niveau moyen de concentration nitrique sous-racinaire de 9 à 15 mgN/L calculé par l'approche de bilan d'azote (tableau 17) est cohérent avec la teneur moyenne en nitrates des captages souterrains en nappes libres en région Nord-Pas-de-Calais, de 9 à 11 mgN/L (Agence de l'Eau Artois-Picardie, 2013).

3.2.3. La concentration nitrique des eaux de surface

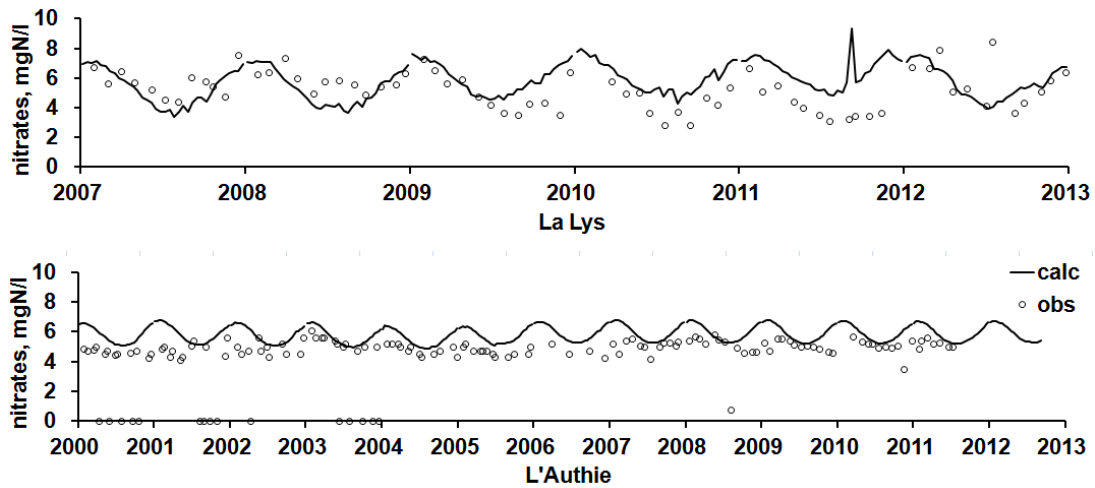
Le modèle Riverstrahler calcule la teneur en nitrates dans tous les cours d'eau du réseau hydrographique à partir des données spatialisées de l'usage du sol, des données saisonnières d'écoulement spécifique superficiel et phréatique et de la concentration nitrique de ces deux composantes de l'écoulement pour chaque type d'usage du sol (cf. figure 13).

Des mesures de concentration en azote (nitrique et ammoniacal) sont disponibles auprès de l'Agence de l'Eau Artois-Picardie, aux stations exutoires de tous les bassins versants considérés, à raison de 6 à 12 valeurs par an, au cours de la dernière décennie.

Le seul paramètre qui nécessite une calibration dans notre démarche de modélisation est la rétention riparienne, qui affecte les flux de nitrates issus des bassins versants avant qu'ils ne rejoignent les eaux de surface. Deux paramètres caractérisent cette rétention : sa valeur maximale et l'amplitude de sa dépendance à la température.

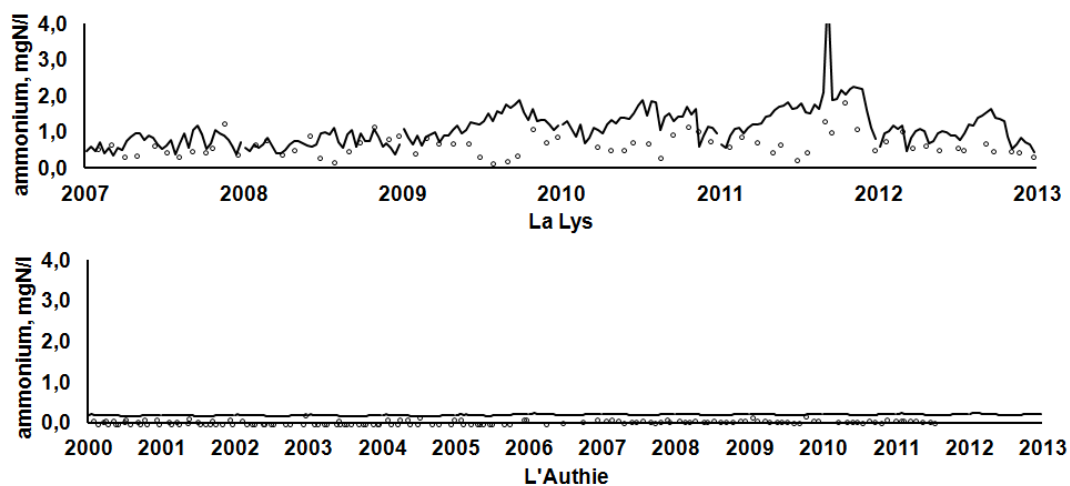
La comparaison des résultats du modèle avec les observations (cf. figure 15) permet de définir un seul jeu de paramètres de rétention riparienne qui permet de représenter correctement à la fois le niveau moyen de concentration en nitrates et sa saisonnalité. Le niveau moyen de contamination nitrique, situé entre 4 et 6 mgN/L, est bien rendu pour un taux de rétention riparienne à 25 °C (R_{max}) de 60 %. La saisonnalité observée des concentrations en nitrates est compatible avec une relation à la température de cette rétention de la forme $R = R_{max} \cdot \exp[-(t^{\circ} - t_{opt})^2 / dti^2]$ avec $dti = 40^{\circ}C$

Figure 15. Deux exemples de simulation par le modèle Sénèque de la concentration en nitrates : la Lys à la frontière belge et l'Authie à son exutoire



La simulation des autres variables de qualité ne demande aucune calibration supplémentaire et la comparaison des valeurs simulées et observées apporte donc une forme de validation du modèle. La figure 16 présente ainsi, à titre d'exemple, la simulation des concentrations en ammonium dans deux rivières.

Figure 16. Deux exemples de simulation par le modèle Sénèque de la concentration en ammonium : la Lys à la frontière belge et l'Authie à son exutoire.



3.2.4. Les flux aux exutoires

Le modèle Riverstrahler permet le calcul des flux d'azote, de phosphore et de silice à l'exutoire des cours d'eau. Lorsqu'il s'agit d'exutoires fluviaux, plus que la valeur absolue du flux d'azote, c'est le déséquilibre des flux de ces trois nutriments qui est responsable des phénomènes d'eutrophisation marine côtière. Ce déséquilibre se caractérise par la valeur de l'N-ICEP (Indicator of coastal eutrophication potential) défini de la façon suivante (Billen & Garnier, 2007) :

$$N-ICEP = [NFlx / (14 \cdot 16) - SiFlx / (28 \cdot 20)] \cdot 106 \cdot 12$$

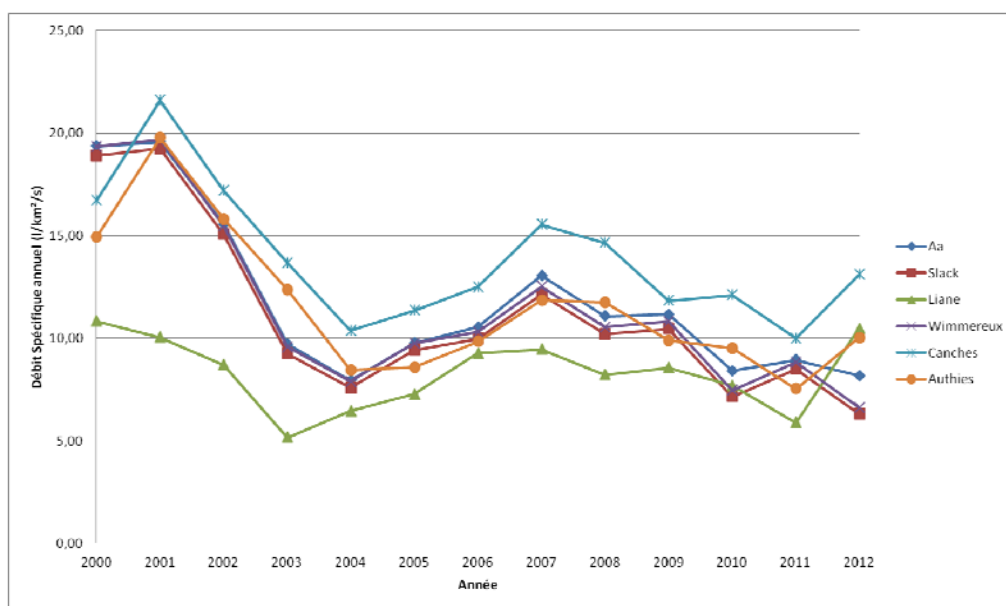
où NFlx et SiFlx sont les flux d'azote et de silice totale délivrés à l'exutoire du bassin hydrographique et exprimés en kgN/km²/jour et en kgSi/km²/jour.

Le tableau 18 rassemble les valeurs des flux aux exutoires des principaux cours d'eau de la région, moyennés sur la dernière décennie de manière à s'affranchir des importantes fluctuations interannuelles du débit (cf. figure 17).

Tableau 18. Flux de nutriments à l'exutoire des principaux cours d'eau du Nord-Pas-de-Calais

| Rivière | Surf BV km ² | Q sp moy l/km ² /s | Flx N kgN/km ² /an | Flx P kgP/km ² /an | FlxSi kgSi/km ² /an | N-ICEP kgC/km ² /jour |
|----------------------|----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| Authie | 1 022 | 11,56 | 2 193,56 | 29,28 | 5 810,73 | -743,89 |
| Canche | 1 327 | 13,89 | 2 622,44 | 36,15 | 6 896,85 | -774,55 |
| Wimereux | 78 | 11,45 | 1 667,71 | 59,60 | 4 347,15 | -403,70 |
| Liane | 267 | 8,31 | 1 450,41 | 148,62 | 3 023,20 | 1 367,40 |
| Slack | 155 | 11,09 | 1 839,95 | 38,97 | 4 731,92 | -303,23 |
| Aa | 1 558 | 11,79 | 2 233,25 | 38,91 | 5 867,61 | -646,22 |
| Lys | 2 787 | 7,27 | 2 042,14 | 111,18 | 1 480,28 | 8 234,72 |
| Scarpe-Escaut | 4 939 | 5,73 | 1 294,61 | 112,08 | 1 126,36 | 4 793,09 |

Figure 17. Évolution des débits spécifique (L/km²/s) de 2000 à 2012 au niveau des bassins côtiers de la région du Nord-Pas-de-Calais



3.3. Définition et modélisation de 4 scénarios

Différents scénarios prospectifs ont été discutés durant le Comité de pilotage de notre étude. Ces scénarios s'appuient à la fois sur les travaux prospectifs réalisés par la région Nord-Pas-de-Calais (Virage-Énergie, Exercice Clim'Agri) exposés plus haut (§ 1.3) et sur les résultats de l'analyse des flux dans les filières agricoles et de leur bilan de circulation d'azote (GRAFS).

Quatre scénarios ont ainsi été retenus :

(i) Le premier (**DERU**) ne concerne que l'épuration des eaux usées urbaines. Il suppose simplement l'achèvement de la mise aux normes les plus sévères des dispositifs d'épuration des eaux usées des agglomérations de plus de 2 000 habitants. Cette hypothèse sera retenue pour tous les autres scénarios.

(ii) Le scénario de 'tendances centrifuges' (**TCF**), qui n'est en vérité défendu par aucun acteur régional, consiste simplement dans la poursuite des tendances lourdes de l'évolution de l'agriculture observée sur les dernières décennies : accroissement de la production agricole à destination de l'exportation et des industries agroalimentaires, recul de l'élevage.

(iii) Le scénario de changement modéré de l'agriculture (**CM20**), correspond aux hypothèses de l'exercice Clim'Agri, jugées réalistes par la profession agricole à l'horizon 2020.

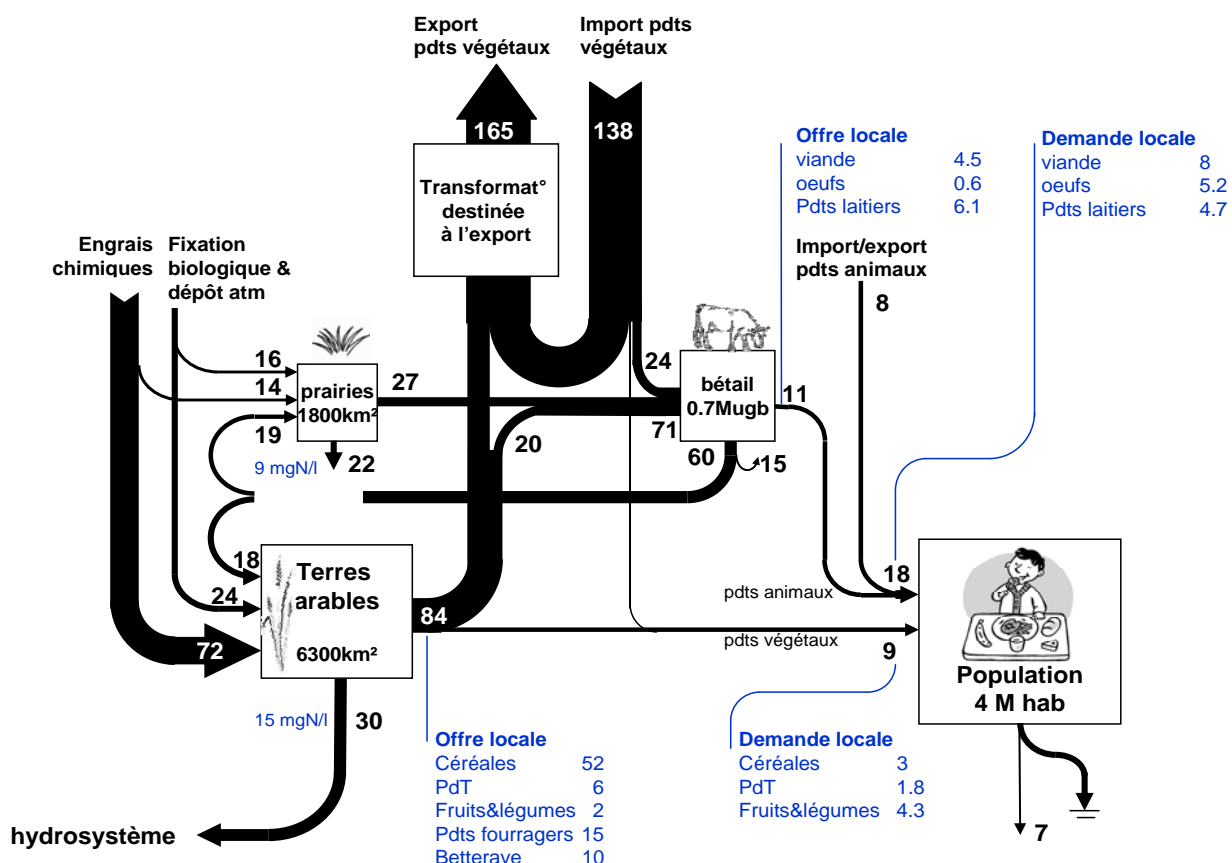
(iv) Enfin le scénario de changement radical de l'agriculture (**CR50**) est plus en phase avec les hypothèses de Virage Énergie qui préconisent à un horizon plus lointain (2050) un recentrage de l'activité agricole sur les besoins locaux, une modification du régime alimentaire dans le sens d'une réduction de la consommation de produits animaux, et la généralisation d'une agriculture à bas niveau d'intrants.

3.3.1. Modélisation des contraintes des différents scénarios

Scénario de référence

Le scénario de référence est constitué par la description en termes de flux d'azote de la chaîne agroalimentaire du Nord-Pas-de-Calais en 2006, détaillée en partie 2. La figure 18 résume schématiquement cette description.

Figure 18. Flux d'azote dans le système agroalimentaire du Nord-Pas-de-Calais, référence 2006 (en 1 000 tN/an)



Globalement, la région est exportatrice nette de protéines végétales par ses exportations de céréales et de pomme de terre et de produits transformés. La part dans le devenir de la production agricole de la transformation industrielle, largement tournée vers l'exportation de ses produits, rend difficile un bilan d'approvisionnement précis de la région. Elle est importatrice de viande, mais autosuffisante en produits laitiers. L'alimentation du bétail repose en gros pour un tiers sur la production des prairies, un tiers sur les productions fourragères locales et pour un tiers sur l'importation d'aliments pour animaux.

Scénario de la mise aux normes des stations d'épurations des eaux usées (DERU)

Pour ce scénario, la paramétrisation des apports diffus agricoles est identique à celle du scénario de référence, avec cependant l'amélioration du traitement des eaux usées. On a donc porté toutes les stations d'épuration de taille supérieure à 2 000 équivalents habitants au niveau de traitement tertiaire de l'azote, avec élimination de 80 % de la charge azotée totale par nitrification et dénitrification.

Scénario à tendances centrifuges (TCF)

Bien qu'il ne soit défendu par aucune partie prenante de la région, nous avons construit un scénario extrême de ce que pourrait être l'avenir du système agroalimentaire du Nord-Pas-de-Calais si l'on prolonge simplement les tendances évolutives observées au cours des 40 dernières années : une diminution importante du cheptel animal et des surfaces en herbe, une augmentation de la productivité des grandes cultures et de leur niveau de fertilisation, une spécialisation et une ouverture croissante des productions agricoles.

Ce scénario extrême envisage donc une complète disparition de l'élevage et des surfaces en herbe. Les surfaces libérées sont entièrement affectées aux grandes cultures, qu'on suppose conduites selon le même type de rotations qu'actuellement (donc la même proportion des différentes cultures), mais avec une augmentation de 15 % de la fertilisation totale. Le rendement global (intégré sur l'ensemble de l'assolement) est calculé à partir de la relation rendement/fertilisation :

$$Y = Y_{\max} * F / (F + Y_{\max}) \quad (1)$$

calibrée sur la production actuelle des terres arables ($Y_{\max} = 400 \text{ kgN/ha/an}$). Il correspond à un accroissement de la production par ha de 10%.

Cet accroissement de productivité combiné à un accroissement de 25 % de la surface des terres arables par conversion des prairies permanentes conduit ainsi à une augmentation de la production agricole totale de 38 %, que l'on suppose répartie également sur les productions actuelles. Le surplus azoté par ha se terres arables s'accroît pour sa part de 27 %, cf. tableau 19.

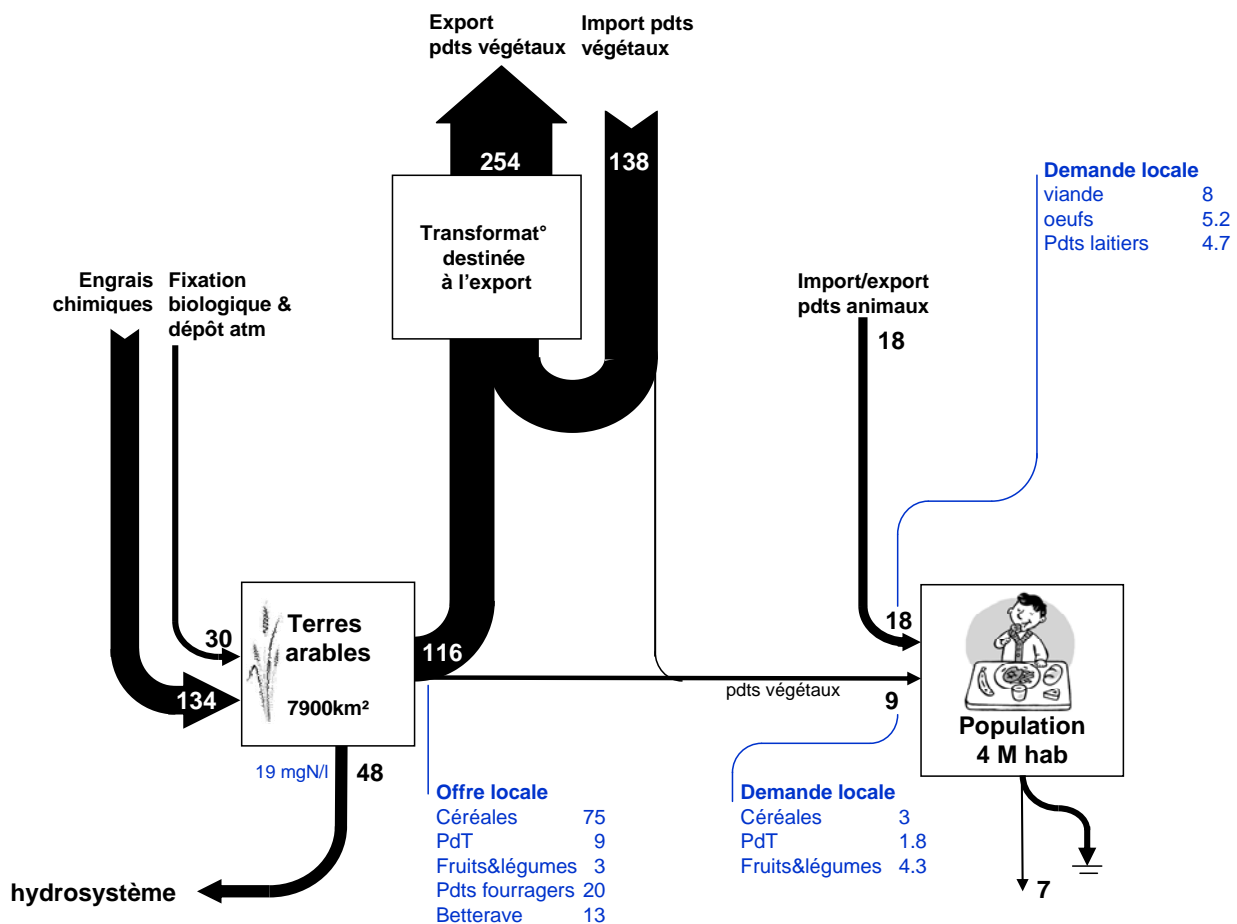
La demande locale est inchangée. Avec une hypothèse de maintien des importations destinées à la transformation agro-industrielle, on a augmenté le volume de celle-ci d'une valeur égale à l'accroissement de production agricole, additionnée de la production antérieurement utilisée pour l'alimentation du bétail et maintenant disponible pour l'exportation avec ou sans transformation.

Le scénario est résumé dans la figure 19.

Tableau 19. Bilan GRAFS pour le scénario TCF

| | unités | Prairies permanentes | Terres arables |
|--------------------------------|-----------|----------------------|----------------|
| Surface | ha | 0 | 788 255 |
| Production | kgN/ha/an | - | 147 |
| <i>fertilisation minérale</i> | kgN/ha/an | - | 170 |
| <i>fertilisation organique</i> | kgN/ha/an | - | - |
| <i>apport au pâturage</i> | kgN/ha/an | - | - |
| <i>fixation symbiotique</i> | kgN/ha/an | - | 24 |
| <i>dépôt atmosphérique</i> | kgN/ha/an | - | 14 |
| Total apports | kgN/ha/an | - | 208 |
| <i>Y_{max}</i> | kgN/ha/an | - | 497 |
| Surplus | kgN/ha/an | - | 61 |
| Lessivage | kgN/ha/an | - | 43 |
| lame d'eau | mm/an | - | 228 |
| conc lessivage | mgN/l | - | 19 |

Figure 19. Flux d'azote dans le système agroalimentaire du Nord-Pas-de-Calais selon le scénario tendanciel centrifuge



Scénario du changement modéré de l'agriculture à l'horizon 2020 (CM2020)

Il s'agit d'un scénario consensuel correspondant aux options retenues dans l'exercice Clim'Agri Nord – Pas de Calais pour atteindre les objectifs 2020 du SRCAE (cf. partie 1.3.2).

L'élevage est maintenu à son niveau actuel, mais avec un accroissement de 10 % de temps de pâturage et donc des surfaces en herbe. En ce qui concerne l'agriculture, il prévoit une réduction de 15 % de la fertilisation minérale en agriculture conventionnelle, et le passage de 6 % de la SAU à l'agriculture biologique. Une augmentation de 5 % de la surface forestière du Nord-Pas-de-Calais est également prévue, aux dépens de la surface agricole.

Le bilan d'azote des prairies reste inchangé, puisque l'accroissement du temps de pâturage est compensé par un accroissement de la surface.

En agriculture conventionnelle, la réduction de fertilisation résultant à la fois de l'accroissement du temps de pâturage et de la baisse de la fertilisation minérale, se traduit par une réduction de la production par ha de 11% (application de la relation (1)), sans modification notable de la part des différentes productions actuelles.

En agriculture biologique, on considère des rotations longues du type : Luzerne-Luzerne-Blé-Céréale secondaire-Légumineuse graine-Blé-culture légumière, avec un bilan de fertilisation et de production tel qu'observé sur les grandes cultures bio actuelles (Anglade *et al. in press*) :

| | |
|---------------------------|--|
| Fertilisation organique : | 30 kgN/ha/an |
| Dépôt atmosphérique : | 14 kgN/ha/an |
| Fixation symbiotique : | 100 kgN/ha/an |
| Total : | 144 kgN/ha/an |
| Production : | 112 kgN/ha/an (application de la relation (1)) |
| Surplus : | 32 kgN/ha/an |

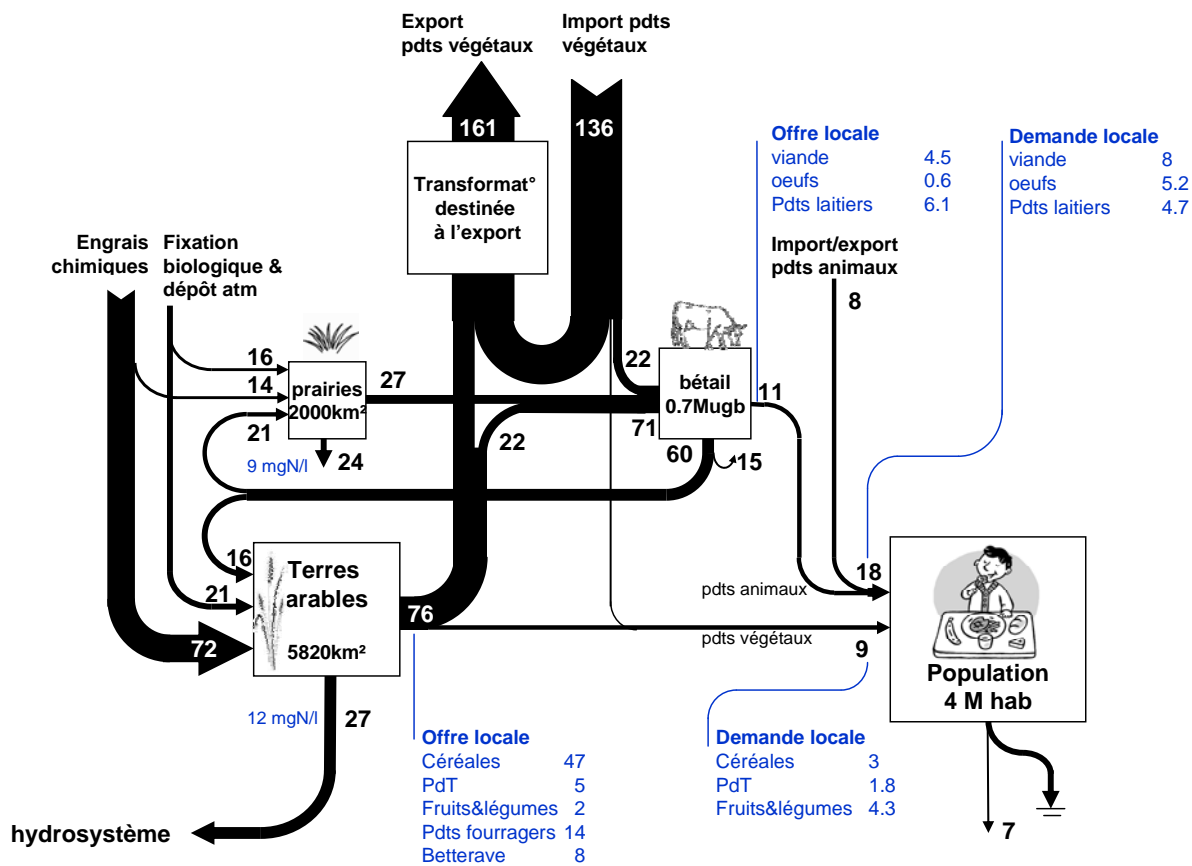
La production agricole globale est estimée à 76 ktN/an (soit 90 % de la production actuelle) avec une part du bio de 5 %.

Ce scénario n'implique pas de modification structurelle profonde de la chaîne agroalimentaire régionale, si ce n'est une légère augmentation de l'autonomie fourragère grâce à la production de légumineuses par l'agriculture biologique. Il permet une légère baisse de la contamination nitrique de l'hydro système, cf. tableau 20. Le scénario est résumé dans la figure 20.

Tableau 20. Bilan GRAFS pour le scénario CM2020

| | unités | Prairies permanentes | Terres arables (hors bio) |
|--------------------------------|-----------|----------------------|---------------------------|
| Surface | ha | 201 000 | 547 000 |
| Production | kgN/ha/an | 150 | 124 |
| <i>fertilisation minérale</i> | kgN/ha/an | 78 | 97 |
| <i>fertilisation organique</i> | kgN/ha/an | 7 | 29 |
| <i>apport au pâturage</i> | kgN/ha/an | 98 | |
| <i>fixation symbiotique</i> | kgN/ha/an | 74 | 24 |
| <i>dépôt atmosphérique</i> | kgN/ha/an | 14 | 14 |
| Total apports | kgN/ha/an | 271 | 164 |
| <i>Y_{max}</i> | kgN/ha/an | 337 | 497 |
| Surplus | kgN/ha/an | 121 | 40 |
| Lessivage | kgN/ha/an | 21 | 28 |
| Lame d'eau | mm/an | 228 | 228 |
| Concentration lessivage | mgN/l | 9 | 12 |

Figure 20. Flux d'azote dans le système agroalimentaire du Nord-Pas-de-Calais selon le scénario de changement modéré de l'agriculture (CM2020), en 1 000 tonnes N/an



Scénario changement radical de l'agriculture et de la conso alimentaire (CR2050)

Ce scénario de rupture a pour élément central une reconnexion entre agriculture et alimentation, accompagnée de changements importants tant au niveau des modes de production agricole que de consommation finale.

Le scénario prévoit une modification du régime alimentaire (en Nord – Pas de Calais comme dans les régions périphériques vers lesquelles le Nord – Pas de Calais exporte une part importante de sa production : Île de France, Picardie, Belgique), conforme à l'assiette nationale du scénario Aferres 2050 (Solagro 2012), assiette reprise dans le scénario « alimentation » de l'étude prospective Virage-Energie Nord – Pas de Calais « *Scénarios de sobriété énergétique et transformations sociétales* » (hypothèses douces) et dans le SRADDT 2012 (Schéma Régional d'Aménagement et de Développement Durable du Territoire), cf. partie 1.3.1 : réduction de moitié de la consommation de protéines animales, au profit des légumineuses graines.

L'élevage est également réduit de moitié en effectif et en production, mais la surface de prairies permanentes n'est diminuée que de 32 % de manière à produire la même proportion d'herbe dans l'alimentation du bétail malgré une plus faible fertilisation (les apports à l'hectare de fertilisants minéraux sont réduits à 25 % de leur valeur actuelle et les apports au pâturage de 50 % en raison de la diminution du cheptel).

Enfin, le scénario prévoit une augmentation de 10 % de la surface forestière, par reforestation de terres agricoles.

En ce qui concerne les terres arables, la moitié de la surface est exploitée en agriculture biologique, comme décrit dans le scénario précédent. L'autre moitié est en agriculture intégrée, caractérisée par une utilisation d'engrais de synthèse diminuée de 75 %, et par le recours à des cultures de légumineuses fixatrices d'azote. Ces hypothèses sont conformes au scénario national Aferres 2050, aux hypothèses radicales du scénario « alimentation » de l'étude prospective Virage-Energie Nord – Pas de Calais « *Scénarios de sobriété énergétique et transformations sociétales* » et au SRADDT 2012.

Le bilan des productions et de la fertilisation des terres en agriculture intégrée est décrit dans le tableau 21.

Tableau 21. Bilan GRAFS pour le scénario CR2050

| | Unités | Prairies permanentes | Terres arables (hors bio) |
|--------------------------------|-----------|----------------------|---------------------------|
| (hors bioSurface | ha | 124 758 | 326 400 |
| Production | kgN/ha/an | 77 | 87 |
| <i>fertilisation minérale</i> | kgN/ha/an | - | 29 (*) |
| <i>fertilisation organique</i> | kgN/ha/an | - | 14 (**) |
| <i>apport au pâturage</i> | kgN/ha/an | 58 | |
| <i>fixation symbiotique</i> | kgN/ha/an | 73 | 48 (***) |
| <i>dépôt atmosphérique</i> | kgN/ha/an | 14 | 14 (****) |
| Total apports | kgN/ha/an | 145 | 105 |
| <i>Y_{max}</i> | kgN/ha/an | 337 | 497 |
| Surplus | kgN/ha/an | 68 | 18 |
| Lessivage | kgN/ha/an | 2 | 13 |
| Lame d'eau | mm/an | 228 | 228 |
| Concentration lessivage | mgN/l | 1 | 6 |

(*) 25 % du niveau actuel

(**) 50 % du niveau actuel, vu la réduction du cheptel

(***) 2 fois le niveau actuel

(****) niveau actuel

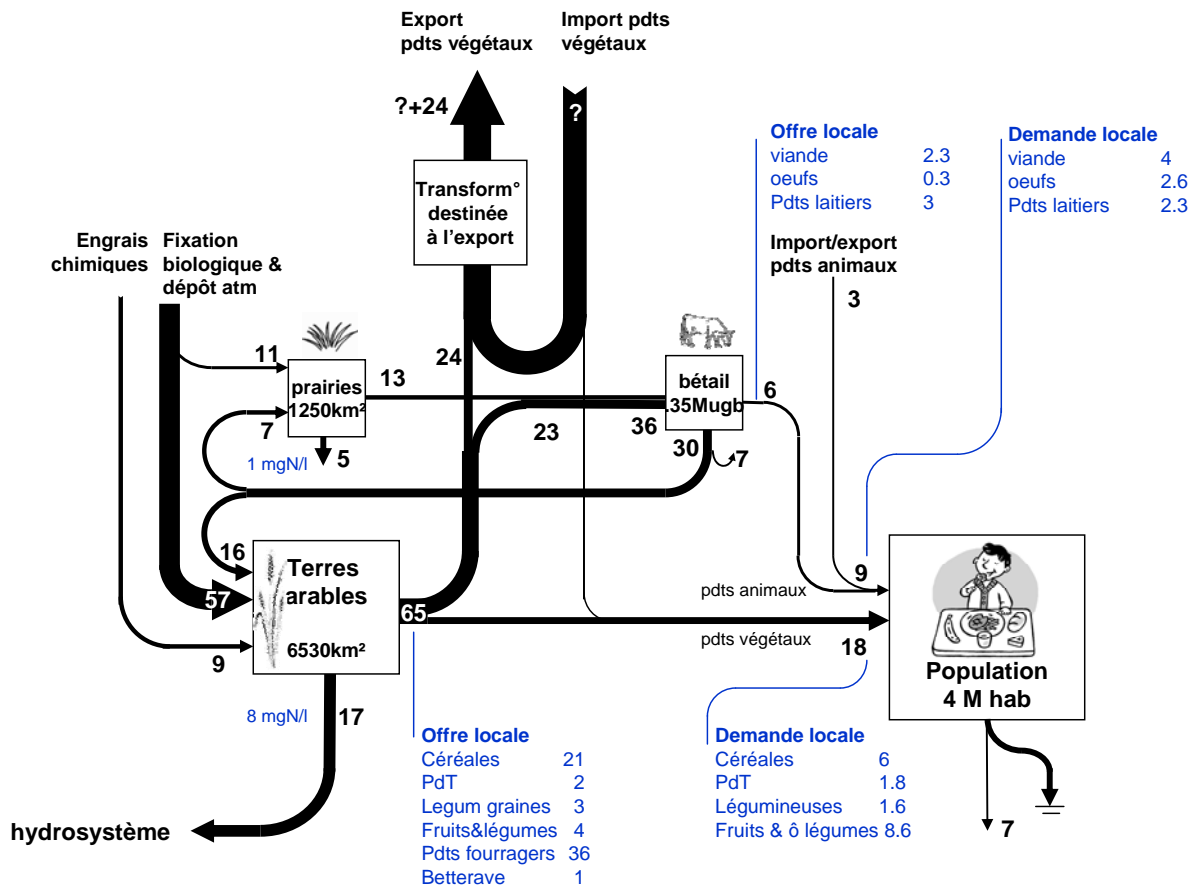
Comme la fixation symbiotique représente en moyenne 1,4 fois la quantité exportée par la récolte (Anglade *et al.*, 2014), la production de légumineuses (graines et fourragères) peut être évaluée à 34 kgN/ha/an, soit 39 % de la production totale des rotations. Le reste se partage entre céréales, cultures oléagineuses, légumières, pommes de terre et betterave.

La production agricole totale (bio et intégrée) représente un total de 65 ktN/an, en baisse de 22 % par rapport à la production actuelle. Les céréales comptent pour 32 % de cette production, les légumineuses fourragères pour 50 %, le reste se répartissant entre les légumineuses graines (pour l'alimentation humaine), les pommes de terre, les légumes et la betterave.

Ce scénario permet d'augmenter l'autonomie alimentaire des élevages en diversifiant les cultures (développement des légumineuses fourragères notamment) et en réduisant la part dédiée aux exportations.

Le scénario est résumé dans la figure 21.

Figure 21. Flux d'azote dans le système agroalimentaire du Nord-Pas-de-Calais selon le scénario de changement radical de l'agriculture (CR2050), en 1 000 tN/an

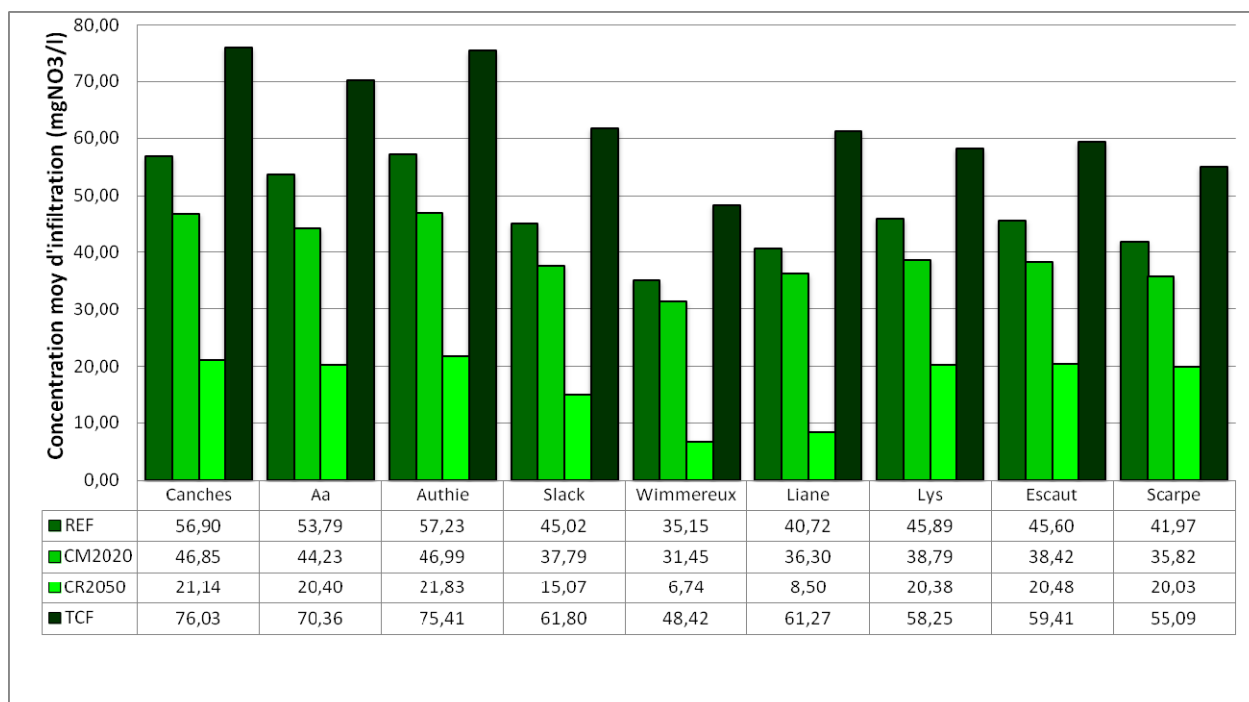


3.3.2 Résultats de modélisation

Concentration moyenne d'infiltration

Les concentrations moyennes d'infiltration calculées pour la référence actuelle et pour les 3 scénarios agricoles pour les différents bassins sont montrées dans la figure 22, et constituent un premier diagnostic de la qualité de la recharge des eaux souterraines. Pour tous les bassins, le scénario « Centrifuge » (TCF) détériore considérablement la qualité de la recharge des aquifères ; le scénario de changement modéré (CM2020) l'améliore légèrement, tandis que le scénario radical (CR2050) l'améliore jusqu'à un niveau conforme avec les normes les plus sévères de potabilité.

Figure 22. Flux d'azote exportés à l'exutoire par les différentes rivières pour la situation actuelle et les 4 scénarios

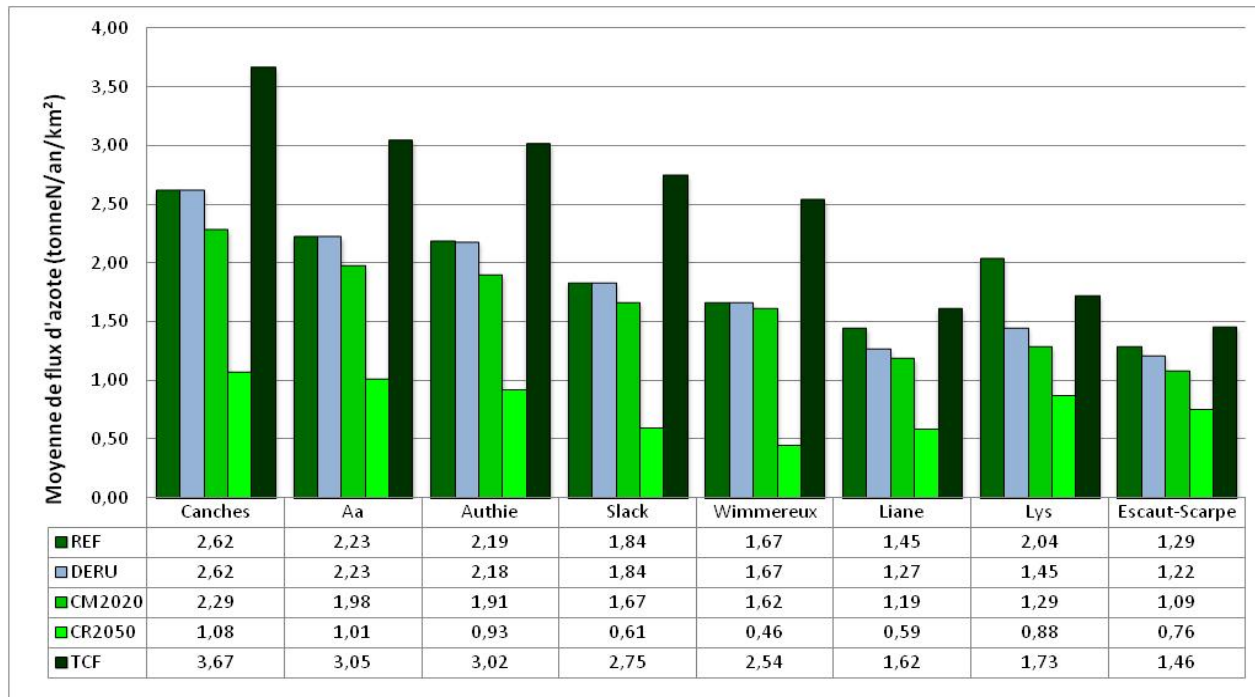


Flux à l'exutoire des cours d'eau

Les flux moyens d'azote à l'exutoire des cours d'eau pour les différents cours d'eau et les 4 scénarios sont comparés aux flux du scénario de référence dans la figure 23.

L'effet de la mise aux normes des stations d'épuration (DERU) est particulièrement sensible dans le cas du bassin de la Lys et de l'Escaut, caractérisé par une beaucoup plus grande concentration de population que pour les bassins côtiers. Le scénario de prolongation des tendances de l'agriculture (TCF) conduit à un accroissement significatif des flux d'azote exportés par rapport à la situation de référence actuelle, sauf dans le cas de l'Escaut, où la mise aux normes des stations d'épuration l'emporte sur l'accroissement des apports diffus. Le scénario de changement modéré de l'agriculture (CM2020) ne conduit qu'à une réduction limitée des flux d'azote par rapport à la situation DERU, au contraire du scénario de changement radical (CR2050), qui les réduit au moins d'un facteur 2.

On notera enfin que la Canches est la rivière qui exporte le plus d'azote par rapport à sa surface de bassin-versant. Ceci s'explique surtout par le fait qu'elle a le débit spécifique le plus élevé (cf. figure 17).

Figure 23. Concentration nitrique moyenne d'infiltration : a. bassins côtiers, b. bassins de la Lys et de l'Escaut

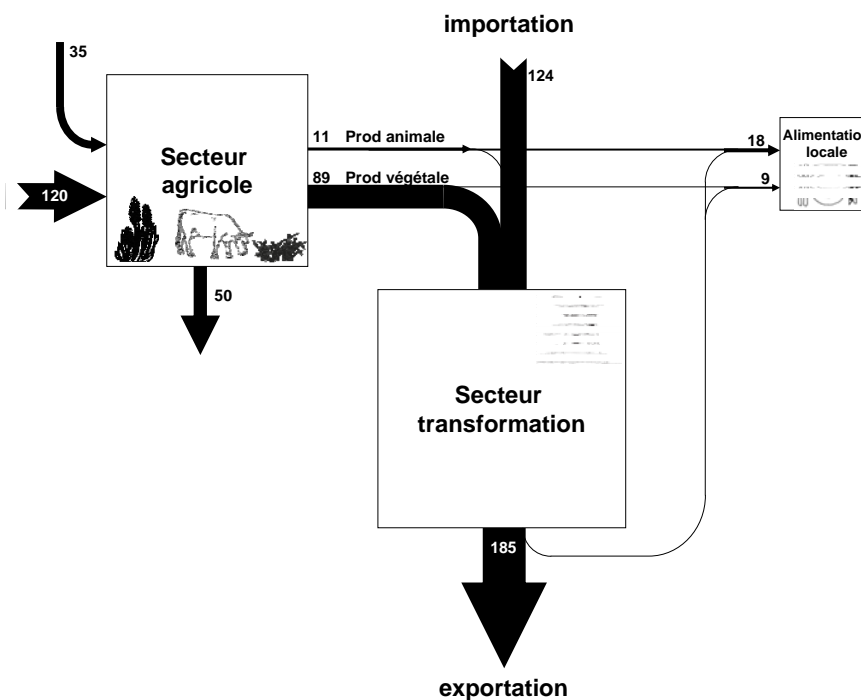
Conclusion

La région Nord-Pas-de-Calais est l'héritière d'un passé industriel et agricole qui a lourdement pesé sur la qualité de son environnement et de son cadre de vie. Aujourd'hui, le secteur agroalimentaire, très dynamique dans la région, est un atout économique, mais aussi une menace pour la qualité des eaux, très impactée par les pesticides et les nitrates. Ces derniers sont de façon nettement prépondérante liés aux apports diffus de l'agriculture, altèrent les ressources d'eau souterraine et d'eau de surface et contribuent largement à l'eutrophisation des zones côtières de la Manche et de la Mer du Nord.

Les scénarios que nous avons étudiés montrent que la poursuite des tendances historiques lourdes d'intensification des grandes cultures, de diminution du poids de l'élevage et d'ouverture des échanges, entraînerait un accroissement considérable de la contamination azotée de l'hydro système, et cela même en poussant à son maximum l'épuration des eaux usées urbaines. Les scénarios assez consensuels visant à limiter les intrants agricoles, à maintenir l'élevage et les surfaces en herbe tout en développant légèrement l'autonomie alimentaire des élevages et à laisser une place plus importante aux modes de productions biologiques, permettront de stabiliser la situation, voire de l'améliorer un peu. Des changements plus radicaux des pratiques agricoles (en particulier : développement de l'autonomie alimentaire des élevages par l'introduction en quantités importantes de légumineuses fourragères dans les assolements, développement des agricultures biologique et intégrée), accompagnés d'un changement à long terme des modes de consommation alimentaire vers plus de sobriété, notamment en ce qui concerne la consommation de produits animaux et la reterritorialisation de l'élevage, permettraient une amélioration considérable de la contamination azotée des ressources en eaux.

Cependant, le lien entre la consommation alimentaire locale et l'agriculture régionale est fortement distendu à cause du poids du secteur de la transformation industrielle et de l'ouverture du système vers l'exportation longue distance sur un marché national et international. La figure 24, qui résume le bilan d'azote établi pour le système régional, illustre bien cette caractéristique.

Figure 24. Vision synthétique du fonctionnement du système agroalimentaire du Nord-Pas-de-Calais, 2006, En 1 000 tonN/an



À cause de cette ouverture, une politique de l'alimentation basée sur le levier de la demande alimentaire locale, notamment à travers la restauration collective, n'aurait donc, si elle est limitée au territoire régional, qu'un impact assez limité sur le secteur agricole, et donc sur l'état des masses d'eau.

Aujourd'hui, à l'aube du troisième millénaire, l'ambition du Conseil Régional est de faire du Nord-Pas-de-Calais la région du Développement Durable. L'étude donne au Conseil Régional des pistes pour agir sur la qualité des eaux. Elle montre que l'action politique est nécessaire pour éviter une dégradation continue de la qualité des eaux. Le soutien au maintien ou au développement des prairies notamment apparaît comme essentiel pour préserver et améliorer la qualité des eaux. Les actions envisagées pour atteindre les objectifs du Schéma Régional Climat Air Energie (SRCAE) à horizon 2020 (réduire de 15 % les apports de fertilisants azotés, augmenter de 10 % le temps de présence au pâturage, ...) permettraient déjà d'inverser la tendance voire d'améliorer légèrement la qualité des eaux. Une nette amélioration de la qualité des eaux passe cependant par un changement des modes de consommation alimentaire à une échelle géographique plus large que la région, changement nécessaire pour permettre l'évolution vers des modes de production agricole et des filières agroalimentaires plus favorables à la qualité des eaux. Les autres enjeux de durabilité et notamment les enjeux économiques devront être pris en compte dans l'élaboration d'une politique publique visant à un tel changement.

Plus largement, l'étude présente un intérêt au-delà de la seule région Nord - Pas de Calais sur au moins deux aspects :

1) description du système alimentaire de la fourche à la fourchette.

L'étude montre comment les données publiques peuvent être mobilisées pour décrire le système alimentaire d'une région ou d'un territoire et ainsi identifier l'impact relatif de l'alimentation et de l'évolution du régime alimentaire sur la production agricole pour les différentes filières de production, ce qui constitue un élément de diagnostic important avant la mise en place d'une politique alimentaire territoriale.

2) Influence de certaines actions en matière d'agriculture et d'alimentation sur la qualité de l'eau.

L'étude illustre quelles pratiques agricoles (fertilisation azotée, développement du pâturage et du bio, ...) et alimentaires peuvent influencer la qualité de l'eau au moyen de scénarios prospectifs : un scénario de référence, deux scénarios contrastés (poursuite tendance actuelle et changement radical) et un scénario modéré. Elle constitue à ce titre un outil pour construire des actions en matière d'agriculture et d'alimentation qui visent à une meilleure qualité de l'eau.

L'étude peut ainsi être utile à tout acteur qui souhaite mettre en place ou contribuer à une politique alimentaire territoriale.

Bibliographie

- Agence de l'Eau Artois-Picardie (2003), Parc des stations d'épuration urbaines dans le bassin Artois-Picardie, Lille
- Agence Française de Sécurité alimentaire des aliments (2006-2007), Étude Individuelle Nationale des consommations alimentaire 2 (INCA2), http://pmb.santeNord-Pas-de-Calais.org/opac_css/doc_num.php?explnum_id=7630.18-36.52-58.
- Agreste Nord-Pas-de-Calais (octobre 2013), Mémento de la statistique agricole, <http://agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/R3114C01.pdf.2,5>
- Agreste, Enquête de branche et Statistique Prodcom (2006) - Production des IAA en 2006. <http://www.agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/File/enq-horsprodcom158.pdf.9-10,14,25,29,44-45>
- Billen, G., Barles S, Garnier J, Rouillard J. and Benoit P (2009) .The Food-Print of Paris: Long term Reconstruction of the Nitrogen Flows imported to the City from its Rural Hinterland. *Regional Environmental Change* 9: 13-24
- Billen, G., Barles, S., Chatzimpiros, P., Garnier, J. (2011). Grain, meat and vegetables to feed Paris: where did and do they come from? Localising Paris food supply areas from the eighteenth to the twenty-first century. *Regional Environmental Changes*. 12 : 325-336.
- Billen, G., Garnier, J. and Lassaletta, L. (2013). The nitrogen cascade from agricultural soils to the sea: modelling N transfers at regional watershed and global scales. *Phil. Trans. Roy. Soc. B* 2013 368, <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2013.0123>
- Billen, G., Lassaletta, L. & Garnier, J. (2014) A biogeochemical view of the global agro-food system: Nitrogen flows associated with protein production, consumption and trade. *Global Food Security*, in press.
- Drire Nord – Pas de Calais (2002) L'industrie au regard de l'environnement, Douai, 265
- FranceAgriMer, Direction Marchés, étude et prospective, Service Bases d'informations économique, Unité Structuration de données
- (2011) Données de vente déclarée en halles à marée en 2011
http://www.franceagrimer.fr/content/download/15478/115532/file/BIL-MER-Bilan_HAM-2011.pdf, pp. 11 – 65
- (2012) Données de vente déclarées en halles à marée en 2012
http://www.franceagrimer.fr/content/download/23269/192345/file/BIL-MER-Bilan_HAM-2012.pdf, pp. 14 – 56
- (2013) Les filières pêches et aquaculture en France
http://www.franceagrimer.fr/content/download/23161/191433/file/broch_%20pdf, p. 3
- (2014) Les données et Bilans - Produits aquatiques, viandes, lait
<http://www.franceagrimer.fr/content/download/29736/264003/file/bil-mer-via-lai-bilan2013-perspectives2014.pdf>, p.7
- James, C., Fisher, J., Russell, V., Collings, S. & Moss, B. (2005) Nitrate availability and hydrophyte species richness in shallow lakes, *Freshwater Biology* 50, 1049-1063.
- Lancelot, C. Y. Spitz, N. Gypens, K. Ruddick, S. Becquevort, V. Rousseau, G. Lacroix, G. Billen (2005). Modelling diatom-Phaeocystis blooms and nutrient cycles in the Southern Bight of the North Sea: the MIRO model. *Marine Ecology Progress series*. 289: 63-78
- Lancelot C., Gypens N., Billen G., Garnier J., and Roubeix V., 2007. Testing an integrated river-ocean mathematical tool for linking marine eutrophication to land use: The Phaeocystis-dominated Belgian coastal zone (Southern North Sea) over the past 50 years. *Journal of Marine System*, 64: 216-228
- Passy, P., Gypens, N., Billen, G., Garnier, J., Thieu, V., Rousseau V., Callens, J., Parent J-Y., Lancelot, C. (2013). A model reconstruction of riverine nutrient fluxes and eutrophication in the Belgian Coastal Zone since 1984. *J. Mar Syst.* 128 : 106-122.
- Virage Énergie (2013), Scénario de sobriété énergétique et transformations sociétales, http://www.virage-energie-Nord-Pas-de-Calais.org/IMG/pdf/Synthese_Sobriete_Virage_energie_NORD-PAS-DE-CALAIS_sept13couv.pdf.8-10
- Voie Navigable de France (2012), Observatoire du transport fluvial du bassin du Nord – Pas de Calais.

Liste des tables et des figures

Figures :

| | |
|---|----|
| Figure 1. Usage du sol en région Nord-Pas-de-Calais..... | 6 |
| Figure 2. Lithologie de la région Nord-Pas-de-Calais | 6 |
| Figure 3. Structure des aquifères de la région Nord-Pas-de-Calais..... | 7 |
| Figure 4. Répartition des bassins hydrographiques dans le Nord-Pas-de-Calais | 8 |
| Figure 5. Carte de la qualité des eaux souterraines dans le bassin Artois-Picardie en 2009..... | 9 |
| Figure 6. Représentation simplifiée de la chaîne agroalimentaire de la filière des céréales en Nord-Pas-de-Calais, en 2006..... | 16 |
| Figure 7. Représentation simplifiée de la chaîne agroalimentaire de la filière des légumes, hors pommes de terre, en Nord-Pas-de-Calais, 2006 | 17 |
| Figure 8. Représentation simplifiée de la chaîne agroalimentaire de la filière de pomme de terre..... | 19 |
| Figure 9. Représentation simplifiée de la chaîne agroalimentaire de la filière de la viande du Nord-Pas-de-Calais, en 2006..... | 23 |
| Figure 10. Localisation des industries laitières en Nord-Pas-de-Calais..... | 24 |
| Figure 11. Représentation simplifiée de la chaîne agroalimentaire de la filière laitière en Nord-Pas-de-Calais, en 2006..... | 26 |
| Figure 12. Représentation du système agro-alimentaire de la région du Nord – Pas de Calais en termes de flux d'azote (GRAFS), en 2006 | 29 |
| Figure 13. Modélisation du lien entre chaîne agroalimentaire et qualité des eaux..... | 30 |
| Figure 14. Relation empirique entre lessivage et surplus (Billen et al., 2012) | 31 |
| Figure 15. Deux exemples de simulation par le modèle Sénèque de la concentration en nitrates : la Lys à la frontière belge et l'Authie à son exutoire..... | 33 |
| Figure 16. Deux exemples de simulation par le modèle Sénèque de la concentration en ammonium : la Lys à la frontière belge et l'Authie à son exutoire. | 33 |
| Figure 17. Évolution des débits spécifique (L/km ² /s) de 2000 à 2012 au niveau des bassins côtiers de la région du Nord-Pas-de-Calais..... | 34 |
| Figure 18. Flux d'azote dans le système agroalimentaire du Nord-Pas-de-Calais, référence 2006 (en 1 000 tN/an) | 35 |
| Figure 19. Flux d'azote dans le système agroalimentaire du Nord-Pas-de-Calais selon le scénario tendanciel centrifuge..... | 37 |
| Figure 20. Flux d'azote dans le système agroalimentaire du Nord-Pas-de-Calais selon le scénario de changement modéré de l'agriculture (CM2020), en 1 000 tonnes N/an..... | 39 |
| Figure 21. Flux d'azote dans le système agroalimentaire du Nord-Pas-de-Calais selon le scénario de changement radical de l'agriculture (CR2050), en 1 000 tN/an..... | 41 |
| Figure 22. Flux d'azote exportés à l'exutoire par les différentes rivières pour la situation actuelle et les 4 scénarios..... | 42 |
| Figure 23. Concentration nitrique moyenne d'infiltration : a. bassins côtiers, b. bassins de la Lys et de l'Escaut..... | 43 |
| Figure 24. Vision synthétique du fonctionnement du système agroalimentaire du Nord-Pas-de-Calais, 2006,..... | 44 |

Tableaux :

| | |
|--|----|
| <i>Tableau 1. Population par tranche d'âges par INSEE en 2006</i> | 12 |
| <i>Tableau 2. Destination des céréales de la région Nord-Pas-de-Calais après importation et exportation</i> | 13 |
| <i>Tableau 3. Plats à base de céréales consommées localement par la population en Nord-Pas-de-Calais</i> | 15 |
| <i>Tableau 4. Plats à base de légumes consommés localement</i> | 17 |
| <i>Tableau 5. Effectifs du cheptel de la région du Nord-Pas-de-Calais en 2006 (Agreste)</i> | 20 |
| <i>Tableau 6. Production du cheptel en tonne équivalent carcasse et en poids vif de la région en Nord-Pas-de-Calais (Agreste)</i> .. | 20 |
| <i>Tableau 7. Production avant et après abattage en Nord-Pas-de-Calais</i> | 21 |
| <i>Tableau 8. Production de viande après la découpe en Nord-Pas-de-Calais</i> | 21 |
| <i>Tableau 9. Plats à base de viandes consommées localement par la population en Nord-Pas-de-Calais</i> | 22 |
| <i>Tableau 10. La collecte du lait en Nord-Pas-de-Calais</i> | 23 |
| <i>Tableau 11. Conversion des produits en équivalent lait</i> | 24 |
| <i>Tableau 12. Flux d'import et d'export de lait liquide et de produits laitiers</i> | 24 |
| <i>Tableau 13. Plat à base de produits laitiers consommés localement</i> | 25 |
| <i>Tableau 14. Fabrication de produits laitiers en 2013</i> | 26 |
| <i>Tableau 15. Données en tonnes de pêche fraîche et congelée en 2006</i> | 27 |
| <i>Tableau 16. Données en tonnes de l'activité d'aquaculture dans le Nord de la France en 2010</i> | 28 |
| <i>Tableau 17. Bilan GRAFS des prairies permanentes et des terres arables (REF)</i> | 32 |
| <i>Tableau 18. Flux de nutriments à l'exutoire des principaux cours d'eau du Nord-Pas-de-Calais</i> | 34 |
| <i>Tableau 19. Bilan GRAFS pour le scénario TCF</i> | 37 |
| <i>Tableau 20. Bilan GRAFS pour le scénario CM2020</i> | 38 |
| <i>Tableau 21. Bilan GRAFS pour le scénario CR2050</i> | 40 |

Commissariat général au développement durable

Service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable

Tour Séquoia

92055 La Défense cedex

Tél : 01.40.81.21.22

Retrouvez cette publication sur le site :

<http://www.developpement-durable.gouv.fr/developpement-durable/>

Analyse du système agro-alimentaire de la région Nord-Pas-de-Calais et ses enjeux sur l'eau

En vue de définir une politique publique de l'alimentation, le Conseil Régional du Nord-Pas-de-Calais s'est engagé en 2013 dans une démarche participative avec l'ensemble des acteurs concernés, visant à produire un diagnostic du système agro-alimentaire de la région et à ébaucher des pistes d'actions. Cette démarche s'est poursuivie par la mise en œuvre d'un débat public sur l'alimentation au cours de la première moitié de l'année 2014.

À l'appui de ces réflexions, le Bureau de l'Agriculture du Commissariat Général au Développement Durable du Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie, a souhaité réaliser une étude du système agroalimentaire de la région Nord-Pas-de-Calais et ses enjeux sur l'eau, qui fait l'objet de ce rapport. L'étude a pour objectifs de décrire le système agro-alimentaire actuel de la région Nord-Pas-de-Calais et d'envisager des scénarios d'évolution selon une approche de modélisation des flux d'azote. Elle permet ainsi de fournir à la région des éléments de diagnostic quantitatifs et d'imaginer des futurs possibles en connectant l'enjeu alimentaire à l'enjeu de la qualité de l'eau.

Analysis of the agro-food system of the region Nord-Pas-de-Calais and of its water quality implications

In view of defining a regional food policy, the Conseil Régional du Nord-Pas-de-Calais has initiated in 2013 a participatory process with all stakeholders, in order to establish a diagnostic of the regional agro-food system and to define possible actions. This process has been followed by a public debate on food and nutrition during the first half of 2014.

In support of this process, the Bureau de l'Agriculture du Commissariat Général au Développement Durable of the French Ministry of Ecology, Sustainable Development and Energy, wished to engage a study of the agro-food system of the Nord-Pas-de-Calais region and its water quality implications. This study, presented in this report, aims at describing the current organisation of the regional hydro-agro-food system and to assess some possible future scenarios according to an approach of nitrogen fluxes modelling. It will provide to the Regional Authorities quantitative diagnostic information and allow them to elaborate possible future scenarios connecting food and water quality issues.



Dépôt légal : Juin 2015
ISSN : 2102 - 4723