



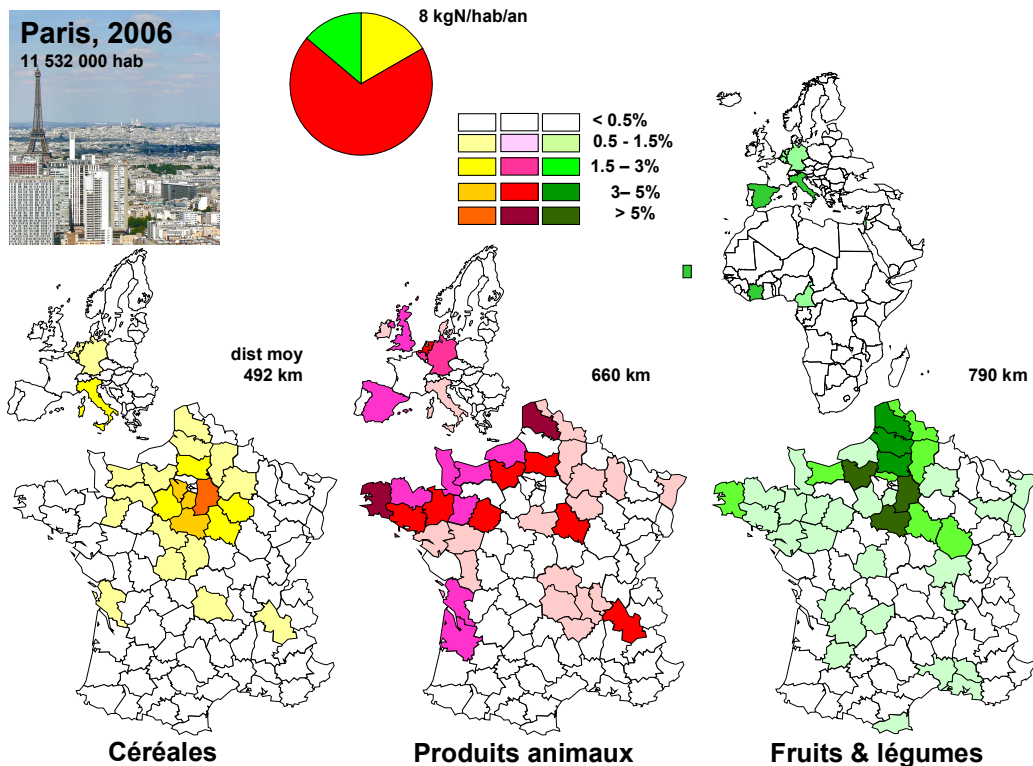
Programme Paris 2030

L'empreinte alimentaire de Paris en 2030

Rapport final (décembre 2011)

Gilles Billen
UMR Sisyphe, CNRS/UPMC, 4 place Jussieu, 75005 Paris

Avec la participation de
Josette Garnier (UMR Sisyphe, CNRS/UPMC)
Sabine Barles et Sabine Bognon (Géographie-Cité, Paris I)



Sommaire

| | |
|---|----|
| 1. Introduction | 2 |
| 1.1. Le projet | 2 |
| 1.2. L'approche | 2 |
| 2. L'empreinte alimentaire de Paris du XVIIIe au XXIe siècle | 4 |
| 2.1. Paris à la fin du XVIIIe siècle | 4 |
| 2.2. Paris en 1896 | 5 |
| 2.3. Paris en 2006 | 7 |
| 2.4. La production agricole dans l'aire principale d'approvisionnement parisien | 10 |
| 2.5. L'empreinte alimentaire du francilien aujourd'hui | 12 |
| 3. Les tensions environnementales du système agro-alimentaire | 14 |
| 3.1. Agriculture et qualité des eaux | 14 |
| 3.2. Relation entre production agricole, fertilisation et surplus azoté | 15 |
| 3.3. Les déchets de la consommation alimentaire | 17 |
| 3.4. La production de gaz à effet de serre du système agro-alimentaire | 19 |
| 4. Les Circuits de transformation et de distribution | 20 |
| 4.1. Le régime et les achats alimentaires des ménages | 20 |
| 4.2. La grande distribution et ses centrales d'achats | 22 |
| 4.3. Les entreprises de transformation agro-alimentaire | 23 |
| 4.4. Les coopératives agricoles | 24 |
| 4.5. Les formes alternatives émergentes d'approvisionnement | 25 |
| 5. Deux scénarios pour l'empreinte alimentaire de Paris en 2030 | 27 |
| 5.1. La mondialisation du système agro-alimentaire parisien | 27 |
| 5.2. La relocalisation de l'approvisionnement alimentaire parisien | 30 |
| 6. L'alimentation de Paris et l'alimentation du monde | 33 |
| 6.1. Le rôle de la France et de l'Europe dans l'alimentation mondiale | 33 |
| 6.2. Production agricole mondiale et échanges commerciaux | 35 |
| 6.3. Scénarios de systèmes agro-alimentaires alternatifs à l'échelle mondiale | 38 |
| 7. Conclusion | 41 |
| Références | 42 |
| Annexe : Publications et communications directement issues du programme | 45 |

1. Introduction

1.1. Le projet

Dans son livre-choc '*La Ville Goulue*', l'urbaniste anglaise Carolyn Steel (2008) affirme que '*la nourriture donne forme à nos vies*' (et à nos villes). La demande urbaine en céréales, en viande et en lait, en fruits et légumes, en eau potable, est aussi au centre des relations entre la Ville et les territoires qui l'entourent, qu'elle structure largement sur le long terme. La plupart des grandes métropoles occidentales, et Paris ne fait évidemment pas exception, cherchent actuellement à retrouver une certaine maîtrise sur leur approvisionnement alimentaire, pour en assurer la sécurité quantitative et pour en améliorer la qualité, mais aussi pour mieux gérer les liens économiques et socio-culturels qu'elles entretiennent avec les territoires qui les approvisionnent (Morgan, 2009 ; Reynolds, 2009). Le présent travail vise tout d'abord à localiser et à caractériser cette *empreinte alimentaire* que Paris exerce sur les territoires qui l'entourent et la fournissent, et à mettre en lumière les mutations qu'a connues cette empreinte depuis le début de l'ère industrielle. Il s'agit ensuite, sur cette base, d'imaginer ce que pourrait devenir l'empreinte alimentaire de l'agglomération parisienne dans les décennies à venir.

François Ascher (2001) définissait une ville comme un groupement de population qui ne produisent pas elles-mêmes leur nourriture. Toute Ville dépend donc étroitement d'un territoire rural, que nous appellerons l'Hinterland, qui l'alimente et qui se structure autour de cette fonction nourricière. Dans un premier temps, nous avons cherché, dans une perspective historique longue remontant au XVIIIe siècle, à déterminer l'aire d'approvisionnement alimentaire de l'agglomération parisienne. Nous avons ainsi pu montrer que l'hinterland nourricier traditionnel de Paris est constitué par le territoire du bassin de la Seine, un territoire dont l'activité agricole s'est développée au cours des siècles en réponse à l'accroissement de la demande urbaine. Que reste-t-il aujourd'hui de ces liens tissés au fil du temps entre la Ville et son hinterland rural ? Nous montrerons qu'ils sont plus étroits qu'on ne le pense généralement et que l'extension spatiale de l'empreinte alimentaire parisienne est principalement liée à la spécialisation géographique de l'agriculture et à son ouverture sur les marchés internationaux.

Le système agro-alimentaire dont dépend aujourd'hui l'approvisionnement de Paris donne lieu à de graves tensions environnementales: altération des ressources en eau, consommation d'énergie et production de gaz à effet de serre contribuant au dérèglement climatique. Quelles pratiques agricoles alternatives permettraient de réduire ces tensions ? Nous examinerons ces questions dans la seconde partie de ce rapport.

Du champ à l'assiette, comment transitent les denrées alimentaires, comment 12 millions de consommateurs franciliens sont-ils mis en contact journalier avec les quelques 180 000 exploitants agricoles qui les approvisionnent ? La question des circuits de distribution, et des chaînes de décision qu'elles impliquent sont au cœur de la troisième partie.

Sur base des analyses qui précèdent, nous esquisserons alors deux scénarios extrêmes pour penser les futurs possibles de l'approvisionnement alimentaire de Paris et de l'agriculture des territoires qui l'assurent. Mondialisation ou re-localisation en seront les maître-mots.

L'avenir du secteur alimentaire parisien ne peut évidemment pas s'envisager indépendamment de celui du secteur agricole et alimentaire mondial. Dans une dernière partie, nous examinerons donc la cohérence des scénarios envisagés pour Paris 2030 avec un certain nombre de travaux prospectifs sur l'avenir de l'agriculture et de l'alimentation mondiale.

1.2. L'approche

La démarche adoptée pour l'examen de tous ces points est basée sur l'analyse des flux d'azote à travers le système agro-alimentaire. Ce choix peut surprendre et demande à être justifié d'entrée de jeu. Le fonctionnement des écosystèmes, comme celui des systèmes territoriaux construits par l'homme, peuvent utilement s'analyser à travers la manière dont s'organisent les flux de matière et

d'énergie dont ils dépendent. Cette approche adaptée de l'écologie fonctionnelle et de la biogéochimie est à la base du corpus méthodologique de l'écologie territoriale (Billen et al., 1984, 2003; Barles, 2011 ; Buclet, 2011), une discipline naissante qui vise à définir les conditions du développement durable des espaces gérés par les collectivités humaines. L'analyse des flux permet en effet de mettre en évidence et de questionner les relations entre besoins humains et production matérielle.

Si l'on veut décrire quantitativement les flux alimentaires, une unité commune doit être choisie, permettant de caractériser la valeur nutritive des différents aliments, au delà de leur simple valeur pondérale (qui ne signifie pas grand-chose vu la variabilité de leur teneur en eau) ou de leur valeur marchande (qui ne reflète que les relations de pouvoir à toutes les étapes de leur production). Le contenu énergétique (en calories ou en joules) est souvent utilisé à cet égard, notamment en matière de recommandations diététiques (1800-2500 kcal/pers/jour). Mais plus encore que l'énergie contenue, ce qui compte dans l'alimentation (et qui est souvent en carence dans les cas de malnutrition) ce sont les protéines ; la ration minimale en est évaluée à 3.5 kgN/pers/jour. Evaluer les flux de denrées agricoles en termes d'azote contenu (c'est-à-dire en termes de protéines) est donc la manière la plus pertinente de quantifier la valeur alimentaire de ces denrées. L'azote est d'autre part l'élément le plus souvent limitant de la production agricole végétale. Pour lever cette limitation, l'agriculture moderne fait largement appel aux engrais azotés de synthèse obtenus par la fixation industrielle de l'azote atmosphérique. Ce processus a largement bouleversé le cycle naturel de l'azote à l'échelle mondiale, et est responsable de nombreux problèmes environnementaux tels que la contamination nitrique des aquifères, l'eutrophisation des eaux douces et marines, et diverses formes de pollution atmosphérique (Sutton et al., 2011). L'approche des flux alimentaires sous l'angle de la circulation de l'azote permet donc aussi de replacer l'analyse du système agro-alimentaire dans une problématique environnementale plus vaste. C'est cette approche qui sera adoptée tout au long de cette étude.

2. L’empreinte alimentaire de Paris, du XVIIIe au XXe siècle

Au cours des deux derniers siècles, l’agglomération parisienne est passée d’environ 700 000 habitants à la veille de la révolution française, à plus de 11 millions aujourd’hui (Tableau 1). A cet accroissement de près d’un facteur 20 de la population, s’est ajouté un changement de son régime alimentaire (Tableau 1). Exprimé en azote, la ration alimentaire par habitant a augmenté de 80% depuis la fin du XVIIIe siècle, et la part des produits animaux, et dans une moindre mesure celle des fruits et légumes, se sont accrus au détriment des produits céréaliers.

Tableau 1. Evolution de la population de l’agglomération parisienne et de son régime alimentaire entre 1786 et 2006

| | 1786 | 1896 | 2006 |
|--|-------------|-----------|------------|
| Population (nb d’habitants de l’agglomération) | env 700 000 | 3 340 000 | 11 532 000 |
| Consommation de protéines (kgN/hab/an) | 5.3 | 7.0 | 8.0 |
| % produits céréaliers | 57 | 37 | 17 |
| % produits animaux | 39 | 57 | 69 |
| % fruits et légumes | 4 | 6 | 14 |
| Demande alimentaire de Paris (ktonN/an) | 3.7 | 23.4 | 92.3 |

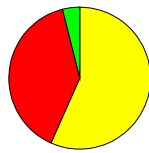
La demande alimentaire urbaine exercée sur les territoires qui l’entourent a donc été multipliée par 25 en deux siècles. En mobilisant une grande diversité de sources historiques et statistiques, relatives à la fois à la production agricole et aux transports de marchandises, nous avons tenté de reconstituer la géographie de l’approvisionnement alimentaire de l’agglomération parisienne au cours de cette période. On sait que la croissance de la Rome Impériale, qui comptait plus d’un million d’habitant à son apogée (Morley, 1996), n’a pu se faire qu’à travers l’exploitation des ressources céréalières de tout l’Empire et de l’Egypte en particulier ; qu’une métropole industrielle comme Londres a accompagné son développement démographique d’un élargissement considérable de son aire d’approvisionnement en nourriture, assurant celui-ci dans une très large mesure par l’importation maritime de céréales issues d’Europe de l’Est et du Nouveau Monde (Peet, 1969). La mondialisation des échanges commence-t-elle toujours avec l’approvisionnement alimentaire, comme une conséquence inéluctable de l’urbanisation ? Telle est la question que nous avons voulu traiter à travers l’exemple de Paris.

2.1. Paris à la fin du XVIIIe siècle

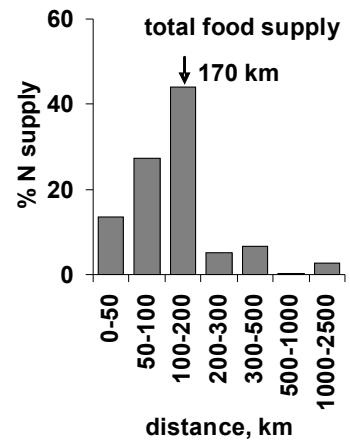
Des données qu’il a rassemblées sur l’approvisionnement de Paris à la fin du XVIIIe siècle Reynald Abad (2002) conclut que le Grand Marché de l’alimentation de Paris constituait un formidable moyen de redistribution des richesses de la Capitale dans l’ensemble du Royaume. Pourtant, si l’on examine ces chiffres non plus en livres tournois mais en tonnes d’azote (ou en calories) on s’aperçoit que l’aire d’approvisionnement principale de Paris en céréales, en produits animaux et en fruits et légumes est beaucoup plus resserrée. L’approvisionnement en grain se fait principalement à partir de l’Île-de-France, de la Champagne et de la Brie, avec une distance moyenne pondérée de transport de 110 km. La viande et les produits laitiers parcourent des distances plus grandes, depuis la Normandie, la Marche et le Limousin, provinces où les animaux sont souvent engraisés avant de se rendre à pied à la capitale : la distance moyenne d’approvisionnement est de 255 km. Les fruits et légumes sont issus de régions proches, distantes en moyenne de 87 km (Figure 1).



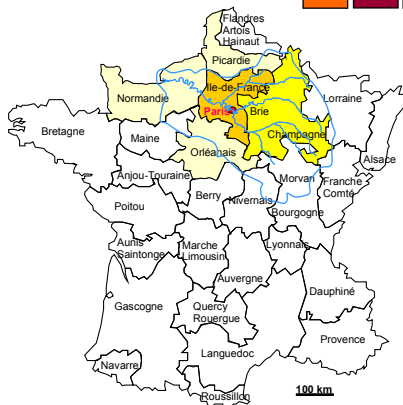
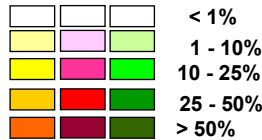
Paris, 1786
700 000 hab



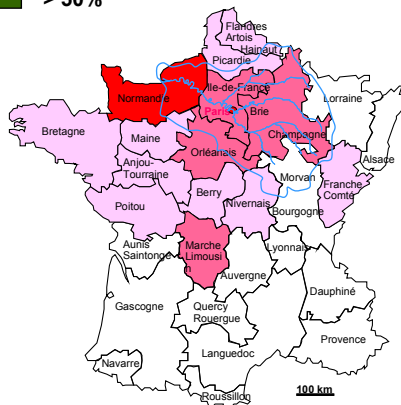
■ céréales
■ prdts animaux
■ fruits & légumes
5.4 kgN/hab/an



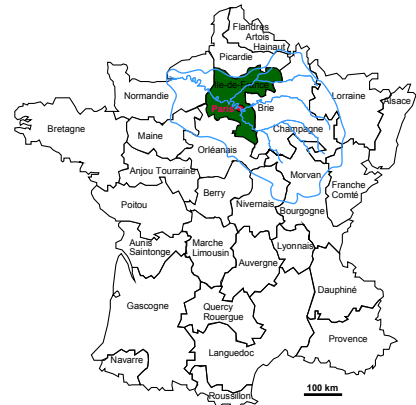
Contribution à l'approvisionnement de Paris (%)



Céréales



Produits animaux



Fruits & légumes

Figure 1. Distribution géographique des zones d'approvisionnement alimentaire de Paris à la fin du XVIIIe siècle, selon les chiffres rassemblés par Abad (2002), convertis en contenu azoté.

Ces résultats sont tout à fait cohérents avec le potentiel d'exportation de 50 kgN/km²/an que l'on peut estimer pour les systèmes agraires de l'époque, basés sur l'assolement triennal (Billen et al., 2009). Avec un tel potentiel d'exportation commerciale, le territoire rural compris dans un cercle de 150 km de rayon autour de Paris peut assurer l'alimentation d'une ville de 700 000 habitants, consommant 5 kgN/personne/an.

2.2. Paris en 1896

A la fin du XIXe siècle, l'agglomération parisienne compte quelques 3 340 000 habitants, et multipliant sa demande alimentaire d'un facteur six par rapport à la fin du siècle précédent. Mais le XIXe siècle est aussi celui d'un développement considérable des infrastructures de transport. Avec le creusement de canaux et l'aménagement de barrages éclusés sur les grandes rivières pour les rendre accessibles à la navigation toute l'année, Paris est ainsi relié par voie d'eau aux bassins de l'Escaut au Nord, du Rhin à l'Est, du Rhône au Sud. Le développement des chemins de fer ne débute qu'au milieu du siècle, selon un plan en étoile autour de Paris ; dès la fin du siècle, le maillage de l'ensemble du territoire est achevé (Figure 2), et six compagnies se partagent des secteurs de territoire national centrés sur la capitale (Compagnie du Nord, de l'Est, de l'Ouest, d'Orléans, Paris-Lyon-Méditerranée, Compagnie de l'Etat).

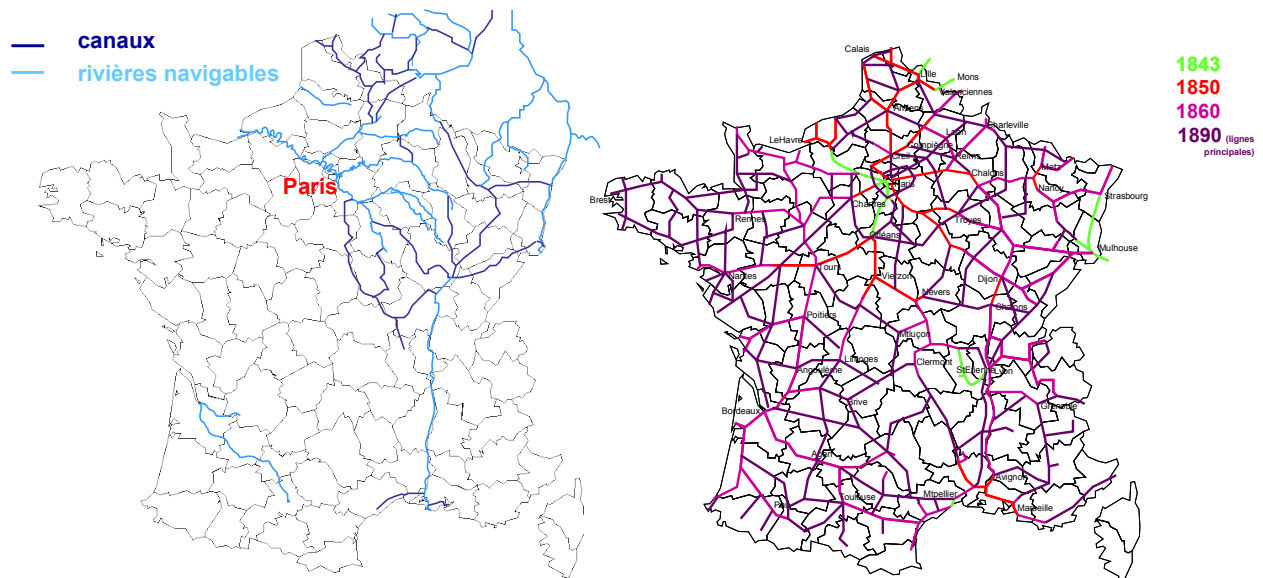


Figure 2. Voies navigables accessibles depuis Paris (Mouchel et al., 1998) et réseau ferré national (Jouanne 1859) entre 1843 et 1896.

Le XIXe siècle se caractérise aussi en France, et tout particulièrement dans les régions du bassin parisien (au sens géologique), par une profonde modification des techniques agricoles, avec le remplacement progressif de la jachère triennale par une sole de légumineuse fourragère qui permet l'accroissement du cheptel et, par là, une meilleure fertilisation des terres céréalières. A la fin du siècle la capacité productive de l'agriculture française (c'est-à-dire sa production céréalière en surplus des besoins de la consommation humaine locale) est devenue supérieure à 500 kgN/km²/an dans les régions qui entourent la capitale (Figure 3).

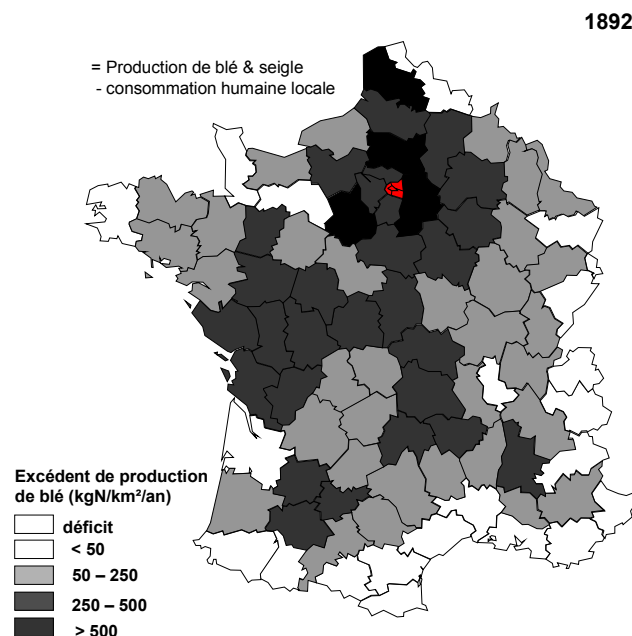


Figure 3. Capacité d'exportation de céréales des départements en 1892 (= surplus de production annuelle par rapport à la consommation de la population locale) (source : Statistiques agricoles 1892)

En combinant la répartition du potentiel d'exportation alimentaire des départements français avec les quantités amenées à Paris par les principales compagnies de chemin de fer existant à la fin du XIXe (chiffres fournis par les statistiques du transport), il est possible d'estimer la contribution de chaque département à l'approvisionnement de Paris à la fin du XIXe siècle, le rail assurant à cette époque l'essentiel des livraisons alimentaires (Figure 4). Il apparaît alors que, malgré l'amélioration des moyens de transport à longue distance, c'est toujours le bassin parisien qui assure l'approvisionnement alimentaire de la capitale, sur une distance moyenne de 260 km.

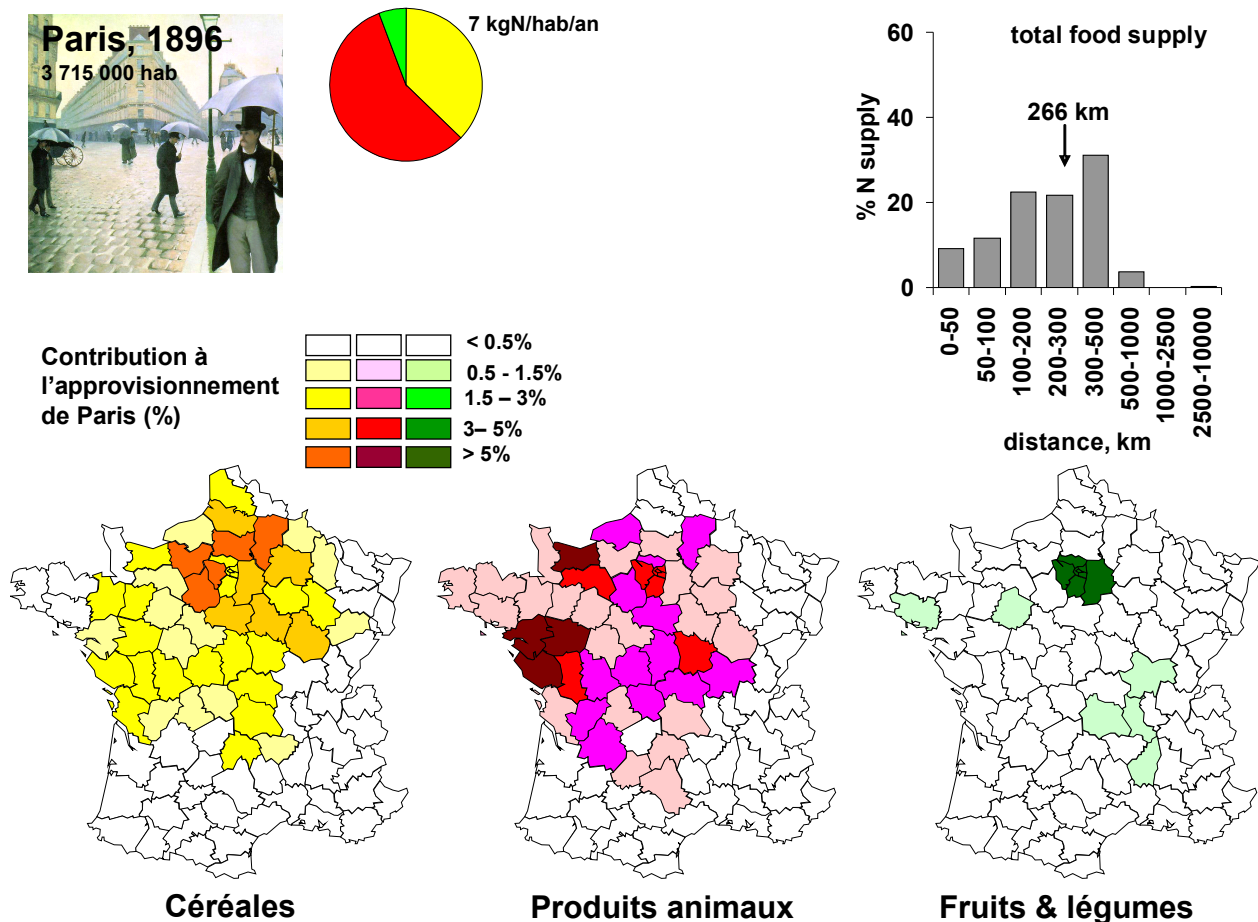


Figure 4. Contribution des départements français à l'approvisionnement alimentaire de Paris en 1896 (d'après le croisement des statistiques de transport et de production).

Il est donc frappant de voir qu'un même territoire rural qui nourrissait Paris au XVIIIe siècle, la nourrit toujours un siècle plus tard quand ses besoins ont été décuplés. Les territoires ruraux du bassin de la Seine ont adapté leur agriculture à la demande grandissante de la ville, et ce développement parallèle et aussi profond que celui de la ville elle-même, est bien ce qui définit ce territoire comme hinterland de Paris.

2.3. Paris en 2006

Qu'en est-il aujourd'hui d'une agglomération parisienne comptant plus de 11 millions d'habitants ? Depuis une cinquantaine d'années, le monde rural a totalement modifié son système agraire. Le remplacement de la fertilisation animale par le recours aux engrais de synthèse a conduit à l'abandon de la complémentarité millénaire entre agriculture et élevage ouvrant la voie à une spécialisation inédite des territoires soit vers la céréaliculture soit vers l'élevage, multipliant aussi par un nouveau facteur 10 le potentiel d'exportation commerciale des territoires agricoles (Figure 5). La production des

régions qui constituaient traditionnellement l'arrière-pensée nourricière de Paris dépassent maintenant de beaucoup la demande urbaine locale, qui ne s'est accrue dans le même temps 'que' d'un facteur 3. L'agriculture s'ouvre sur un commerce de plus en plus internationalisé.

Les infrastructures de transport aussi ont connu au cours du XXe siècle une profonde mutation, la route assurant maintenant 75% de l'approvisionnement alimentaire de Paris, quand le rail et la voie d'eau n'en couvrent plus que 18% et 2% respectivement.

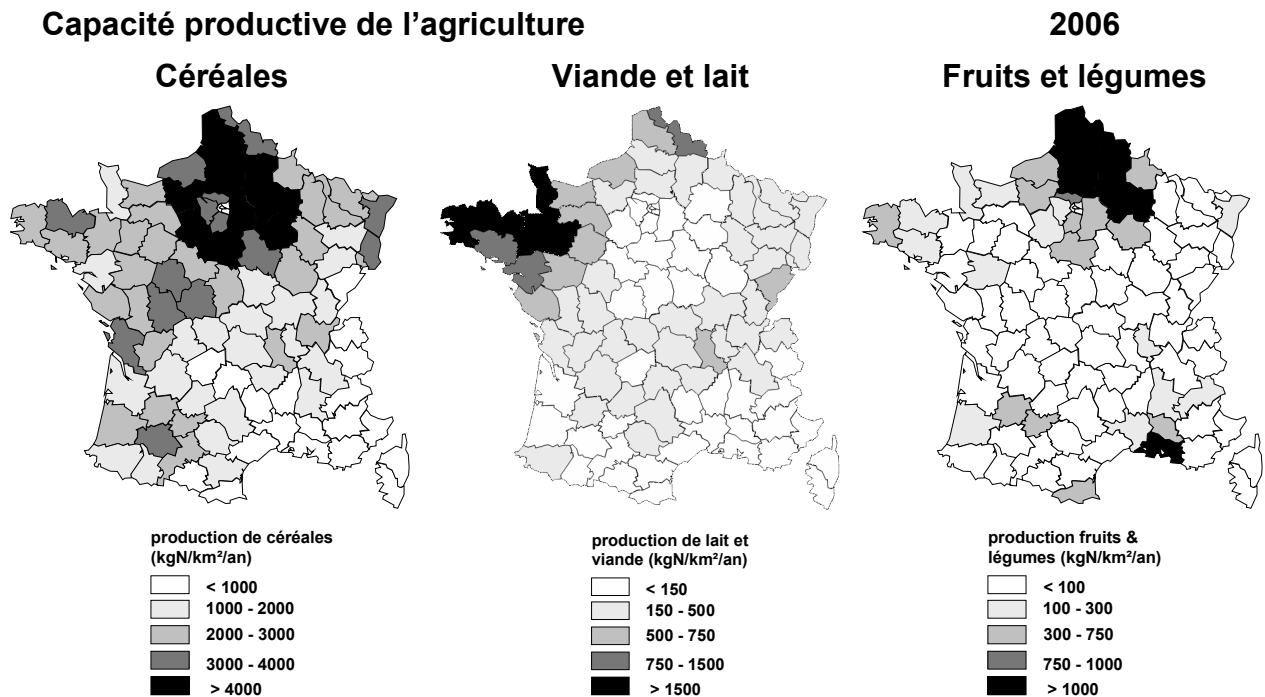


Figure 5. Capacité productive et spécialisation des territoires départementaux en France en 2006. (source : Agreste)

L'analyse de la base données SitraM ('Système d'information des transports de marchandises', (Ministère de l'Economie, www.statistiques.equipement.gouv.fr/) qui fournit une matrice des transports de marchandise (selon une nomenclature de 176 postes dont 47 produits alimentaires) par destination (départements) et par origine (départements et pays étrangers) permet de déterminer la contribution de chaque département et chaque pays du monde à l'approvisionnement de l'Île-de-France, si l'on fait l'hypothèse que la répartition par origine de la consommation locale est identique à celle de la somme des importations et de la production locale (hypothèse du 'mélange parfait'). Les résultats sont surprenants (Figure 6). Pour les céréales, la zone d'approvisionnement de Paris reste locale, même si Paris ne représente qu'un quart de la production de l'Île-de-France. La distance moyenne d'approvisionnement reste inférieure à 500 km. L'arrière-pensée traditionnelle joue toujours un rôle majeur dans l'approvisionnement en fruits et légumes, même si des produits exotiques sont importés d'Italie, d'Espagne et d'Afrique. La distance pondérée d'approvisionnement est de 790 km. Le grand Ouest et le Nord de la France contribuent majoritairement à l'approvisionnement de la capitale en viande et en lait. La distance moyenne d'approvisionnement pour ces produits est de 660 km. Dans tous les cas on est très loin des « Food-Miles » de plusieurs milliers de km qui caractérisent l'approvisionnement des villes anglaises (Smith et al. 2005) et on a plutôt l'impression que l'étalement des zones d'approvisionnement de Paris résulte moins d'un choix d'approvisionnement sur des marchés distants que de la spécialisation territoriale de l'agriculture et de l'offre alimentaire, ou du poids de quelques produits exotiques contribuant de façon toutefois mineure au bilan alimentaire.

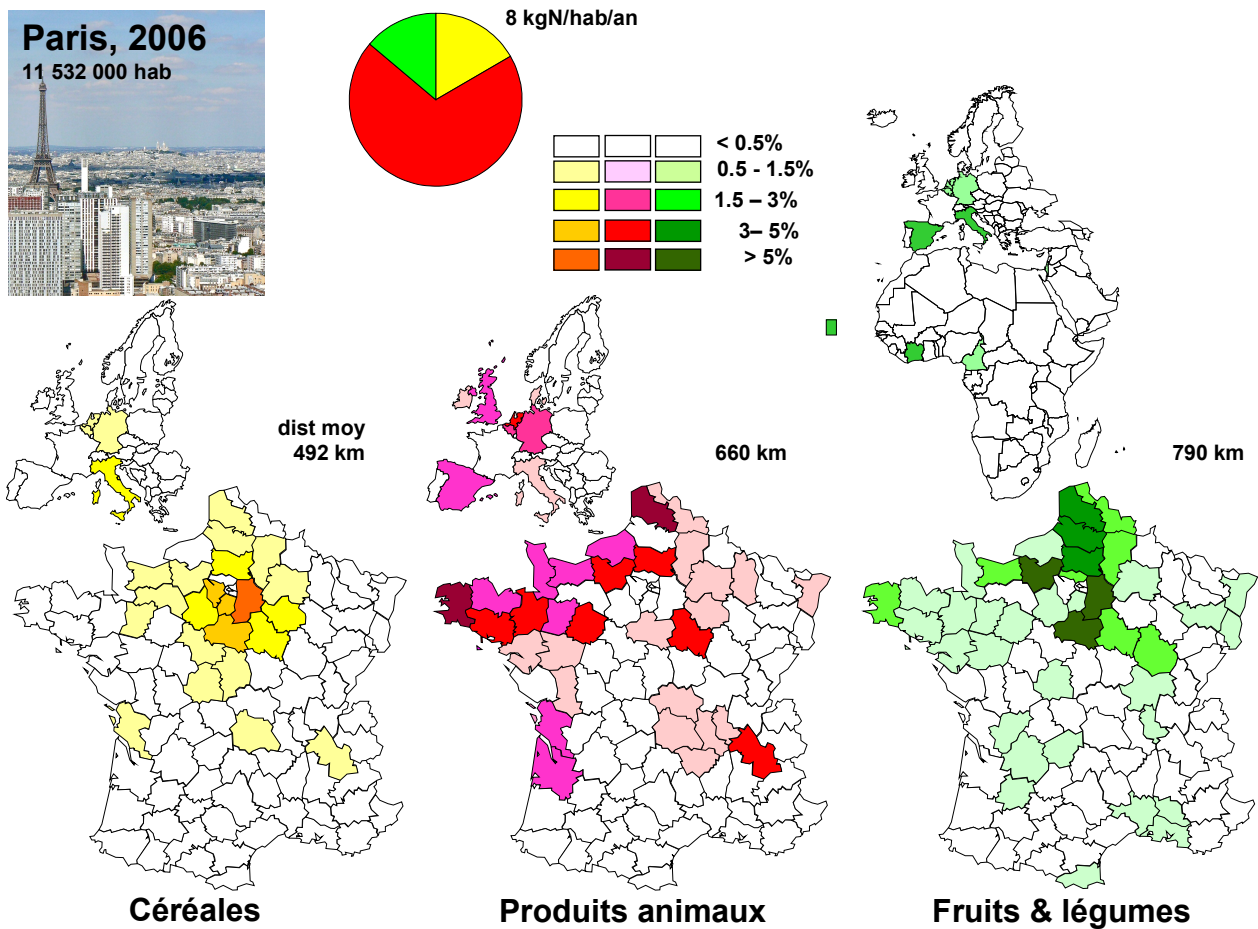


Figure 6. Contribution des départements français à l’approvisionnement de Paris en céréales, en produits animaux et en fruits et légumes en 2006 (d’après l’analyse de la base de données Sitram).

Tous aliments confondus (à l’exclusion des produits de la mer), on peut définir un espace couvrant un grand quart Nord-Ouest de la France, qui assure 70% de l’approvisionnement alimentaire parisien (en plus de celui des autres grandes villes qu’il comporte). Les 30% restant se distribuent de façon égale entre les autres départements français et l’étranger (Figure 7). Le seul bassin de la Seine n’assure plus quant à lui que 54 % des besoins de l’agglomération parisienne, mais 63 % des besoins en protéines végétales, tandis que l’approvisionnement en produits animaux se fait pour l’essentiel à partir du grand Ouest. C’est donc la spécialisation de l’agriculture, et la rupture de la complémentarité entre grandes cultures et élevage, combinée à un accroissement sensible de la part des protéines animales dans le régime alimentaire humain (près de 70 % de protéines animales en moyenne en France en 2010 contre 40 % au début du XIX^e siècle), qui ont le plus conduit à étendre l’aire d’approvisionnement alimentaire de Paris.

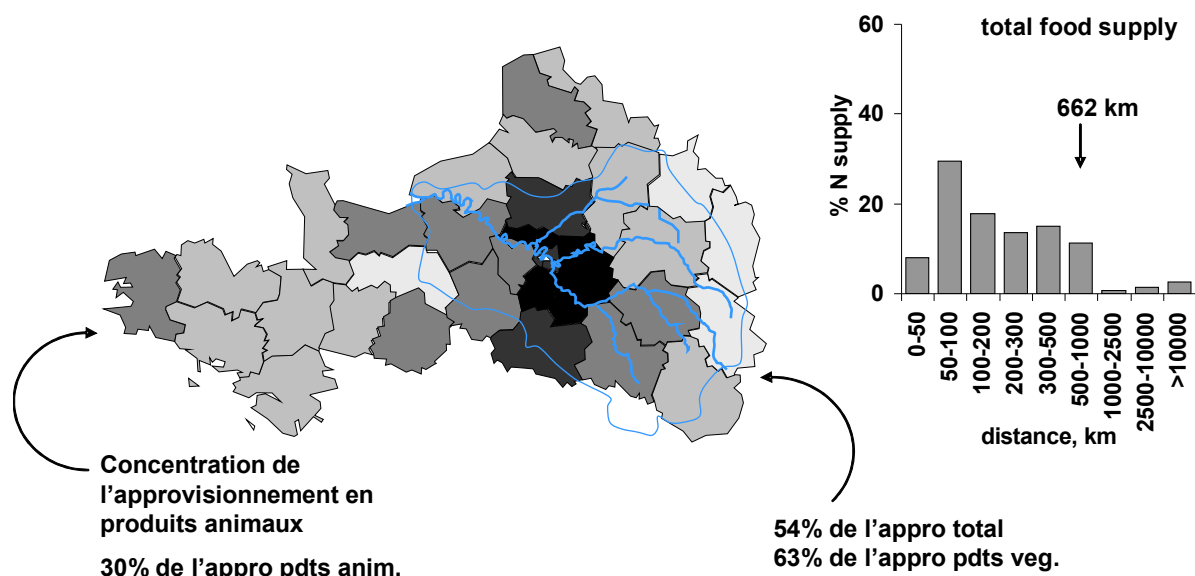


Figure 7. L'aire principale d'approvisionnement alimentaire de Paris.

2.4. La production agricole dans l'aire principale d'approvisionnement parisien

L'analyse du cycle de l'azote dans les deux composantes territoriales de l'aire principale d'approvisionnement de l'agglomération parisienne nous renseigne sur la manière dont est actuellement organisée la production agricole de ces territoires.

Le système agraire du bassin de la Seine se caractérise par une dominance des grandes cultures, avec un recours massifs aux engrais azotés de synthèse, un élevage peu développé (sauf dans ses franges périphériques Est et Ouest) et un recours très limité à la fixation symbiotique d'azote par les légumineuses (Figure 8). Ce territoire exporte plus de 80% de sa production végétale, mais n'assure que moins de 20% des besoins en produits animaux de sa population.

Le système agraire de l'autre composante de l'aire principale d'approvisionnement parisien (Bretagne-Normandie-Pas de Calais) est caractérisé au contraire par un très grand développement de l'élevage (81 UGB/km², plus de 4 fois la densité de bétail du bassin de la Seine) (Figure 9). Son cycle de l'azote est ainsi dominé par les flux d'alimentation et d'excrétion du bétail. Une part importante de l'alimentation du bétail provient de denrées importées, pour l'essentiel des tourteaux de soja en provenance du Brésil et d'Argentine. La base de données SitraM conduit à estimer les importations de tourteaux vers les départements constitutifs de cette région à 300 ktonN/an. Sur base des tables de rationnement des animaux d'élevage, on arrive à un chiffre moitié moindre (160 ktonN/an) mais qui reste considérable en terme de part des protéines importées par rapport à la production locale. Ce territoire exporte une quantité considérable de produits animaux (viande et produits laitiers). S'il exporte également des produits végétaux, leur contenu protéique ne représente guère plus que celui des aliments pour bétail importés. Compte tenu du rendement de la culture du soja en Amérique latine (env 25 qx/ha/an, soit 88 kgN/ha/an) les importations vers notre agro-système représentent une surface agricole utile de quelque 20000 à 35000 km², soit un territoire de taille comparable à celui considéré ici.

Bassin de la Seine, 2006 (92 000 km²)

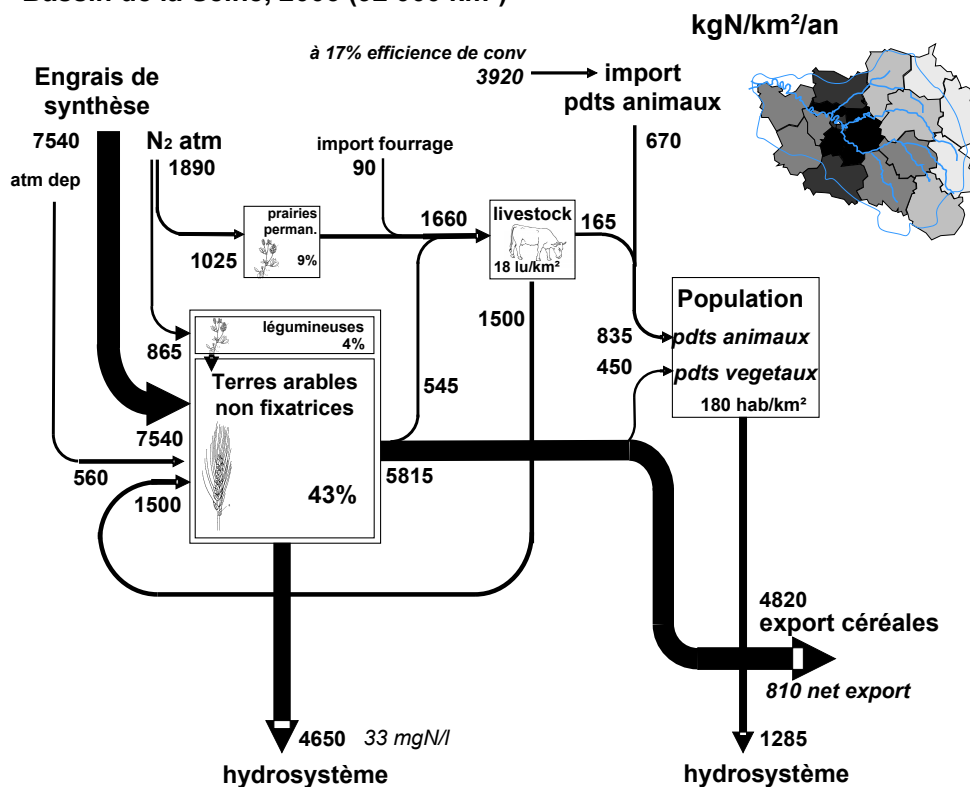


Figure 8. Flux d'azote entre terres agricoles, élevage, consommation domestique et hydrosystème dans l'agro-système du bassin de la Seine en 2006 (Flux en kgN/km²/an). (sources : Agreste, 2006 : données par départements, et SitraM, 2006)

Bretagne, Normandie, NPdC, 2006 (89 000 km²)

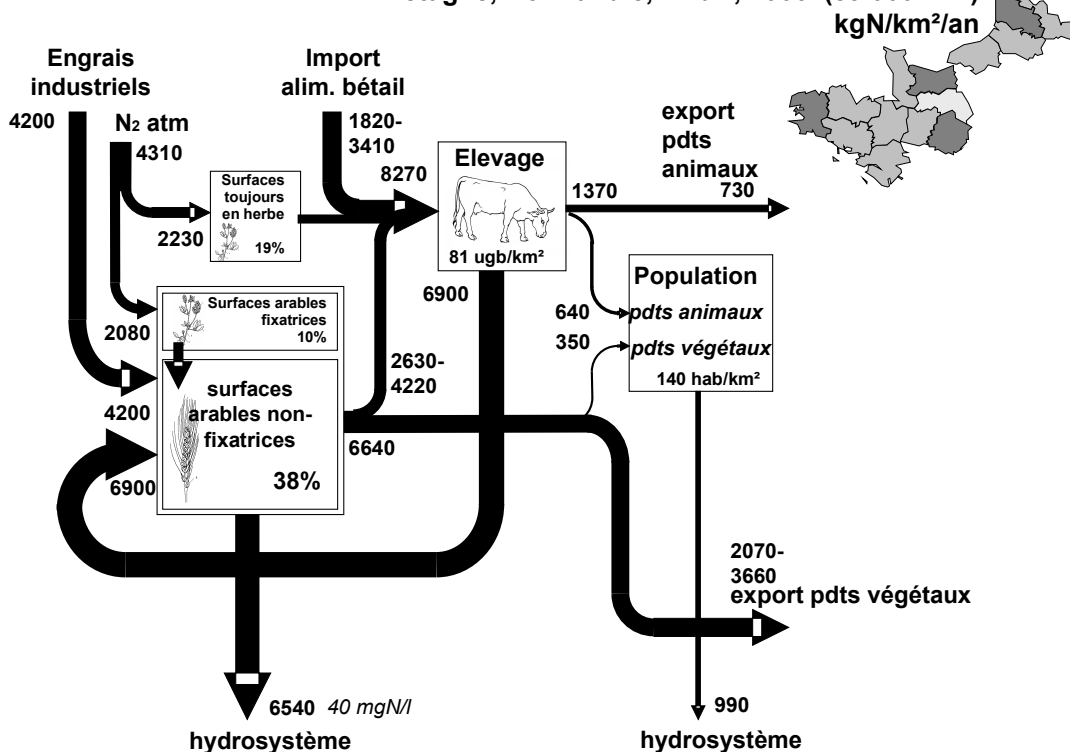


Figure 9. Flux d'azote entre terres agricoles, élevage, consommation domestique et hydrosystème dans l'agro-système du territoire Bretagne-Normandie-Pas de Calais en 2006 (Flux en kgN/km²/an).

(sources : Agreste, 2006 : données par départements, et SitraM, 2006)

On voit ainsi comment la consommation alimentaire de la région parisienne dépend actuellement pour l'essentiel de 3 territoires de taille sensiblement identique mais au fonctionnement radicalement différent (Figure 10):

* Le bassin de la Seine, après avoir longtemps assuré le rôle d'interland nourricier traditionnel de la région parisienne, est maintenant principalement tourné vers la production céréalière écoulée à 80% sur des marchés extérieurs.

* Les territoires de la Bretagne, de la Normandie et du Nord Pas de Calais assurent une large part des besoins en produits animaux de la région parisienne tout en important massivement des aliments pour bétail.

* Des régions d'Amérique latine spécialisées dans la production de soja assurent l'essentiel de ces dernières importations.

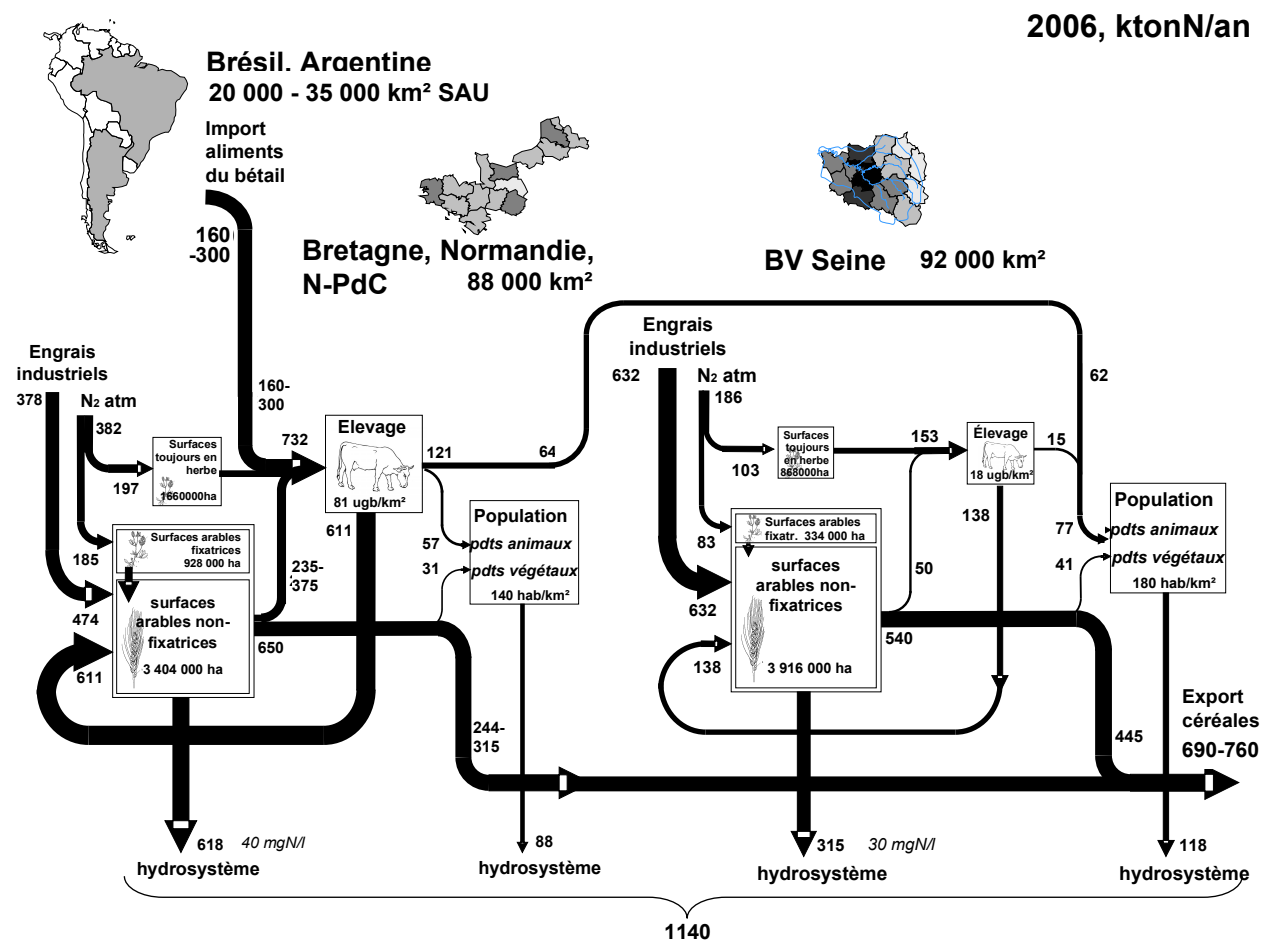


Figure 10. Flux d'azote dans l'agro-système des trois territoires impliqués principalement dans l'approvisionnement alimentaire de l'agglomération parisienne en 2006. (Flux en ktonN/an). (sources : Agreste, 200 ; SitraM, 2006, FAOstat, 2006)

2.5. L'empreinte alimentaire du francilien aujourd'hui

En ramenant par habitant les chiffres de la figure 10, il est possible de décomposer l'empreinte alimentaire azotée individuelle du francilien moyen, et de définir en quelque sorte un équivalent habitant généralisé qui représente les flux d'azote générés à tous les stades de la chaîne agro-alimentaire par l'alimentation d'une personne habitant la région parisienne (Figure 11). L'équivalent habitant classiquement considéré comme représentatif de la charge azotée individuelle dans les eaux

usées urbaines est de 15 gN/hab/jour ou 5.4 kgN/hab/an. La différence avec le chiffre de la consommation brute totale de 8 kgN/hab/an est une estimation de la production de déchets solides générés entre l'approvisionnement en produits agricoles bruts et la consommation finale effective. Des pertes de l'ordre de 20-30% sont en effet citées par plusieurs études qui se sont intéressées à cette question (WRAP, 2009 ; ADEME, 2010). Pour simplifier le diagramme, nous avons considéré, comme nous y invite l'analyse des aires d'approvisionnement, que l'essentiel de la consommation francilienne de produits végétaux est issue d'agrosystèmes similaires à celui du bassin de la Seine, tandis que l'essentiel de la consommation de produits animaux provient d'agrosystèmes du type Bretagne-Normandie-Pas de Calais. La consommation de produits de la mer (poissons, mollusques, crustacés, soit env 0.6 kgN/hab/an) est exclue de l'analyse.

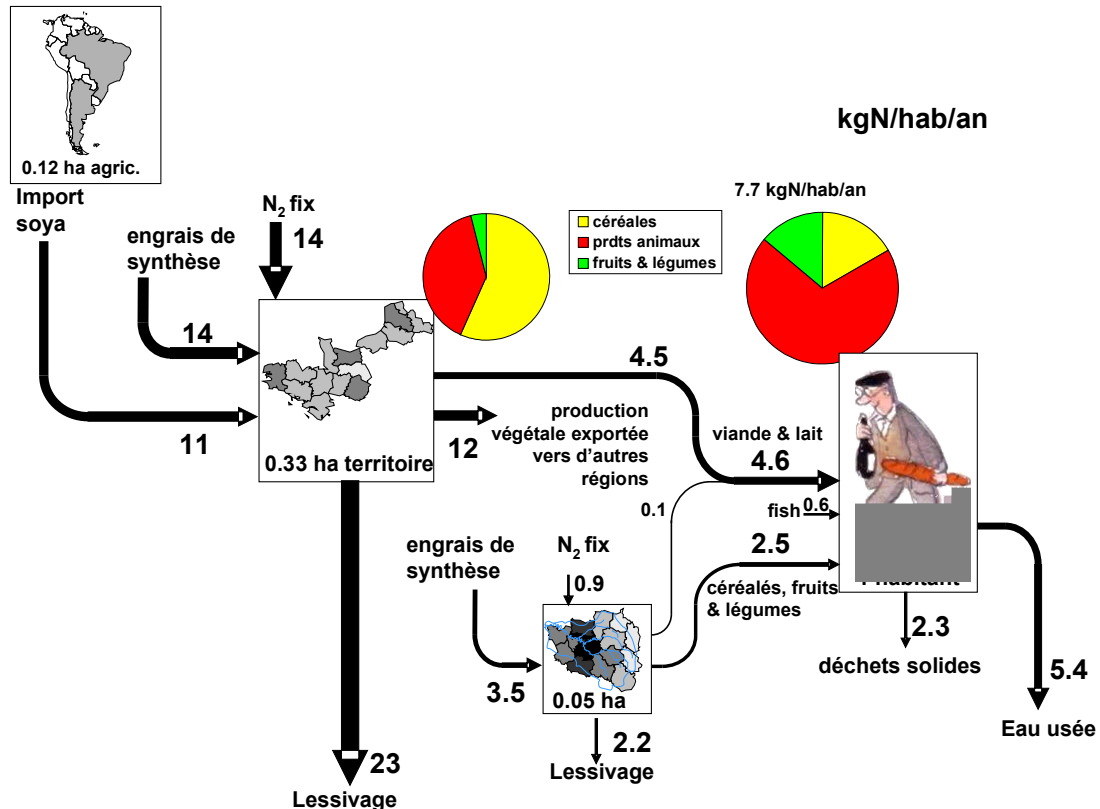


Figure 11. L’empreinte azote du Francilien moyen en 2006 (généralisation de la notion d’équivalent habitant) (Flux en kgN/habitant/an).

Ces résultats montrent que la fourniture de l’alimentation végétale d’un habitant ne requiert que 0.05 ha de surface territoriale, fertilisée à raison de 3.5 kgN/an plus 0.9 kgN/an issus de la fixation symbiotique par les légumineuses, et donnant lieu à une perte vers l’hydrosystème de l’ordre de 2.2 kgN/an. Cette même surface territoriale ne produit cependant que 2% de la consommation de protéines animales de notre habitant. Pour produire le complément, une surface agricole six fois plus importante (0.33 ha) est nécessaire, et met en œuvre des flux d’azote beaucoup plus considérables, incluant l’importation de 10 kgN/an de soja latino-américain (produit sur 0.12 ha), l’utilisation de 11 kgN/an de fertilisant industriels et de 14 kgN/an fixés symbiotiquement. Cette surface produit également un surplus de production végétale exporté de 12 kgN/an. Elle donne lieu à des pertes environnementales d’azote potentiellement polluantes pour l’hydrosystème de l’ordre de 25 kgN/an, soit 5 fois l’équivalent habitant classique. A l’évidence, la production des protéines animales, au dessus de la fraction qui peut être produite par un système de polyculture-élevage équilibré, est responsable de la plus grande part de l’empreinte alimentaire.

3. Les tensions environnementales du système agro-alimentaire

Telle qu'elle est organisée actuellement, la production alimentaire qui approvisionne l'agglomération parisienne est génératrice de deux types de tensions environnementales majeures, l'une sur la qualité de l'eau, l'autre sur les propriétés thermiques de l'atmosphère.

Avant la révolution industrielle, l'hinterland traditionnel de Paris fournissait à la Ville à la fois sa nourriture, son eau et son énergie. Nous verrons que le mode d'agriculture pratiquée sur le territoire rural était parfaitement compatible avec la production d'une eau de qualité, mais que cette double fonctionnalité territoriale est aujourd'hui remise en cause par les techniques de l'agriculture industrielle. Nous verrons aussi que, même dans le secteur agricole, la substitution des énergies renouvelables par les énergies fossiles, y compris en ce qui concerne la fertilisation, représente une contribution significative à l'accroissement des gaz à effet de serre.

3.1. Agriculture et qualité des eaux

La généralisation dans la deuxième moitié du XXe siècle de l'agriculture industrielle s'est accompagnée d'une pollution nitrique des eaux souterraines et superficielle, comme en témoigne les séries chronologiques longues disponibles pour le bassin parisien (Figure 12). Dès les années 1970 cette pollution avait déjà été observée, et le rapport Hénin (1982) pouvait apparaître comme un cri d'alarme à ce sujet. Elle a néanmoins continué de plus belle, malgré la mise en place en 1984 du Corpen (Comité d'orientation pour des pratiques agricoles respectueuses de l'environnement) et ses campagnes de conseils aux agriculteurs (opérations Fertimieux). Aujourd'hui la plupart des régions de grandes cultures du bassin parisien produisent une eau sous-racinaire trop chargée en nitrates pour être consommée.

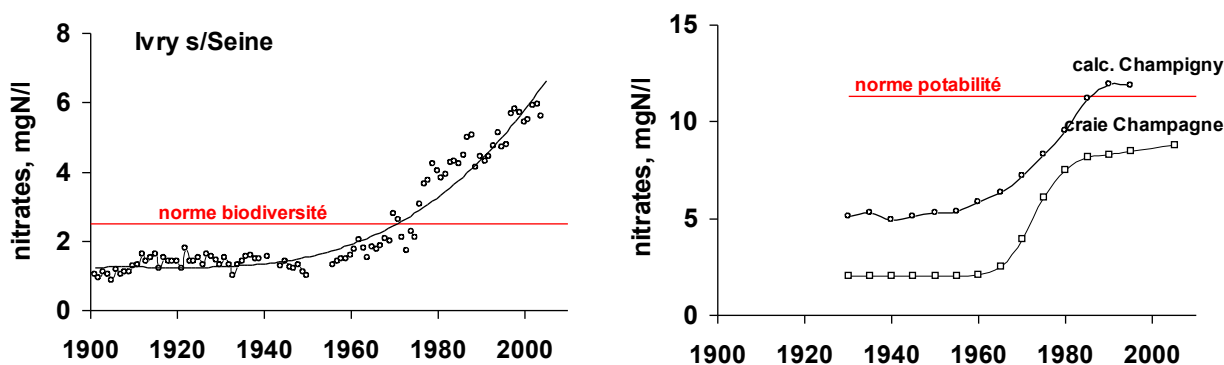
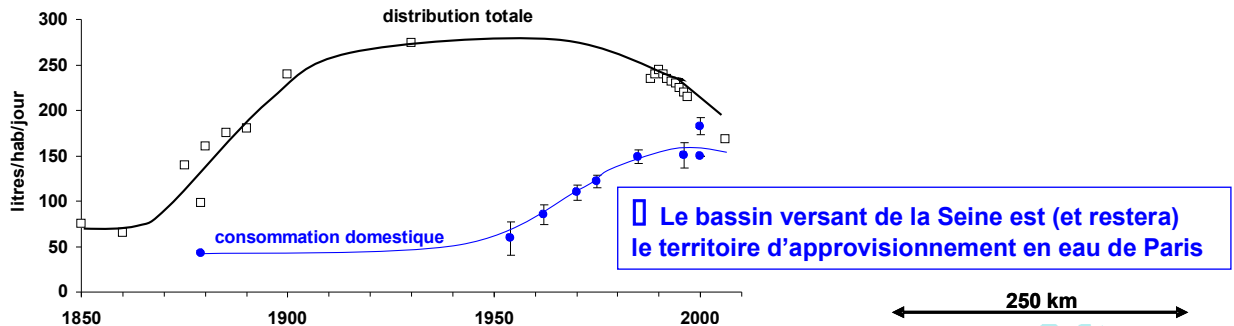


Figure 12. Evolution à long terme de la concentration en nitrate dans la Seine en amont de Paris (prise d'eau d'Ivry) et dans quelques grandes formations aquifères du bassin parisien.

Pourtant, l'aire d'alimentation de Paris en eau de distribution continue d'être circonscrite au bassin versant de la Seine (Fig. 13). Si les raisons en paraissent naturelles et évidentes, il est bon de se rappeler qu'une telle situation n'est pas la règle. De nombreuses grandes agglomérations étendent leur aire d'alimentation en eau potable bien au-delà des limites du bassin versant dans lequel elles se situent. Athènes offre à cet égard le cas particulièrement frappant d'une ville qui s'est progressivement approprié les ressources en eau d'un vaste territoire bien au-delà des frontières hydrographiques (Stergiouli & Hadjibiros, 2011). La même situation se retrouve à New York (Swaney et al, 2011), qui constitue de plus un exemple de ville qui, en matière d'aménagement des territoires ruraux environnant, privilégie de manière volontariste la production d'une eau potable de qualité à la

production agricole. Dans le cas de Paris, donc, une véritable concurrence existe en matière d'utilisation de l'espace rural entre ses fonctions de production agricole et de production d'eau potable.

Distribution et consommation domestique d'eau potable (en litres/hab/jour) dans l'agglomération parisienne



Origine de l'AEP de l'agglomération parisienne (2006)

| eau de surface | | m3/jour | % |
|-----------------------|----------------------|------------------|------------|
| Seine | (Choisy, Orly, Ivry) | 500 000 | 30 |
| Marne | (Neuilly, Joinville) | 405 000 | 24 |
| Oise | (Méry) | 164 000 | 10 |
| eau souterraines | | | |
| aqueduc du Loing | | 51 600 | 3 |
| aqueduc de la Vanne | | 118 250 | 7 |
| aqueduc de la Voulzie | | 36 350 | 2 |
| aqueduc de l'Avre | | 46 900 | 3 |
| autres | | 365 300 | 22 |
| total | | 1 687 400 | 100 |

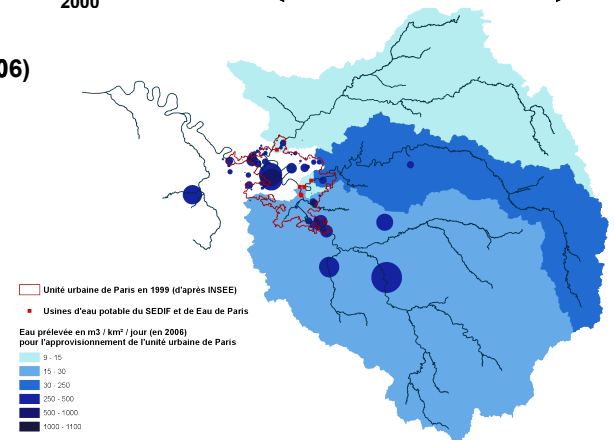


Figure 13. Approvisionnement en eau potable de l'agglomération parisienne.

3.2. Relation production agricole, fertilisation et surplus azoté

Outre l'usage de pesticides (herbicides pour le 'sarclage chimique' des adventices, insecticides et fongicides), l'agriculture industrielle est caractérisée par le recours à une fertilisation azotée minérale dosée de telle sorte à éviter toute limitation de la croissance des plantes cultivées par la ressource en ce nutriment. L'étude, à l'échelle territoriale et sur une longue période de temps, de la relation entre les rendements agricoles et l'importance de la fertilisation azotée est révélatrice à la fois du succès de cette approche technique en termes de performances agricoles et des problèmes environnementaux qu'elle génère. Le rendement agricole s'entend ici comme le flux d'exportation d'azote accompagnant la récolte des plantes cultivées, ainsi que l'herbe consommée au pâturage. La fertilisation est le total des apports d'azote aux sols cultivés par épandage d'engrais synthétiques ou de fumure organique, par fixation symbiotique d'azote moléculaire par les légumineuses et par retombées atmosphériques. Les statistiques agricoles permettent d'estimer ces deux termes du bilan d'azote des sols agricoles depuis le début du XXe siècle. Nous avons sélectionné dans chacune des principales régions agricoles du bassin de la Seine définies par Mignolet et al. (2007), un département représentatif pour lequel l'évolution du bilan d'azote des terres arables a été calculée entre 1950 et 2007 (Figure 14). L'ensemble des données montre une relation hyperbolique assez classique : l'accroissement de la fertilisation s'accompagne effectivement d'un accroissement des rendements, mais ce dernier n'est pas proportionnel au premier, indiquant une efficacité décroissante de l'utilisation d'azote ('loi des rendements décroissants'). La différence entre fertilisation et production mesure le 'surplus' de fertilisation par rapport à ce que la récolte en utilise, surplus qui s'accroît avec le niveau de

fertilisation. Ce surplus représente le potentiel de pertes environnementales d'azote, soit vers l'atmosphère (volatilisation, dénitrification), soit vers l'hydrosphère (lessivage nitrique).

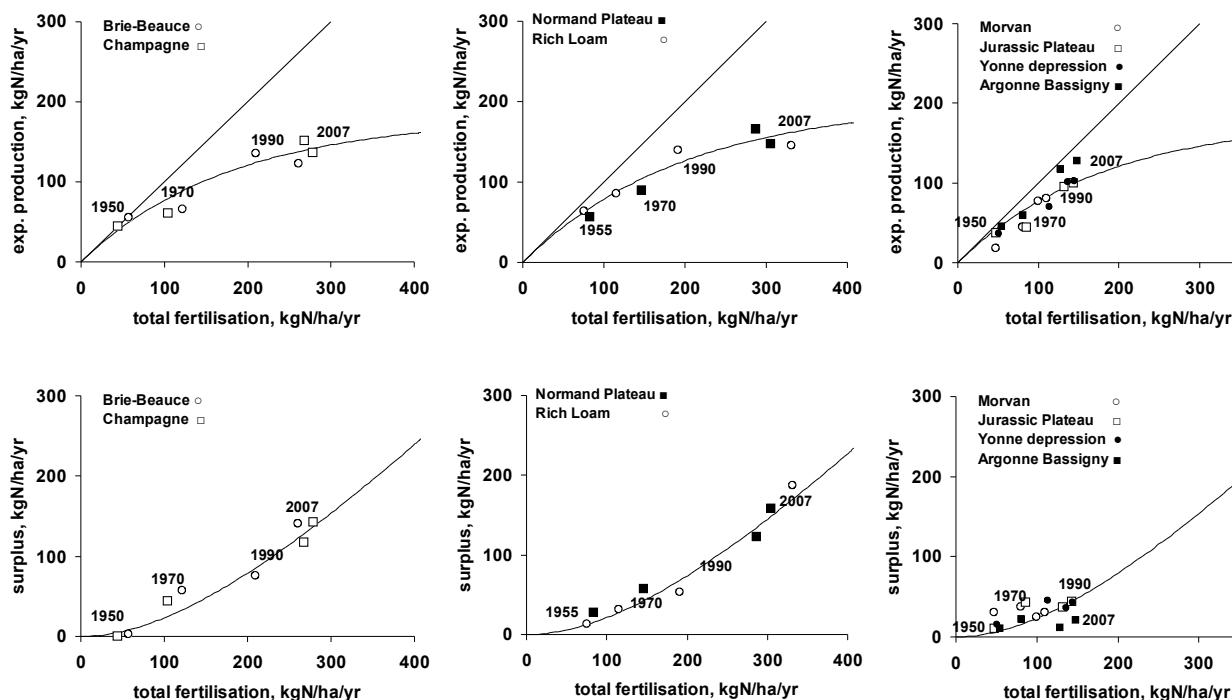


Figure 14. Relation observée au cours du temps entre la production agricole et la fertilisation totale des terres arables (exprimées en flux d'azote) dans les différentes zones agricoles du bassin de la Seine.

Les données relatives aux divers départements constituant la zone principale d'approvisionnement de l'agglomération parisienne en 2006 sont rassemblées dans la figure 14. Si l'on considère que le lessivage représente le devenir principal du surplus agricole, il est alors possible de calculer la concentration moyenne de l'eau sous-racinaire produite par les terres arables de l'agrosystème, en considérant que ce surplus se dilue dans la lame d'eau infiltrée. La figure 14 montre le résultat de ce calcul pour une lame d'eau moyenne de 350 mm/an (un maximum pour le bassin de la Seine). On voit ainsi qu'au delà d'une fertilisation totale de 150 kgN/ha/an (quelle soit organique ou minérale), il est très difficile de produire une eau satisfaisant aux normes de concentration en nitrates de l'eau potable.

Pour diminuer les pertes d'azote, deux stratégies peuvent se concevoir :

(1) Améliorer l'efficacité de l'utilisation d'azote par les plantes à fertilisation constante, ce qui revient à passer à une relation rendement-fertilisation plus proche de la diagonale, par des pratiques telles que l'usage de cultures intermédiaires piège à azote ou une meilleure précision (dans le temps et dans l'espace) de l'application des fertilisants pour mieux coller aux besoins des plantes.

(2) Diminuer la fertilisation, ce qui entraîne une légère diminution de rendement, mais une forte diminution du surplus. C'est la stratégie de l'extensification : des systèmes moins intensifs, à bas niveau d'intrants, tels que les systèmes d'agriculture biologique, génèrent moins de pertes environnementales d'azote que les systèmes conventionnels plus intensifs, comme le montrent les résultats d'une série d'enquêtes effectuées en 2011 sur une 20aine d'exploitations biologiques du bassin parisien (Figure 15).

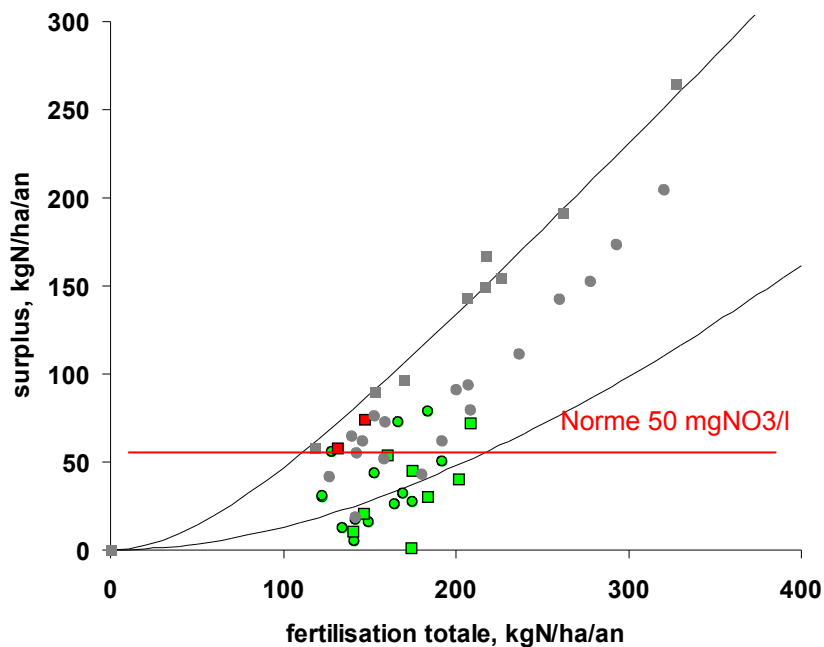
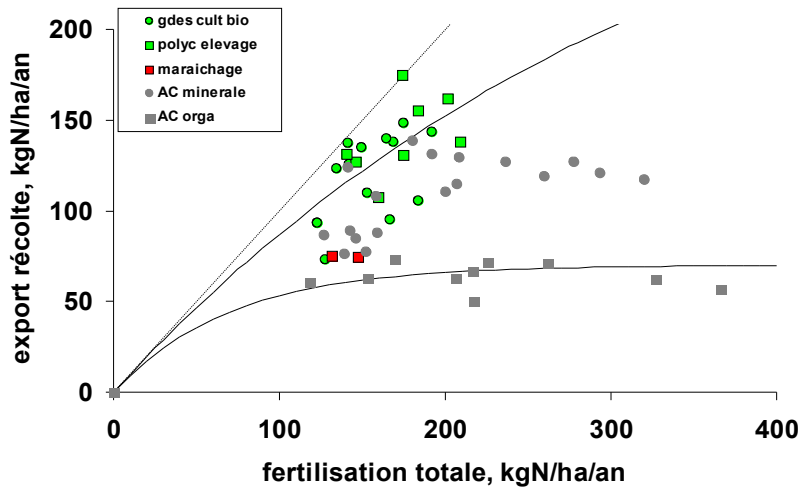


Figure 15. Relation rendement-fertilisation (au-dessus) et surplus-fertilisation (en dessous) dans les différents départements constitutifs de la zone principale d’approvisionnement de l’agglomération parisienne en 2006, et dans une série d’exploitations biologiques enquêtées en 2011. En rouge, le surplus correspondant à la concentration limite de 50 mg nitrates/l en considérant que l’ensemble du surplus annuel rejoint l’hydrosystème après dilution dans une lame d’eau de 350 mm/an. (Sources des données : Agreste, 2006 et Makridis et al., 2012)

3.3. Les déchets de la consommation alimentaire

La consommation alimentaire génère des déchets dont l’impact environnemental doit être pris en considération dans notre analyse. Ces déchets sont de deux natures : (1) des déchets solides générés en amont de l’ingestion (il s’agit de la partie non consommée des aliments, comprenant les pertes au niveau de leur transformation industrielle et domestique, mais aussi des emballages qui les accompagnent tout au long de la chaîne de distribution) ; (2) les déchets ‘physiologiques’, urine et matières fécales, évacuées sous forme d’eaux usées.

La production de **déchets solides** au niveau des ménages dans l'agglomération parisienne représente environ 1.5 kg/pers/jour, dont quelques 45% d'emballages de produits alimentaires et 25% de déchets alimentaires non consommés (épluchures, reliefs de repas, etc). Mais les déchets générés au niveau de la distribution sont bien plus considérables. Diverses études les évaluent à 20-30% de la consommation totale (WRAP, 2009 ; ADEME, 2010). Ils sont pour l'essentiel gérés par les mêmes circuits que les ordures ménagères. En Ile-de-France, la production totale de déchets ménagers et assimilés représente quelque 5700 milliers de tonnes/an, auxquelles s'ajoutent près de 4700 milliers de tonnes de déchets industriels ordinaires (hors déchets du bâtiment). Depuis la loi de 1992, la mise en décharge ne devrait plus concerner aujourd'hui que les déchets ultimes, c'est-à-dire ne pouvant subir aucune valorisation par recyclage, compostage ou incinération ; on en est encore loin aujourd'hui : près d'un millions de tonnes d'ordures sont encore enfouies, auxquelles s'ajoutent 820 millions de tonnes de déchets industriels banals, pour la seule région Ile-de-France. Si le tri sélectif et le recyclage sont en progression, ils ne concernent encore que moins de 15% des déchets ménagers et l'incinération, avec valorisation énergétique, est aujourd'hui le mode de traitement dominant des déchets solides urbains. Plus du tiers du contenu des ordures sont ainsi réinjectés dans l'atmosphère. Les mâchefers résultants de l'incinération ne sont valorisés que comme remblais dans les travaux publics.

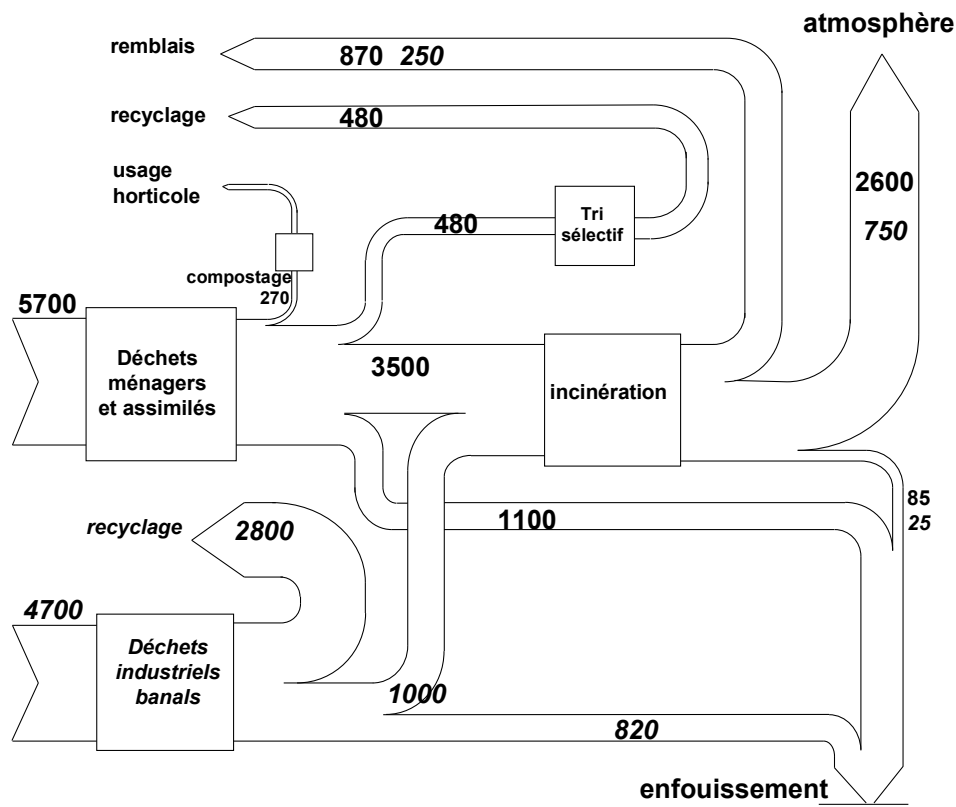


Figure 16. Circuits de traitement et destinée finale des déchets urbains en Ile de France autour de 2004. Chiffres en milliers de tonnes ; les chiffres relatifs aux déchets industriels banals sont en italiques pour les distinguer de ceux relatifs aux déchets ménagers et assimilés. (d'après Barles, 2007)

Depuis la fin du XIXème siècle, la généralisation de la distribution d'eau potable à domicile en milieu urbain s'est accompagnée de la mise en place de la collecte des **eaux usées** par un réseau d'égouts destiné à les acheminer vers les cours d'eau, à l'aval des villes. L'équivalent habitant' (equ-hab.) désigne la charge polluante brute rejetée en moyenne par un habitant avec ses eaux usées. Elle représente par jour environ 20 g de carbone organique biodégradable, 15 g d'azote sous forme organique ou ammoniacale, 2 g de phosphore, ainsi que 80 milliards de bactéries fécales et des quantités non négligeables de substances artificielles liées au mode de vie moderne, détergents,

médicaments, métaux lourds... Les stations d'épuration qui traitent les eaux usées avant leur rejet en rivière retiennent ou éliminent une partie de cette charge polluante. Les stations d'épuration les plus courantes, utilisant le procédé biologique par boues activées, minéralisent la matière organique contenue dans les eaux usées, évitant ainsi les déficits d'oxygène causés par leur rejet dans les rivières ; elles sont cependant peu efficaces pour éliminer l'azote et le phosphore que seuls des traitements spécifiques, plus coûteux, peuvent retenir significativement (traitement tertiaire). Ces traitements tertiaires ont été rendus obligatoires dans les zones dites vulnérables à l'eutrophisation et sont maintenant appliqués, ou en passe de l'être, dans la plupart des stations d'épuration qui traitent les eaux usées de l'agglomération parisienne. Les eaux usées urbaines ne représentent donc plus aujourd'hui une source importante de contamination azotée des cours d'eau, dont l'agriculture est maintenant de très loin la principale responsable.

3.4. La production de gaz à effet de serre du système agro-alimentaire

L'agriculture et le transport contribuent significativement aux émissions nationales de gaz à effet de serre. Sur base de la description que nous avons faite ci-dessus du système agricole et des distances d'approvisionnement de l'agglomération parisienne, il est possible d'estimer les émissions de gaz à effet de serre correspondantes (Tableau 2).

Tableau 2 : estimation de la production par habitant de gaz à effet de serre liée au système agro-alimentaire francilien (en kg équivalent C/hab/an). (sources : Garnier et al., 2009 ; Weber & Matthews, 2008)

| | kgC-CO ₂ /hab/an | % |
|--|-----------------------------|------------|
| Agriculture | | |
| Emission de N ₂ O par les sols | 150 | 43 |
| Emission de CH ₄ par le cheptel | 100 | 29 |
| Utilisation directe de fuel | 30 | 9 |
| Engrais de synthèse | 20 | 6 |
| Epuration des eaux usées | 4 | 1 |
| Transport | | |
| Approvisionnement longue distance | 26 | 7 |
| Logistique du dernier km | 20 | 6 |
| Total | 350 | 100 |

Ces estimations montrent que l'agriculture est de très loin le poste principal des émissions de gaz à effet de serre du système agro-alimentaire. Les transports longue distance ne jouent qu'un rôle relativement mineur dans le bilan d'émission ; la « logistique du dernier km », c'est-à-dire les dépenses énergétiques liées à l'approvisionnement individuel à domicile compte presque pour autant (Heyes and Smith, 2008). Ces estimations rejoignent les conclusions d'une étude américaine (Weber et Matthews, 2008) qui montre clairement que des modifications, même mineures des pratiques agricoles ou du régime alimentaire des consommateurs pourraient avoir un plus grand impact sur le bilan des gaz à effet de serre du système agro-alimentaire qu'une relocalisation de l'approvisionnement visant à rapprocher la production agricole de la consommation.

A cet égard, les pratiques agricoles alternatives de type extensives s'avèrent moins émettrices de gaz à effet de serre que les pratiques conventionnelles (Azadi et al, 2011)

4. Les circuits de transformation et de distribution

Notre analyse en flux d'azote de la chaîne agro-alimentaire est insuffisante pour rendre compte du contrôle social de ces flux, dont l'organisation est évidemment le résultat de décisions humaines appuyées sur un techno-système complexe. Si une analyse socio-économique complète de ce techno-système sort du cadre de l'approche que nous avons adoptée, nous voudrions cependant évoquer quelques pistes dont l'approfondissement permettrait de mieux saisir les déterminants du fonctionnement actuel de la chaîne agro-alimentaire parisienne et les voies potentielles de son évolution. Il s'agit en fait de décrire par quels circuits la production agricole de l'aire principale d'approvisionnement de Paris transite jusqu'à l'assiette de 12 millions de consommateurs. Le schéma de la figure 16 servira de guide dans cette analyse.

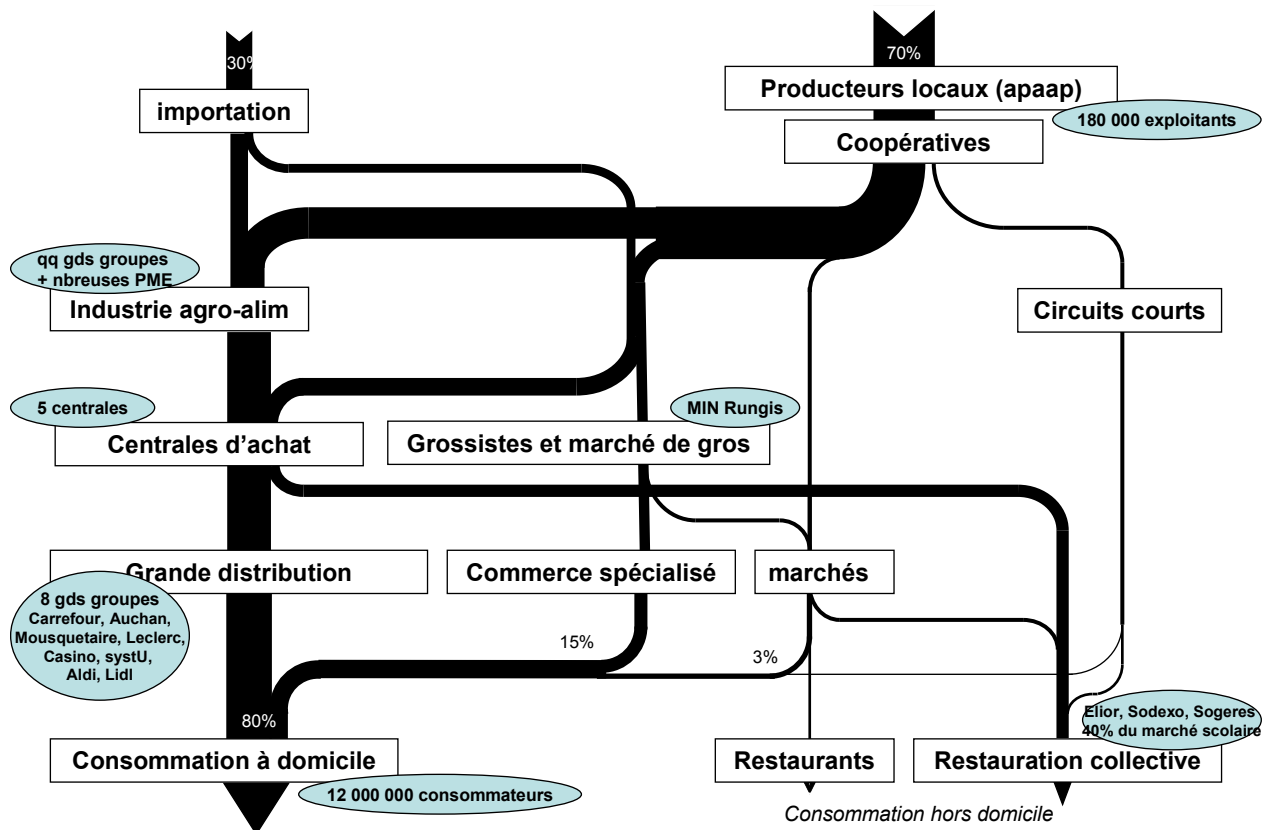


Figure 16. Schéma de principe de l'organisation des circuits de transformation/distribution agro-alimentaire desservant les consommateurs franciliens.

4.1. Le régime et les achats alimentaires des ménages

En matière de régime alimentaire, les tendances lourdes observées pour Paris sur le temps long convergent vers une consommation plus riche en produits animaux au détriment des céréales (voir Tableau 1). Cette tendance à la substitution des glucides complexes issus des céréales et des féculents par des lipides d'origine animale dès que la saturation énergétique est atteinte dans une population, a été décrite comme un phénomène universel sous le terme de transition alimentaire (Combris, 2006). La consommation de protéines animales, qui est assez bien corrélée à la richesse nationale telle que mesurée par le PIB, est en France parmi les plus élevées du monde (Figure 17).

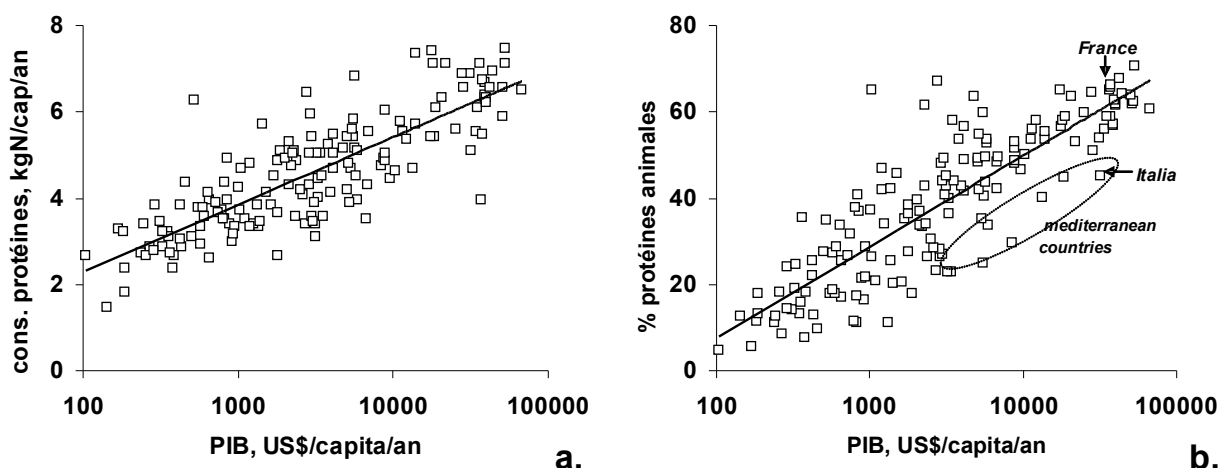


Figure 17. Consommation alimentaire par habitant en fonction du PIB. a. Ration annuelle totale de protéines. b. part des protéines animales dans ce total. (source FAOstat, 2006).

Une autre tendance nette de l'évolution de la consommation alimentaire française est celle d'un recours de plus en plus important aux produits élaborés par l'industrie alimentaire au détriment de la préparation à domicile (Esnouf et al., 2011). Toutes les enquêtes s'accordent pour estimer que la souveraineté décisionnelle du consommateur dans le domaine alimentaire est très fortement limitée par l'ampleur des sollicitations publicitaires.

Les dépenses d'alimentation ne représentent qu'à peine plus de 10% du budget des ménages. Selon une enquête de l'INSEE (Bellamy & Léveillé, 2007), les achats alimentaires des particuliers en région parisienne se font à raison de près de 70% dans la grande distribution (hyper ou super-marchés et hard-discount), pour environ 16% dans le commerce de détail spécialisé (un peu plus à Paris intra muros) et pour quelques 8% sur les marchés (Tableau 3). Notons la formidable percée de la grande distribution qui ne drainait encore en 1970 que 5% des dépenses alimentaires des français !

Tableau 3. Part des dépenses alimentaires en fonction du type de commerce (Bellamy et al., 2007)

| en % | Gdes surfaces | Petites & moy surfaces | commerce détail et spécialisé | marchés & producteurs | Internet | autres |
|-------------------------|---------------|------------------------|-------------------------------|-----------------------|----------|--------|
| Paris | 54.6 | 5.9 | 23.1 | 6.9 | 1.1 | 8.1 |
| agglo hors Paris | 65.8 | 4.3 | 15 | 7.9 | 0.5 | 6.5 |
| total agglo | 63.9 | 4.6 | 16.4 | 7.7 | 0.6 | 6.8 |

Les repas pris hors domicile représentent 13% de la consommation, dont plus de la moitié (en volume) assurée par la restauration collective (cantines scolaires et d'entreprise). La restauration collective scolaire peut évidemment jouer un rôle pédagogique essentiel en matière de régime alimentaire et de sensibilisation à une alimentation saine et durable. Les trois grandes entreprises de la restauration collective, Elios, Sodexo et Sogeres, se partagent 40 % du marché scolaire en France. A Paris ce sont les Caisses des Ecoles qui ont la responsabilité de la restauration scolaire dans l'enseignement maternel, les écoles primaires et les collèges. Certaines en sous-traitent la préparation et la distribution à des entreprises privées, moyennant un cahier des charges qu'elles élaborent, d'autres les réalisent en régie interne. Dans plusieurs arrondissements, des efforts ont été menés pour amener les enfants (et peut-être par ricochet leurs parents ?) à une alimentation moins riche en protéines animales, exploitant mieux les possibilités des protéines végétales. Une récente circulaire ministérielle (Arrêté du Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation du 30 septembre 2011) apparaît comme un coup d'arrêt donné à ces initiatives en ré-affirmant la primauté des protéines animales dans le plat principal protidique (à base de viandes, poissons, oeufs, abats ou fromages).

4.2. La grande distribution et ses centrales d'achat

Huit grands groupes, représentés par une 20aine d'enseignes, se partagent actuellement le marché de la grande distribution en France (Tableau 4), et tout particulièrement celui de la grande distribution alimentaire. La caractéristique et la force de ces groupes résident dans le paradoxe d'un abandon total de la *logistique du dernier kilomètre* (c'est l'acheteur qui se déplace, parfois sur de longues distances, pour s'approvisionner individuellement dans la grande surface) mais d'un pilotage étroit de la logistique amont qui devient l'activité sur laquelle se font les marges les plus importantes: livraison des surfaces de vente, gestion des stocks, mais aussi transformation des produits (notamment à travers les marques de distributeurs) et achat des matières premières. Une partie de ces activités logistiques sont elles-mêmes sous-traitées à des centrales d'achat, souvent communes à plusieurs groupes : ainsi 90% des flux de marchandises de la grande distribution sont gérés par 5 centrales d'achat qui négocient directement avec les producteurs et facturent leurs prestations aux groupes de distribution.

Tableau 4. Les groupes de la grande distribution en France (d'après Bognon, 2011)

| groupe | chiffre d'affaire EU 2008, M€ TTC | enseignes | Type | nb enseigne France 2009 | total |
|----------------------|--------------------------------------|-----------------------------|--------------------|----------------------------|-------|
| Carrefour | 97.56 | Carrefour | Hyper | 228 | 5566 |
| | | Carrefour market | gde ou moy surf | 917 | |
| | | Champion | gde ou moy surf | 128 | |
| | | Carrefour city | petite surf | 134 | |
| | | Carrefour express | moy ou petite surf | 214 | |
| | | Carrefour contact | petite surf | 131 | |
| | | Proxy | petite surf | 1500 | |
| | | Shopi | petite surf | 600 | |
| | | 8 à 8 | petite surf | 800 | |
| | | Dia | Maxi-discount | 835 | |
| | | Ed | Maxi-discount | 79 | |
| | | Auchan | 48.3 | Auchan | |
| Atac | gde ou moy surf | | | 286 | |
| Simply | moy surf | | | | |
| Mousquetaires | 34.8 | Intermarché hyper/super | Hyper | 286 | 2167 |
| | | Intermarché express/contact | super moy surf | 1494 | |
| | | Netto | Maxi-discount | 387 | |
| E. Leclerc | 34.7 | E. Leclerc | Hyper | 391 | 522 |
| | | E. Leclerc | Super | 131 | |
| Casino | 27.7 | Géant | Hyper | 132 | 4957 |
| | | Cora | moy surf | 59 | |
| | | Casino | moy surf | 390 | |
| | | Monoprix | moy surf | 300 | |
| | | Spar | petite surf | 877 | |
| | | Franprix | petite surf | 641 | |
| | | Petit Casino | petite surf | 2000 | |
| | | Vival | petite surf | nd | |
| | | Leader | Maxi-discount | 558 | |
| Système U | 17.5 | Hyper U | Hyper | 54 | 918 |
| | | Super U | gde ou moy surf | 697 | |
| | | Marché U | moy surf | 143 | |
| | | U Express | petite surf | 24 | |
| | | Utile | petite surf | nd | |
| Lidl | 49.8 | Lidl | Maxi-discount | 1400 | 1400 |
| Aldi | 43.4 | Aldi | Maxi-discount | 690 | 690 |

Les stratégies géographiques d'approvisionnement des grands groupes peuvent se déduire de l'implantation des centrales d'achat dont elles dépendent. Ainsi, les centrales d'achat d'Auchan, très peu nombreuses, couvrent de larges territoires et ont une stratégie très peu régionalisée (Figure 18). A l'inverse, le groupe Mousquetaires possède de très nombreuses implantations de ses centrales d'achat, et pratique une offre localisée, adaptée à la demande locale et aux disponibilités régionales. Système U possède des enseignes franchisées ayant recours à l'offre régionale en gros et à des filières plus courtes.

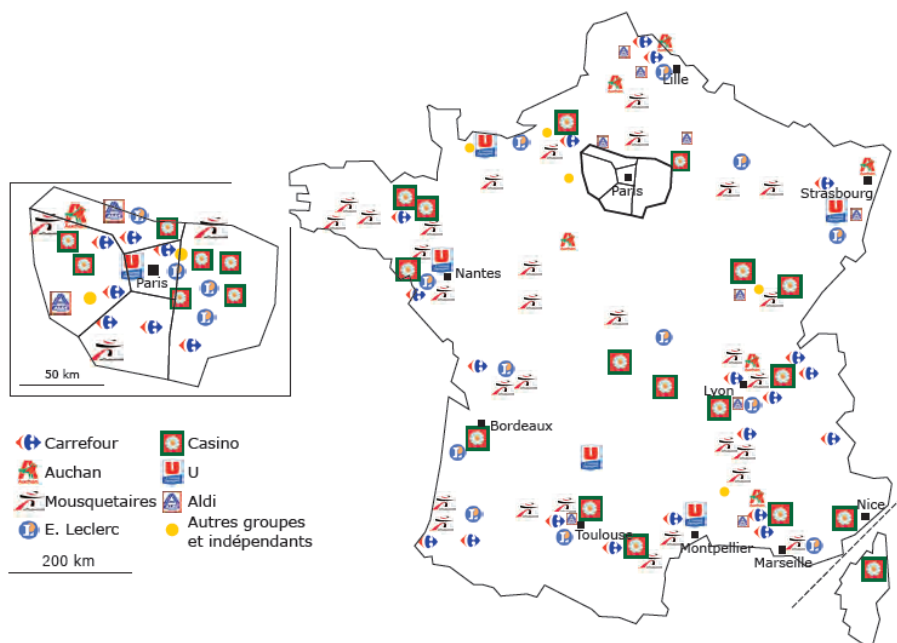


Figure 18. Localisation des centrales d'achat des grands groupes de distribution (LSA, 2008 in Bognon, 2011)

Le commerce de gros hors grande distribution approvisionne donc principalement les magasins spécialisés et les restaurateurs indépendants.

Les MIN (*'Marchés d'Intérêt National'*) au nombre de 16 en France sont des organisations publiques mettant en relation les producteurs et les grossistes avec les détaillants ou les restaurateurs. Le MIN de Rungis représente lui seul 50% des transactions nationales.

4.3. Les entreprises de transformation agro-alimentaire

Une évolution marquante du système alimentaire moderne réside dans la place croissante qu'y occupent les transformations industrielles, qui 'artificialisent' le lien entre la production agricole brute et l'approvisionnement final du consommateur. Dans bien des cas ce système aboutit à une réduction de la gamme des matières premières agricoles produites et à une spécialisation d'opérateurs industriels qui fractionnent cette matière première avant de la recomposer en une grande diversité d'aliments de qualité régulière et standardisée (Esnouf et al, 2011).

Quelques grands groupes, dont certains liés à la grande distribution (voir ci-dessus) ou aux coopératives agricoles (voir plus loin) contrôlent la plus grande partie des flux de transformation agro-alimentaires. Ainsi la firme canadienne Mc Cain Foods, dans ses trois usines de la Marne (Matougues), et du Nord-Pas de Calais (Harnes et Beaumarais), assure à lui seul les trois quarts des transformations de pommes de terre en France. Le groupe coopératif Tereos non seulement produit

40% du sucre français, mais est aussi un des acteurs majeurs des filières sucre et agro-carburant dans le monde.

4.4. Les coopératives agricoles

75% des agriculteurs français sont adhérents d'une ou plusieurs coopératives agricoles (Dedieu, 2011). Initialement créées vers la fin du XIXe siècle sous l'impulsion des mouvements syndicaux agricoles pour assurer l'achat collectif d'intrants, la mise en commun d'outils ou d'infrastructures de stockage et la commercialisation voire la transformation des récoltes, ces coopératives ont progressivement été aidées par l'Etat qui en a fait bien souvent un instrument de mise en œuvre de sa politique agricole. Les Sociétés Coopératives Agricoles jouissent d'un statut légal particulier, fiscalement très favorable, défini par la loi du 10 septembre 1947. Leurs Assemblées Générales fonctionnent sur la base d'une voix pour chaque adhérent, tandis que les excédents financiers sont reversés au prorata du volume d'activité de chaque exploitant avec la coopérative. S'il subsiste localement de petites coopératives ayant conservé ce fonctionnement démocratique direct et un ancrage territorial fort, un certain nombre de coopératives se sont transformées en véritables entreprises monopolistiques, développant par le biais de filiales, des stratégies commerciales et industrielles à l'échelle mondiale, sans grand lien avec ses missions initiales. Loin de contrôler les gigantesques coopératives auxquels ils adhèrent, les agriculteurs sont souvent individuellement emprisonnés dans la logique productive de ces structures, dont ils dépendent à la fois pour la fourniture de leurs intrants et pour l'écoulement de leur récolte.

Tableau 4. Les principales coopératives agricoles actives dans le Nord de la France (source : Coop de France, www.coopdefrance.coop/fr)

| | Siège | Activité | marques | Chiffre d'affaire (M€) | remarques |
|-------------------------------------|-----------------------------|---|---|------------------------|---|
| InVivo | Paris | Céréales, approvisionnement, aliment. animale | Gamm Vert, semences de France | 4433 | Filiales en Asie du Sud-Est, Mexique, Afrique du Sud |
| Sodiaal | Paris (75) | Lait | Yoplait, Candia, Riches Monts, Régilait, Entremonts,... | 4000 | Centrée sur le territoire national |
| Terrena | Ancenis (44) | Polyvalente | Gastronome, Douce France, Regilait, Paysan breton | 3871 | Centrée sur le Grand Ouest |
| Tereos | Origny (02) | Sucre, céréales, biocarburant | Beghin Say, L'Antillaise, Origny, La Perruche | 3529 | Filiales au Brésil et au Mozambique |
| Champagne Céréales | Reims (51) | Céréales, approvisionnement, meunerie, malt | Delifrance, Francine, Campaquette | 2443 | Contrôle le Groupe industriel Sicalé, actif notamment dans les agrocarburants |
| Agrial | Caen (14) | polyvalente | Florette, Créaline, Priméale, Ecusson, Danao, Loic Raison | 2261 | Centrée Normandie et Pays de la Loire |
| Axérial | Bourges (18) | Céréales, approvisionnement, meunerie, malt | Banette, Francine, Lemaire, Treblec | 2205 | Centrée Beauce, implantations en Hongrie, Benelux, UK |
| Triskalia | Landerneau (29) | Polyvalente | Paysan Breton, Prince de Bretagne, Régilait, .. | 2200 | Centrée Bretagne |
| Even | Ploudaniel (29) | Lait, approvisionnement, alim. animale | Even, Paysan Breton, Kerguelen | 1767 | Centrée Bretagne |
| Cooperl Arc Atlantique | Lamballe (22) | Viande | Calidel, Brocéliande | 1700 | |
| Limagrain | Ennezat (63) | Semance, bio-santé | Vilmorin, Clause, Jacquet, Brossard | 1349 | |
| Maîtres laitiers du Cotentin | Sottevast (50) | Lait | Montembourg | 1305 | |
| Cecab | Vannes (56) | polyvalente | D'Aucy, Louis Gad | 1300 | |
| Cristal Union | Corbeilles en Gatinais (45) | Sucre | Daddy | 1126 | |

4.5. Les formes alternatives émergentes d'approvisionnement

A côté des circuits dominants d'approvisionnement alimentaire naissent depuis une dizaine d'années de nombreuses initiatives visant à construire des systèmes agro-alimentaires alternatifs (Deverre et Lamine, 2010). Ceci n'est sans doute pas étranger au fait, révélé par l'enquête Baromètre Nutrition et Santé 2008 que 40% des français sont insatisfaits de la qualité de leur nourriture (Escalon et al, 2009).

La volonté de s'alimenter en produits sains, cultivés de manière respectueuse de l'environnement, explique l'engouement des consommateurs pour les produits labellisés comme provenant de ***l'Agriculture Biologique***. C'est en Île-de-France et dans les régions voisines que l'on trouve le plus grand nombre de consommateurs de produits bio, alors même que ces régions sont celles où l'agriculture biologique est la moins développée (Figure 19). La France importe aujourd'hui 35% de sa consommation de produits issus de l'agriculture biologique, dont 40% de céréales, 25% de lait, 50% de fruits et légumes ! (Agence bio, 2011)

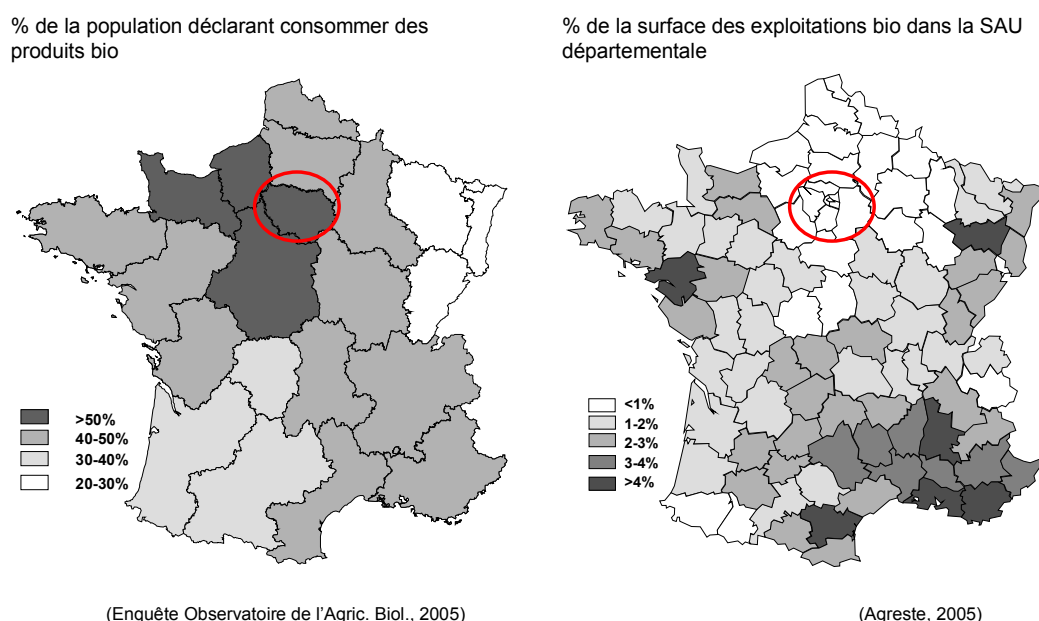


Figure 19. Géographie de la demande et de l'offre de produits de l'agriculture biologique en France.

Si la consommation de produits bio n'implique donc pas, loin s'en faut, un approvisionnement local, le mouvement des **AMAP (Association pour le Maintien d'une Agriculture Paysanne)**, système alternatif de distribution alimentaire, non dépendant du marché conventionnel, basé sur le contact direct et solidaire entre producteurs et consommateurs, privilégie au contraire la proximité de l'approvisionnement. Le système concerne en majorité le maraîchage, et la livraison d'un panier de légumes, mais il s'étend de plus en plus à des produits comme le pain, le fromage ou la viande. Le développement extrêmement rapide de ce mouvement en Île-de-France (Figure 20) est un indicateur d'une volonté profonde de maîtrise de la vie quotidienne et de la recherche de relations économiques nouvelles entre production et consommation, en marge du système économique dominant. Nos enquêtes permettent de chiffrer à 240 le nombre des AMAP en Ile-de-France et leur 'audience' à 0.3 % de la population francilienne, après seulement 8 ans d'existence du mouvement.

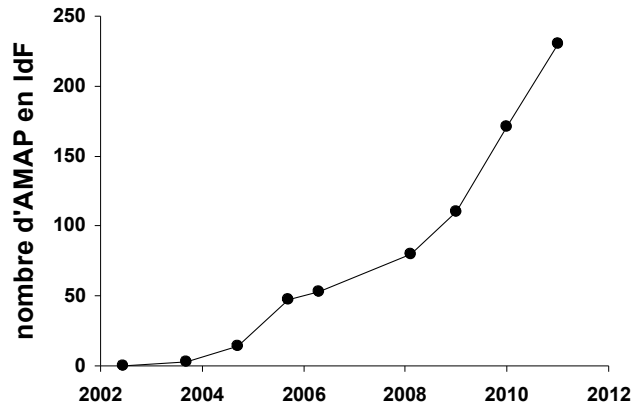


Figure 20. Développement des AMAP en Ile-de-France (source : AMAP-idF.org)

La multiplication récente des **potagers urbains ou jardins partagés** est un autre indice de cette volonté d'une partie de la population urbaine de renouer des liens nourriciers plus locaux. Il existe plusieurs types de potagers urbains collectifs. Les plus anciens, les *jardins familiaux*, sont les héritiers des jardins ouvriers créés par les municipalités dès la fin du XIXe siècle notamment sous l'impulsion d'un mouvement ouvrier chrétien, mené par l'Abbée Lemire. Ces jardins, actuellement au nombre de 3200 parcelles (soit env. 80 ha) en Ile-de-France, sont gérés par la Fédération Nationale des Jardins Familiaux et Collectifs (Anciennement Association du Coin de Terre). Leur jouissance est attribuée à des familles du voisinage et la commercialisation de leur récolte est interdite. Les *jardins partagés* résultent d'un programme plus récent initié par la Ville de Paris en 2003 (Main Verte). Ces jardins sont créés et gérés de manière collective avec le soutien des mairies qui débloquent des terrains ou mini-espaces urbains. On en dénombre une centaine en Ile-de-France, sur 7 ha environ, dont la moitié à Paris intra-muros. L'Association Graine de Jardin coordonne leur gestion. Enfin les *jardins d'insertion*, s'adressent à des personnes en difficulté sociale ou en situation d'exclusion. Ils s'intègrent dans le cadre des chantiers de réinsertion et permettent de créer du lien social dans des milieux en crise ou éclatés. Les Réseaux des Jardins de Cocagne et des Jardins du Cœur œuvrent dans ce sens et commercialisent bien souvent des paniers de légumes. On peut estimer leur surface en Ile-de-France à 50 ha environ. Avec une productivité de quelque 100 kgN/ha/an (moyenne observée sur un échantillon de potagers privés enquêtés par nos soins), la production des potagers urbains représente la consommation de légumes de quelques 12 000 personnes, soit 1‰ de la population de l'Ile-de-France. La contribution de ces activités au bilan alimentaire de la ville est donc tout à fait marginale, mais leur valeur symbolique, le pouvoir de sensibilisation et la qualité du lien social qu'ils permettent bien souvent d'établir, sont sans commune mesure avec leur apport nourricier.

5. Deux scénarios pour l’empreinte alimentaire de Paris en 2030

Comme on l’a vu plus haut, le paradoxe parisien est celui d’un marché alimentaire direct somme toute assez circonscrit localement, mais inséré dans un système de production agricole largement ouvert sur le monde et pour lequel Paris ne représente plus un marché privilégié. La ville est restée, plus qu’on ne le croit, tournée vers sa campagne, quand la campagne s’est détournée de la ville et s’est très largement insérée dans la mondialisation. Deux tendances s’opposent donc aujourd’hui en matière d’approvisionnement alimentaire parisien : celle, centrifuge, du développement économique de l’agriculture, des agro-industries et de la grande distribution, et celle, centripète, d’une partie au moins des consommateurs urbains qui recherchent des formes de relocalisation des liens nourriciers entre la ville et son hinterland traditionnel. Ces deux tendances correspondent à deux visions diamétralement différentes de l’avenir de la Ville et de l’Agriculture.

Pour les uns *‘Le développement de l’Île-de-France devra être, dès demain, tiré par le commerce maritime’. ‘L’essor de l’e-commerce permet à chacun de voir livrés à son domicile des produits achetés à l’autre bout du monde en un clic. Quel est l’avenir d’une métropole qui n’est pas connectée aux autres ?’* (Attali, 2010). Paris doit donc se développer vers la mer : *‘Nous devons reconstruire une politique et une ambition maritimes pour la France, autour des nouveaux enjeux (...) d’une planète mondialisée qui respire par le commerce international.’* (N. Sarkozy, Discours du Havre, 16 juillet 2009).

Pour les autres au contraire, *‘L’Île-de-France (saura) conserver son rang de première région agricole française, ce qui lui permettra de conserver sa fonction nourricière sur une majeure partie de son territoire. Dans les campagnes et aux lisières des villes, une agriculture de proximité (se développera) et (prendra) une part croissante dans l’alimentation du marché métropolitain. Les circuits de distribution seront raccourcis, diminuant coûts de transport, de stockage et émissions de gaz à effet de serre’* (SDRIF, 2009).

Nous essayons ci-dessous de pousser à l’extrême ces deux tendances en construisant deux scénarios opposés de ce que pourrait être l’empreinte alimentaire de Paris dans une vingtaine d’années. L’un, celui d’une région parisienne oubliant les profondes racines qui la relie depuis des siècles à son hinterland traditionnel pour se tourner vers une consommation entièrement mondialisée, tout comme l’autre, entièrement relocalisé, basé sur une agriculture à bas intrants et un changement profond de régime alimentaire, sont irréalistes (au moins à cette échéance temporelle). Le mérite de ces deux images opposées est de donner idée de l’ampleur du champ des possibles et de montrer quels arbitrages entre deux tendances antagonistes décideront finalement de l’avenir de ce qui est le plus emblématique du fonctionnement d’une ville: son mode d’approvisionnement alimentaire.

5.1. La mondialisation du système agro-alimentaire parisien

Les partisans de la globalisation de l’économie alimentaire mettent en avant la nécessité, pour nourrir une population mondiale grandissante, de faire appel au commerce international à longue distance de façon à permettre que la nourriture soit produite de la façon la plus efficiente, tant sur le plan économique qu’environnemental en fonction des différentiels de productivité existant entre régions du monde (Cowell & Parkinson, 2003 ; Desrochers & Shimizu, 2008). Ballingal & Winchester (2008) vont même plus loin en affirmant qu’une préférence pour un approvisionnement local en Europe aboutirait à ‘affamer les pauvres’ en privant les pays du Sud de ressources commerciales importantes. Nous reviendrons dans le chapitre suivant sur ce dernier argument. Dans le cadre de la spécialisation mondiale des activités agricoles, le bassin parisien, dont les terres céréalières comptent parmi les meilleures du monde, aurait vocation à maximiser ses exportations de céréales, et à importer d’autres régions les productions pour lesquelles son agriculture est moins compétitive.

Le prix de revient du transport maritime longue distance est aujourd’hui dérisoire (moins de 0.10€/kg pour un transport par container Europe-Asie). L’extension considérable qu’il a prise n’a été possible que grâce à des infrastructures portuaires extrêmement lourdes mises en place par la plupart des états européens. La France accuse un certain retard dans ce domaine, tout particulièrement par rapport aux ports d’Anvers et de Rotterdam par lesquels transitent déjà un bon tiers des flux

commerciaux internationaux fournissant Paris. Jacques Attali (2010), dans son ouvrage *Paris et la Mer (50 propositions pour réussir le Grand Paris par son ouverture jusqu'à la mer)* prêche pour une politique extrêmement volontariste dans ce domaine :

« Tout est fait aujourd'hui pour que les grands ports du nord de l'Europe assurent l'approvisionnement de la capitale française. Si bénéficier de la desserte de plusieurs ports est un atout pour Paris, la métropole aura perdu, elle, son défi d'être un port « hub », l'une des grandes villes-monde du XXI^e siècle, et le Havre se verra réduit au rôle de port secondaire.

En 2030, si rien n'est infléchi, le grand Paris aura un grand métro, deux aéroports et un grand centre de recherche, mais connaîtra les symptômes cancéreux d'une cellule qui n'a pas su croître. Sans dimension maritime, Paris ne maîtrisera pas les grandes routes commerciales, perdra la compétence logistique et ne préemptera pas les industries de transformations en sortie de conteneurs ; son approvisionnement alimentaire, en matériaux de construction, en produits de consommation sera traité par la zone Benelux ; la source des énergies nouvelles se trouvera à plusieurs centaines de kilomètres, et son rayonnement ne sera que celui d'une « ville lumière » que l'on visite. Le Grand Paris ne sera pas ce territoire économique que l'Etat français voulait.

L'«axe Seine» constitue bien l'atout majeur de la capitale française. Paris, le vrai « Grand Paris », doit le revendiquer ou perdre ses ambitions. Il aura alors la chance de devenir la porte océane et la capitale naturelle de l'Europe occidentale. »

Trois grands chantiers sont dès à présent en cours pour accroître le trafic par voies d'eau : Port 2000, la liaison Seine-Nord et la mise à grand gabarit du secteur Nogent-sur-Marne. L'extension des capacités d'accueil du port du Havre, qui va profondément modifier le fonctionnement de l'estuaire de la Seine, vise surtout à permettre un doublement de la capacité d'accueil des porte-containers et de reprendre ainsi des parts de marché aux ports d'Anvers et de Rotterdam. Le projet Seine-Nord Europe est en partie complémentaire. Il a pour objectif d'assurer une liaison par voies d'eau accessibles aux grands convois de plus de 4000 t entre le bassin de la Seine et ceux de l'Escaut et du Rhin. Outre la mise à grand gabarit d'une partie du réseau existant de rivières et de canaux déjà navigables, il s'agit essentiellement du creusement d'un canal de 105 km entre Compiègne et l'Escaut. La mise en service est prévue pour 2015.

Dans ce scénario, où tous les efforts sont mis à promouvoir la place de l'Île-de-France et de la Normandie dans l'économie mondialisée, l'agriculture du bassin parisien produit ce pour quoi elle est la plus compétitive au plan mondial : des céréales et des oléagineux. L'industrie de transformation (agro-alimentaire, agro-carburant, textile,...) se concentre et se densifie le long de l'axe Paris-Le Havre, objet de toutes les attentions d'aménagement du territoire, tandis que le bassin amont de la Seine (Beauce, Brie, Champagne, Bourgogne) intensifie sa production agricole et l'exporte vers l'aval ; la population de ce territoire amont continue de diminuer. De son côté le Grand-Ouest, continue d'accentuer sa spécialisation dans les productions animales.

Le fonctionnement du système agro-alimentaire du bassin de la Seine en 2030 dans le cadre de ce scénario peut alors être représenté comme dans la Figure 21.

L'approvisionnement en produits animaux est entièrement assuré par l'importation (du Grand-Ouest ou du Nord de la France et de l'Europe). La généralisation dans les grandes exploitations agricoles du bassin d'une *Agriculture à Haute Valeur Economique et Environnementale* (un terme aux allures d'oxymore, qui remplace aujourd'hui celui d'*Agriculture Raisonnée* et de *Bonnes Pratiques Agricoles*, sans pour autant avoir beaucoup plus de contenu) ne permet au mieux que de stabiliser la contamination en nitrates et en pesticides des ressources hydriques. Mais l'exigence croissante des consommateurs en matière de qualité d'eau potable conduit à sanctuariser de vastes portions de territoires, reboisés et désormais voués à la seule production d'eau. Libérée de la contrainte de produire de l'eau potable, l'agriculture céréalière obéit désormais aux seules contraintes de la rentabilité économique.

Bassin de la Seine, scénario sans élevage

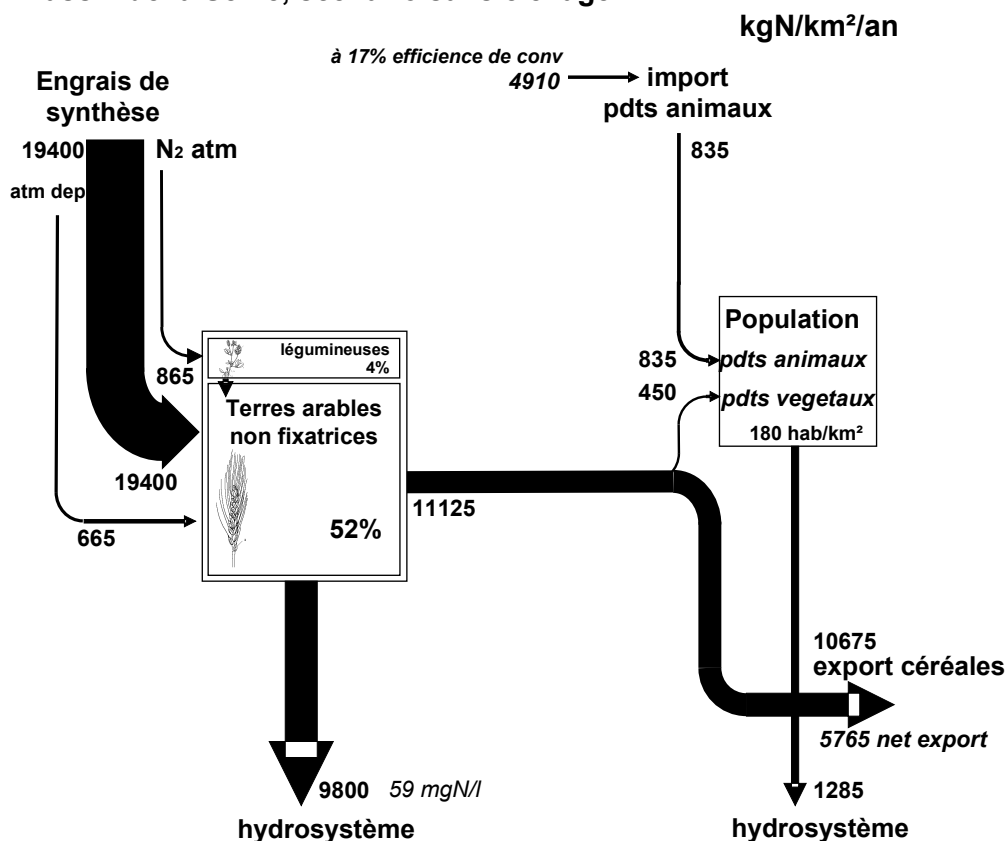


Figure 21. Schéma du fonctionnement du Bassin de la Seine dans un scénario d'agriculture entièrement spécialisée dans les grandes cultures d'exportation (Comparer avec la situation actuelle schématisée de la même façon dans la Fig. 8)

La théorie micro-économique, basée sur le postulat d'un comportement 'rationnel' (c'est-à-dire dicté par la recherche du profit maximum de chaque acteur) prévoit que le niveau optimum de fertilisation corresponde au point où la tangente à la courbe rendement-fertilisation présente une pente égale au rapport du prix du kg d'azote d'engrais au prix du kg d'azote récolté : c'est le niveau de fertilisation pour lequel l'accroissement de dépense en engrais cesse d'être rentabilisé par un gain supérieur en produit.

La figure 22 montre l'évolution sur les 50 dernières années du prix des engrais et des céréales, ainsi que leur rapport. La tendance future lourde, dans des marchés portant très fluctuants, est à l'accroissement du prix des engrais (qui suit de près celui de l'énergie) et à la diminution du prix des denrées agricoles. Nous considérerons donc dans notre scénario un rapport de 1 à 5 entre ces deux valeurs, même si ce ratio est plutôt aujourd'hui autour de 1 à 10. Ceci nous conduit, compte tenu de la relation rendement-fertilisation définie dans la Fig. 14, à estimer un taux de fertilisation totale des terres arables dans ce scénario extrême de 350 kgN/ha/an. Une telle valeur, bien que presque double du niveau actuel de fertilisation, n'est pas très éloignée des taux moyens pratiqués aux Pays Bas ou en Chine.

Par rapport à la situation actuelle (Fig 8), le bassin exporte deux fois plus de produits agricoles (7 fois plus en exportation nette compte tenu de l'importation de produits animaux et de la quantité de protéines végétales nécessaires à leur production dans le système actuel). Les pertes vers l'hydrosystème sont également doublées. L'eau potable ne peut plus être produite que sur des territoires non agricoles réservés à cette fonction, ou par un traitement poussé incluant la dénitrification.

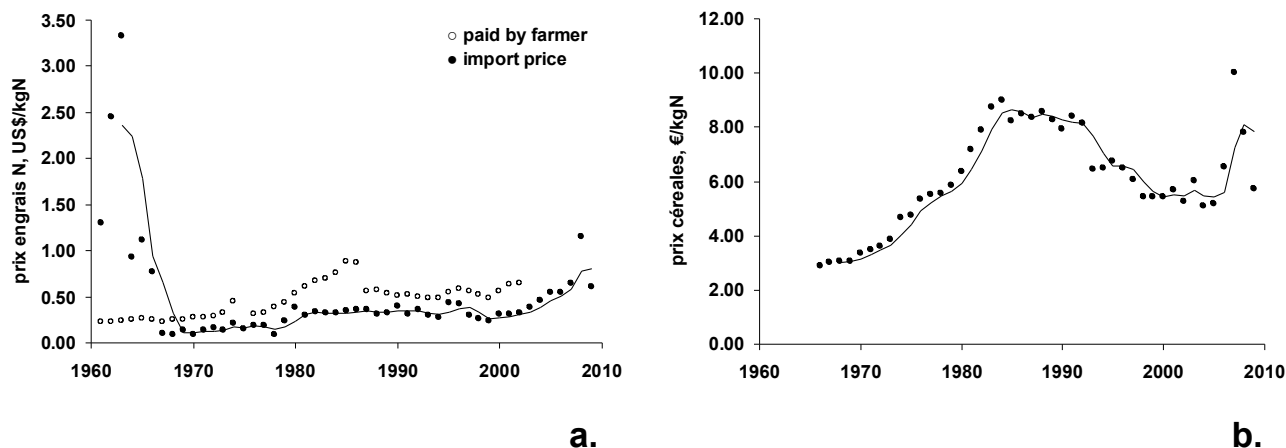


Figure 22. Tendence d'évolution à long terme du prix des engrais azotés (a) et des céréales (b), ramenés à en € par tonne d'azote. (données FAOstat)

5.2. La relocalisation de l'approvisionnement alimentaire parisien

Les partisans de la re-localisation de l'approvisionnement alimentaire mettent en avant les bénéfices qu'il s'en suivrait en termes de sécurité et de souveraineté alimentaire ainsi que de moindre impact environnemental. Un haut degré de couverture locale des besoins alimentaires à l'échelle régionale est évidemment un gage de maîtrise économique, de sécurité et d'indépendance, en même temps qu'il permet de réduire les coûts et les nuisances liées au transport à longue distance. Mais la principale motivation de ce courant de pensée est ailleurs. Bien au-delà d'une sorte d'optimisation écologique, il s'agit de reconnecter, de re-créeer du lien et du sens. Mettre en contact les consommateurs avec les producteurs ; permettre entre eux des échanges plus directs allant au-delà de l'échange marchand ; reconnecter les urbains avec les réalités de la production agricole, sa saisonnalité et ses contraintes. L'objectif de maintenir une agriculture paysanne de proximité et de reconnecter la ville et son hinterland traditionnel est donc un objectif en soi, et pas seulement un moyen de diminuer les atteintes environnementales ou climatiques. Ce scénario comporte à l'évidence une remise en cause radicale du fonctionnement actuel de la chaîne agro-alimentaire et vise une complète reprise en main par le citoyen de son alimentation et des circuits économiques qui la lui assurent.

Comme démontré dans la première partie, la cause principale de l'extension géographique de l'empreinte alimentaire de Paris réside dans la spécialisation des territoires, soit vers les grandes cultures céréalières exportatrices, soit vers l'élevage basé sur l'importation d'aliments du bétail. Cette spécialisation, et le développement des productions animales industrielles, répondent en grande partie à l'accroissement de la consommation humaine de protéines animales. De plus en plus de voix plaident cependant pour une réduction de cette consommation, soit pour des raisons de santé publique (à cause du rôle des régimes à fortes teneur en protéines animales dans l'obésité, les risques cardio-vasculaires et les cancers du colon, Norat et al., 2005 ; McMichael et al., 2007 ; Lloyd-Williams et al., 2008), soit en raison des perturbations environnementales liées au surdimensionnement de l'élevage moderne (Sutton et al., 2012 ; NinE (2009), The Barsac Declaration), soit encore pour des raisons de sécurité alimentaire mondiale et d'équité (Paillard et al., 2010).

Le scénario que nous avons bâti pour le bassin de la Seine, qui redeviendrait l'hinterland nourricier de l'agglomération parisienne, est donc *local, organique et demitarien* ; il obéit aux principes suivants qui vont éclairer ces trois termes.

La recherche du maximum d'autosuffisance régionale conduit tout d'abord à réintroduire l'élevage dans le territoire. Une densité de cheptel de 50 UGB (Unité Gros Bétail) par ha (contre 18 UGB/ha actuellement) serait nécessaire pour couvrir localement les besoins actuels de la population du bassin de la Seine. Toutefois, notre scénario comporte une réduction de la part des protéines animales à 40% de la consommation totale de protéines dans la diète des franciliens (contre 65% aujourd'hui). Ce régime *demitarien*, ne veut rompre avec aucune des traditions culinaires profondément ancrées dans la culture francilienne, mais vise seulement à substituer en partie le steak et le cheese-burger par les alternatives surprenantes qu'offrent les protéines végétales ! Une cuisine donc plus variée, plus imaginative, et plus saine...

Le cheptel est lui aussi nourri localement, par les ressources fourragères produites sur le territoire, et qui font largement appel à la culture des légumineuses (luzerne, trèfle, pois, féverolles,...). Ces plantes fixatrices d'azote introduites dans les rotations culturales longues, ainsi que les déjections du bétail qui s'en nourri, assurent l'entièreté de la fertilisation des terres arables. L'agriculture du bassin devient donc essentiellement *organique* (au sens que les anglo-saxons donnent au terme) et n'a guère de mal à répondre au cahier des charges de l'agriculture biologique.

Pour calculer les rendements d'une telle agriculture, ainsi que les pertes environnementales auxquelles elle donne lieu, nous faisons simplement l'hypothèse que la relation production-fertilisation totale des terres arables observée actuellement reste inchangée dans ce nouveau système où la fertilisation est toutefois réduite (cf plus haut Fig. 14 et 15).

Les calculs montrent que la production agricole dans un tel scénario (Figure 23) parvient à satisfaire la demande alimentaire de la population locale du bassin, à exporter un excédent de céréales largement supérieur au bilan net d'exportation du bassin actuel, tout en produisant une eau d'excellente qualité. L'exportation fluviale d'azote à l'exutoire du bassin de la Seine en excès par rapport à la silice (ce qui constitue la vraie cause des problèmes d'eutrophisation, Billen & Garnier, 2007) s'en trouverait diminuée d'un facteur 2 à 5 par rapport à celle d'aujourd'hui, réduisant considérablement les problèmes d'eutrophisation côtière (Thieu et al., 2010).

Il apparaît donc qu'il n'y a pas d'impossibilité technique à nourrir la population francilienne à partir d'une agriculture biologique centrée localement sur le territoire du bassin de la Seine. A la condition que le régime alimentaire moyen soit moitié moins gourmand en protéines animales qu'il ne l'est actuellement, ce territoire peut alors simultanément produire une eau potable de qualité, tout en continuant d'exporter des produits céréaliers vers des régions moins fertiles en quantités supérieures aux exportations nettes actuelles.

L'empreinte alimentaire de Paris serait alors totalement recentrée sur le bassin de la Seine (Fig. 24), sans pour autant remettre en cause le caractère exportateur de céréale de ce territoire.

Bassin de la Seine, scénario Bio, Local & Demitarien

kgN/km²/an

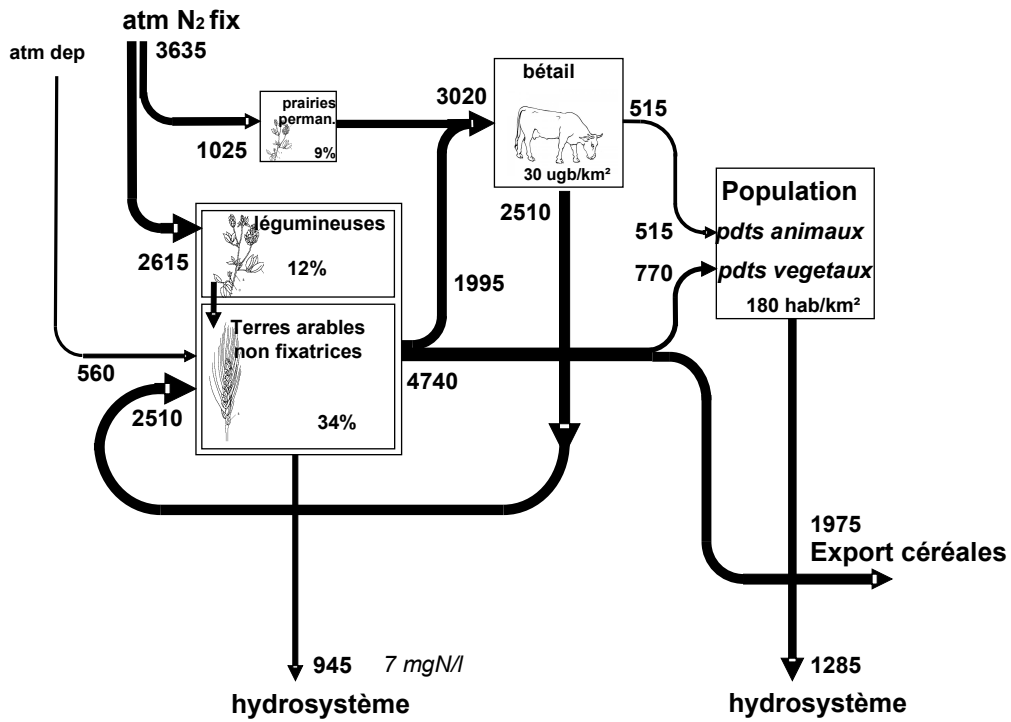


Figure 22. Schéma du fonctionnement du Bassin de la Seine dans un scénario local, organique et demitarien (Comparer avec la situation actuelle schématisée de la même façon dans la Fig. 8 et celle du scénario mondialisé dans la Fig. 21)

kgN/hab/an

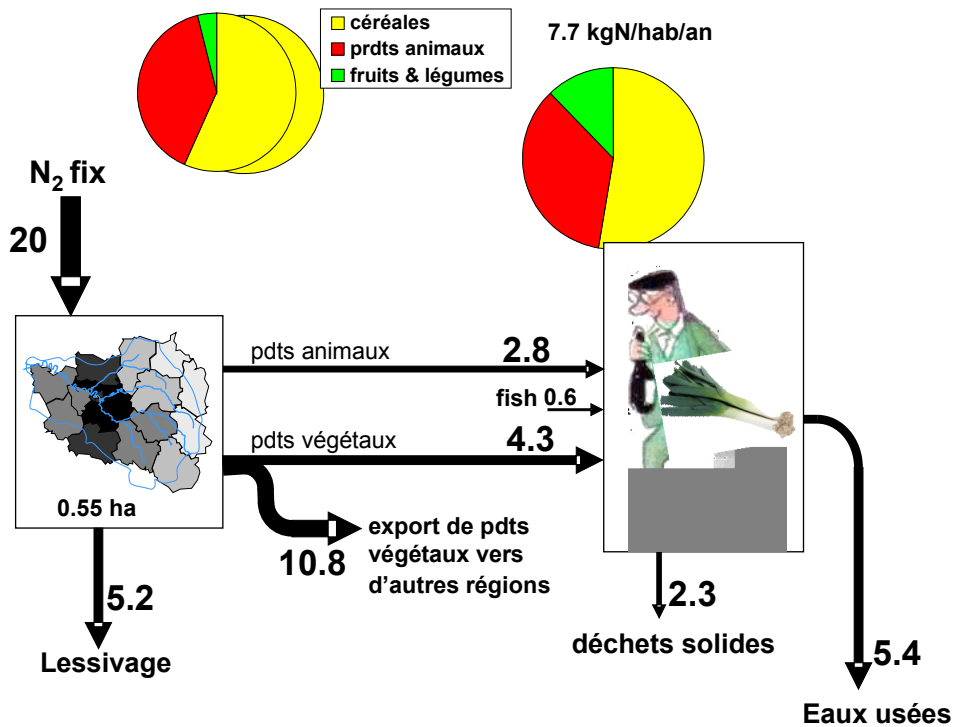


Figure 24. L'empreinte azote du Francilien moyen en dans un scénario Bio-local et demitarien (Flux en kgN/habitant/an). Comparer avec l'empreinte actuelle Fig. 11.

6. L'alimentation de Paris et l'alimentation du monde

Aucune réflexion prospective sur l'avenir de l'alimentation de Paris et de l'agriculture du bassin parisien ne peut faire l'économie d'un examen du statut de ce système agro-alimentaire, et de celui de l'Europe en général, par rapport aux défis de l'agriculture et de l'alimentation mondiale. La France et l'Europe, avec leur agriculture si performante, 'nourrissent-elles le monde', ou sont-elles au contraire tributaires d'une importation alimentaire importante ? Un scénario qui chercherait à retrouver un certain niveau d'autosuffisance alimentaire locale et de rompre avec l'agriculture productiviste, n'aboutirait-il pas à 'affamer les pauvres', soit en ne pouvant assurer la fourniture de denrées agricoles aux régions du monde qui en ont besoin, soit en privant de débouchés européens certains pays en développement dont l'économie est basée sur l'exportation agricole (Ballinal and Winchester, 2008). C'est à ces questions, déjà évoquées plus haut que nous tentons de répondre dans cette dernière partie.

Ici encore, c'est l'analyse des flux d'azote entre grands bassins fluviaux qui nous servira de révélateur du fonctionnement du système agro-alimentaire mondial. La notion d'autotrophie et hétérotrophie anthropique permet en effet le diagnostic rapide de la capacité d'un territoire à subvenir à ses besoins alimentaires, à exporter un surplus ou à être dépendant d'importations alimentaires (Billen et al., 2010). On définit le caractère autotrophe ou hétérotrophe d'un territoire par la différence entre sa fonction d'autotrophie (c'est-à-dire la production agricole locale de nourriture pour l'homme et ses animaux domestiques, y compris le fourrage consommé au pâturage), et d'hétérotrophie (c'est-à-dire la consommation alimentaire effective des hommes et du bétail).

6.1. Le rôle de la France et de l'Europe dans l'alimentation mondiale

La distribution des zones autotrophes et hétérotrophes de l'Europe (figure 25), étudiée en détail dans le cadre de l'European Nitrogen Assessment (Sutton et al, 2011 ; Billen, Leip et al, in prep), montre en effet que le Nord de la France compte parmi les régions d'Europe les plus autotrophes. Des zones très hétérotrophes, importatrices de protéines existent par contre, de la Belgique au Danemark, dans la vallée du Pô, en Espagne et au Portugal. Des zones plus équilibrées dominent en Europe de l'Est et du Nord.

Dans son ensemble cependant, l'Europe est déficitaire en protéines. Si elle a montré une balance positive en matière d'exportations de céréales durant les années 1990, le solde est aujourd'hui nul. En revanche, ses importations de protéines végétales destinées à l'alimentation animale n'ont cessé de croître depuis 50 ans (Figure 26).

Au contraire d'une affirmation fréquente, l'agriculture très productive de l'Europe ne contribue donc en rien à « nourrir le monde » au-delà de ses frontières. Par contre le bassin de la Seine est un pourvoyeur important de céréales pour le reste de l'Europe.

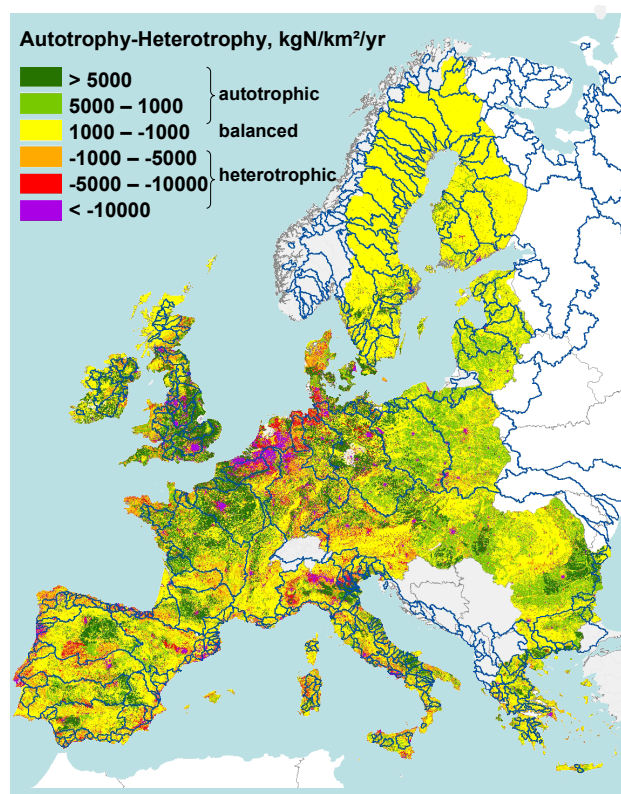


Figure 25 : Différence entre autotrophie et hétérotrophie des régions européennes. Du fait de la spécialisation des territoires entre grandes cultures et élevage intensif, l'Europe apparaît aujourd'hui comme une mosaïque de territoires autotrophes (en vert) et hétérotrophes (en orange ou rouge), c'est-à-dire respectivement exportateurs ou importateurs de protéines. (source : ENA, Sutton et al, 2011 ; Billen, Leip et al. in prep)

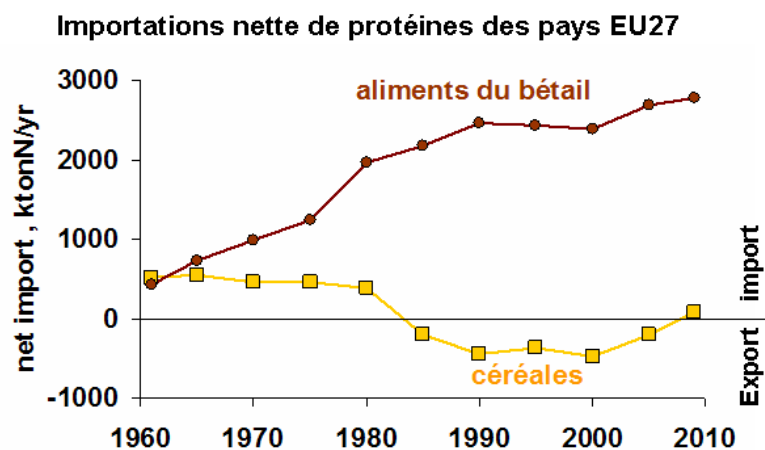


Figure 26 : Balance du commerce extérieur de l'Europe des 27 en termes de céréales et de protéines destinées à l'alimentation du bétail. (source : FAOstat)

6.2. Production agricole mondiale et échanges commerciaux

La même analyse à l'échelle mondiale (issue des travaux du groupe GlobalNEWS, UNESCO-IOC, Billen et al., 2011) (Figure 27), permet d'identifier les zones du monde les plus hétérotrophes (donc importatrices de protéines agricoles) (la côte Est des Etats Unis, l'Asie mineure, la Chine et le Japon, l'Afrique dans son ensemble), et celles qui sont autotrophes (donc pourvoyeuses de protéines agricoles à l'exportation) (le bassin du Mississippi et le Canada, le Brésil et l'Argentine, l'Australie).

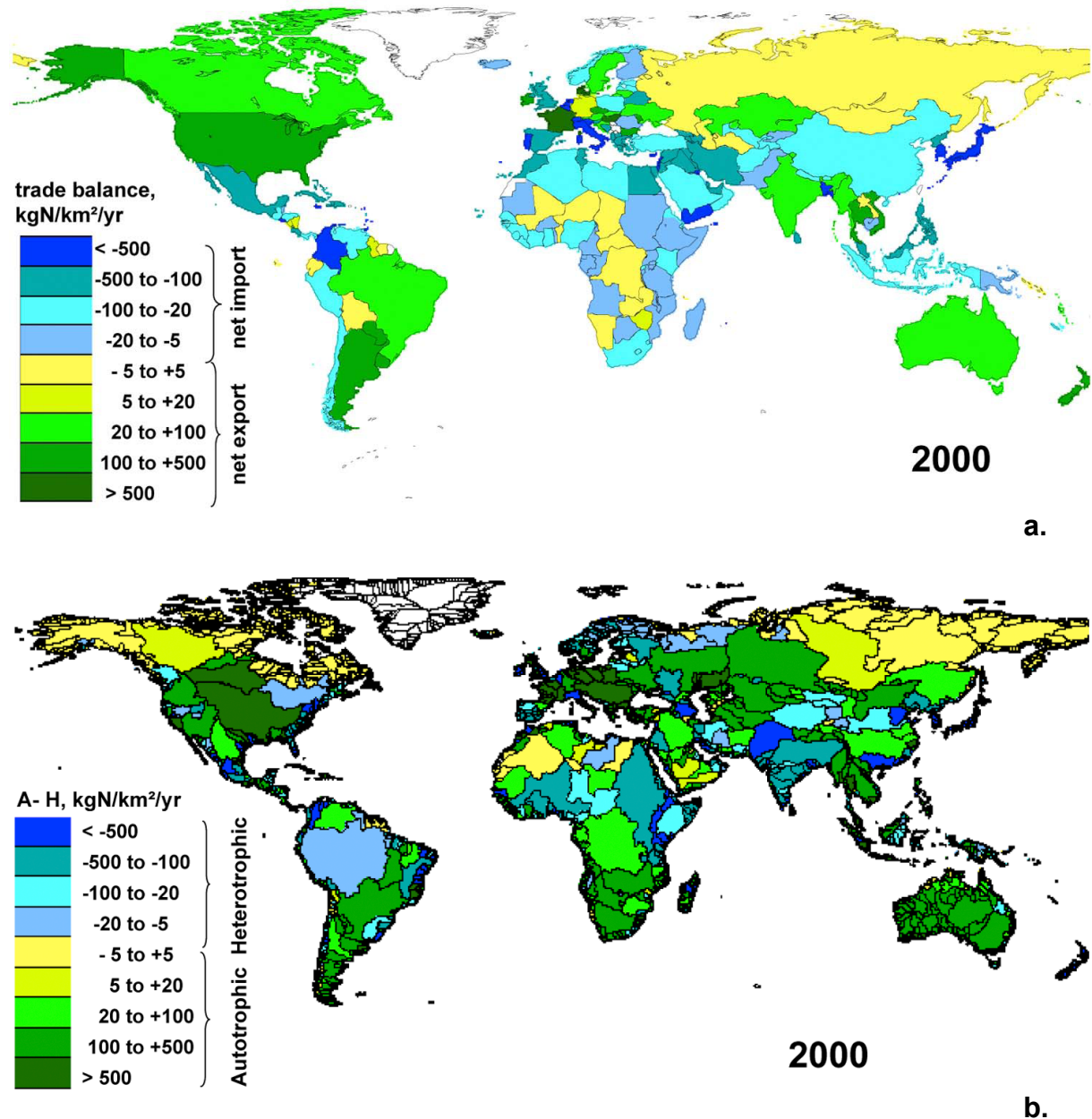


Figure 27. a. Autotrophie et hétérotrophie des pays du monde selon les données du commerce extérieur (FAOstat) b. La même estimation par grands bassins hydrographique à partir des données de production et de consommation alimentaire (Billen et al., 2010). Outre les différences de résolution spatiale, quelques différences apparaissent entre les deux estimations. C'est particulièrement le cas pour l'Inde qui apparaît comme légèrement exportateur sur base des statistiques du commerce, mais hétérotrophe, à cause d'un cheptel extensif très abondant dont les sources de nourriture ne sont pas connues avec précision

Les échanges commerciaux internationaux de produits agricoles contribuent aujourd'hui de manière très significative au cycle global de l'azote ; ils ont augmenté de 11.1 à 15.8 TgN/yr entre 1970 et 2000, et représentent plus de 10% de la production agricole totale (fourrage compris) et un volume quasiment équivalent à la consommation humaine totale (Tableau 5). Ce que révèlent également les chiffres fournis par cette analyse, c'est la part considérable de l'alimentation du cheptel animal dans la consommation alimentaire totale. Plus de 85% de la production agricole est actuellement dédiée à l'alimentation animale.

Tableau 5. Population, autotrophie et hétérotrophie par continent en 1970 et 2000, et en 2030 et 2050 selon deux scénarios du Millenium Ecosystem Assessment (GO : Global Orchestration ; AM : Adapting Mozaic) (Billen et al., 2010).

| | tot popul M hab | % urbain | Autotrophie TgN/yr | Heterotrophie TgN/y | A-H TgN/yr | cons humaine TgN/yr |
|---|--------------------|-------------|-----------------------|------------------------|---------------|---------------------------|
| Europe (9 10⁶ km²) | | | | | | |
| 1970 | 585.0 | 62.4 | 16.4 | 17.1 | -0.7 | 2.00 |
| 2000 | 651.3 | 72.2 | 17.6 | 15.4 | 2.2 | 2.5 |
| GO 2030 | 654.8 | 78.8 | 18.8 | 14.6 | 4.2 | 3.0 |
| GO 2050 | 651.3 | 82.2 | 19.2 | 14.6 | 4.6 | 3.4 |
| AM 2030 | 593.1 | 78.6 | 18.0 | 13.3 | 4.7 | 2.6 |
| AM 2050 | 536.3 | 81.9 | 17.9 | 12.5 | 5.4 | 2.5 |
| North America (21 10⁶ km²) | | | | | | |
| 1970 | 301.2 | 67.6 | 10.1 | 13.2 | -3.1 | 1.14 |
| 2000 | 454.7 | 74.7 | 17.8 | 13.9 | 4.0 | 1.9 |
| GO 2030 | 585.6 | 81.7 | 23.5 | 18.1 | 5.4 | 2.9 |
| GO 2050 | 644.2 | 84.7 | 26.2 | 20.3 | 5.9 | 3.7 |
| AM 2030 | 610.2 | 81.3 | 22.1 | 16.8 | 5.4 | 2.8 |
| AM 2050 | 689.3 | 84.2 | 24.0 | 18.0 | 6.0 | 3.5 |
| South America (18 10⁶ km²) | | | | | | |
| 1970 | 180.7 | 59.4 | 10.2 | 10.7 | -0.5 | 0.57 |
| 2000 | 325.6 | 79.0 | 16.6 | 16.9 | -0.3 | 1.1 |
| GO 2030 | 423.6 | 87.6 | 24.9 | 27.0 | -2.0 | 1.7 |
| GO 2050 | 457.0 | 90.9 | 28.3 | 31.1 | -2.8 | 2.2 |
| AM 2030 | 490.1 | 87.6 | 23.3 | 24.3 | -1.0 | 1.8 |
| AM 2050 | 574.6 | 90.9 | 25.8 | 26.3 | -0.4 | 2.4 |
| North Asia (16 10⁶ km²) | | | | | | |
| 1970 | 86.4 | 48.7 | 4.7 | 3.7 | 1.1 | 0.26 |
| 2000 | 130.7 | 53.1 | 3.8 | 2.9 | 0.9 | 0.4 |
| GO 2030 | 169.1 | 58.7 | 5.0 | 3.8 | 1.1 | 0.6 |
| GO 2050 | 184.8 | 63.3 | 5.4 | 4.5 | 0.8 | 0.7 |
| AM 2030 | 177.3 | 58.1 | 4.5 | 3.4 | 1.1 | 0.6 |
| AM 2050 | 198.2 | 62.7 | 4.9 | 3.8 | 1.1 | 0.7 |
| South Asia (25 10⁶ km²) | | | | | | |
| 1970 | 1869.5 | 21.9 | 24.6 | 25.7 | -1.0 | 5.15 |
| 2000 | 3182.8 | 35.6 | 42.1 | 44.5 | -2.4 | 9.8 |
| GO 2030 | 3959.8 | 51.2 | 73.0 | 72.4 | 0.6 | 14.4 |
| GO 2050 | 4059.3 | 59.4 | 83.3 | 82.9 | 0.4 | 17.6 |
| AM 2030 | 4413.1 | 50.6 | 65.0 | 65.6 | -0.6 | 15.0 |
| AM 2050 | 4845.6 | 58.6 | 71.8 | 72.3 | -0.6 | 18.4 |
| Africa (29 10⁶ km²) | | | | | | |
| 1970 | 339.0 | 22.6 | 11.3 | 10.2 | 1.1 | 0.96 |
| 2000 | 756.3 | 36.2 | 17.2 | 19.1 | -1.9 | 2.2 |
| GO 2030 | 1183.3 | 51.2 | 31.7 | 42.7 | -11.0 | 3.5 |
| GO 2050 | 1382.0 | 59.8 | 39.5 | 57.6 | -18.0 | 4.6 |
| AM 2030 | 1405.1 | 51.3 | 25.6 | 29.9 | -4.3 | 4.1 |
| AM 2050 | 1845.8 | 59.9 | 30.3 | 35.8 | -5.5 | 5.7 |
| Oceania/Australia (10 10⁶ km²) | | | | | | |
| 1970 | 149.7 | 26.0 | 5.5 | 4.9 | 0.6 | 0.43 |
| 2000 | 270.2 | 47.7 | 6.7 | 5.4 | 1.2 | 0.9 |
| GO 2030 | 353.9 | 66.9 | 9.7 | 8.2 | 1.5 | 1.4 |
| GO 2050 | 377.4 | 74.1 | 10.8 | 9.5 | 1.3 | 1.8 |
| AM 2030 | 394.9 | 66.5 | 8.9 | 7.2 | 1.7 | 1.4 |
| AM 2050 | 452.4 | 73.6 | 9.6 | 7.9 | 1.7 | 1.9 |
| World total (128 10⁶ km²) | | | | | | |

| | | | | | | |
|----------------|--------|------|-------|-------|------|------|
| 1970 | 3511.4 | 35.4 | 82.9 | 85.5 | -2.6 | 10.5 |
| 2000 | 5771.6 | 46.3 | 121.9 | 118.1 | 3.8 | 18.7 |
| GO 2030 | 7330.1 | 59.1 | 186.7 | 186.8 | -0.2 | 27.5 |
| GO 2050 | 7756.1 | 66.2 | 212.7 | 220.6 | -7.8 | 34.0 |
| AM 2030 | 8083.8 | 58.3 | 167.5 | 160.5 | 7.0 | 28.3 |
| AM 2050 | 9142.1 | 65.0 | 184.3 | 176.5 | 7.7 | 35.1 |

Les potentialités de la production agricole sont évidemment très inégalement réparties à l'échelle du monde, tant à cause de limitations pédo-climatiques intrinsèques, qu'à cause de facteurs économiques limitant l'accès aux ressources techniques (traction animale ou mécanique, engrais de synthèse,...). Mazoyer (2001 ; Mazoyer et Roudart, 1998) ont amplement souligné l'importance de cette dernière limitation, en indiquant combien l'ouverture des marchés agricoles mondiaux, mettant en concurrence directe les systèmes agricoles industriels et les systèmes traditionnels paysans, condamne irrémédiablement ces derniers, et est à l'origine de la majeure partie des problèmes chroniques de malnutrition dans les pays du Sud. Les différences de productivité agricole potentielle des terres arables entre régions du monde sont illustrées dans la figure 28. Les différences de rendement de l'élevage sont rapportées quant à elles dans le tableau 6.

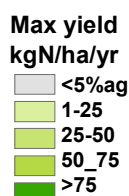


Figure 28. Distribution mondiale actuelle du rendement maximum (à fertilisation azotée saturante) des terres arables (Y_{max} de la relation générique discutée plus haut, figure 14).

Tableau 6. Rendement de conversion des protéines végétales en protéines animales dans les systèmes d'élevage des différentes parties du monde. (FAOstat, 2006)

| <u>région</u> | <u>%</u> |
|----------------------------------|----------|
| Europe des 27 | 16 |
| Russie et Asie de l'Ouest | 8 |
| Amérique du Nord | 17 |
| Amérique Centrale et du Sud | 7 |
| Afrique du Nord et Asie de l'Est | 6 |
| Afrique sub-saharienne | 3 |
| Asie de l'Est | 15 |
| Asie du Sud et du Sud Est | 8 |
| Océanie | 15 |

6.3. Scénarios de systèmes agro-alimentaires alternatifs à l'échelle mondiale

A partir des données présentées dans la section précédente, il est possible de tester la généralisation à l'échelle mondiale des scénarios de relocalisation et de passage à une fertilisation organique que nous avons bâti pour le bassin parisien (Billen et al., in press). Le principe de ce test est d'optimiser la fertilisation totale des terres arables pour subvenir autant que possible aux besoins locaux de production agricole, en respectant localement un niveau plafond de surplus azoté lessivable imposé, compte tenu des performances actuelles de l'agriculture dans chaque région. Les échanges commerciaux inter-régionaux compensent si besoins les déficits éventuels. Le niveau plafond de surplus de fertilisation toléré est augmenté jusqu'à ce que les besoins mondiaux soient couverts.

Partant de la distribution actuelle des productions animales et végétales et des consommations alimentaires des populations humaines (**scénario REF**), un scénario de relocalisation de l'élevage est tout d'abord construit, en ajustant la taille du cheptel de chaque région hydrographique à la demande locale humaine en produits animaux (**scénario LOC**) ; rien d'autre n'est modifié dans ce scénario, ni la production des pâturages extensifs, ni l'efficacité de l'élevage, ni la production maximale des terres arables. Seule l'utilisation des engrais synthétiques est optimisée pour assurer autant que possible les besoins locaux de l'alimentation humaine et animale, sans dépasser le plafond toléré. Les résultats (Table 7, Fig. 29) montrent qu'un moindre cheptel est nécessaire dans ce scénario pour assurer la même consommation humaine qu'actuellement ; la meilleure distribution des ressources en excréments animaux permet de limiter significativement l'usage des engrais synthétiques.

Partant de l'observation de Peoples et al (2009) que le potentiel de fertilisation offert par la fixation symbiotique d'azote atmosphérique est aujourd'hui très largement sous-exploité dans le monde, un second scénario est construit, dans lequel des cultures de légumineuses fourragères sont introduites dans les rotations des terres arables en proportion nécessaire pour assurer leur fertilisation (**scénario LOC-ORG**). Le rendement de ces cultures de légumineuses est limité à la valeur du Y_{max} tel que renseigné pour chaque bassin hydrographique dans la figure 28 ci-dessus. Les résultats (Table 7, Fig. 29) montrent que ce type de fertilisation organique offre la possibilité de supporter une production agricole globale suffisante pour assurer les besoins humains actuels tout en donnant lieu à un surplus azoté lessivable significativement inférieur à sa valeur actuelle.

Table 7. Scénarios explorant des modes alternatifs d'organisation du système agro-alimentaire mondial. (à partir des bases de données par bassins hydrographiques de Global NEWS)

| Scénario | Autotrophie (TgN/an) | Hétérotrophie (TgN/an) | Consommation humaine (TgN/an) | % protéine animale (%) | Usage engrais synthétiques (TgN/an) | Surplus N agricole (TgN/an) |
|-----------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------------------|------------------------------|---|-----------------------------------|
| GlobalNEWS data | 122 | 118 | 19 | - | 80 | 138 |
| REF | 118 | 118 | 19 | 32 | 75 | 143 |
| LOC | 86 | 86 | 19 | 32 | 53 | 93 |
| LOC-ORG | 86 | 86 | 19 | 32 | 0 | 38 |
| LOC-DIET | 97 | 97 | 26 | 35 | 42 | 79 |
| LOC-ORG-DIET | 97 | 97 | 26 | 35 | 0 | 54 |

L'effet d'un changement de diète humaine à l'échelle mondiale demande une discussion particulière. La réduction de la proportion de protéines animale dans le régime alimentaire humain autour de 35-40% (régime demitarrien) est souhaitable dans les pays industrialisés pour des raisons de santé publique. Au contraire, dans beaucoup de pays du Sud, la proportion de protéine animale dans la diète humaine est largement inférieure à cette valeur, ce qui peut conduire à des carences en certains acides aminés essentiels si un bon équilibre céréales-légumineuses n'est pas assuré. Il est donc légitime de considérer qu'un régime alimentaire 3.5 kgN/hab/an avec 35-40% de protéines animales représente la diète équitable qui devrait représenter l'objectif à atteindre au niveau mondial. Cet objectif (**scénario LOC-DIET**) implique un accroissement des besoins de production agricole globale, mais qui peut être atteint avec un moindre recours aux engrais de synthèse (grâce à une meilleure répartition des ressources en engrais animal), et avec de moindres pertes environnementales au niveau des sols agricoles (Table 7, Fig. 29). Remarquons que ce scénario, comme les précédents, ne suppose aucun changement dans les rendements de l'élevage qui sont pris identiques aux valeurs observées actuellement (Tableau 6). Les résultats de ce scénario sont cependant très sensibles à ce paramètre : l'efficacité de la conversion des protéines végétales en protéines animales constitue un

levier très efficace d'amélioration de la nutrition humaine au niveau mondial, comme souligné par ailleurs par Bouwman et al (2011) en ce qui concerne la différence d'efficacité entre production de viande rouge et de viande blanche.

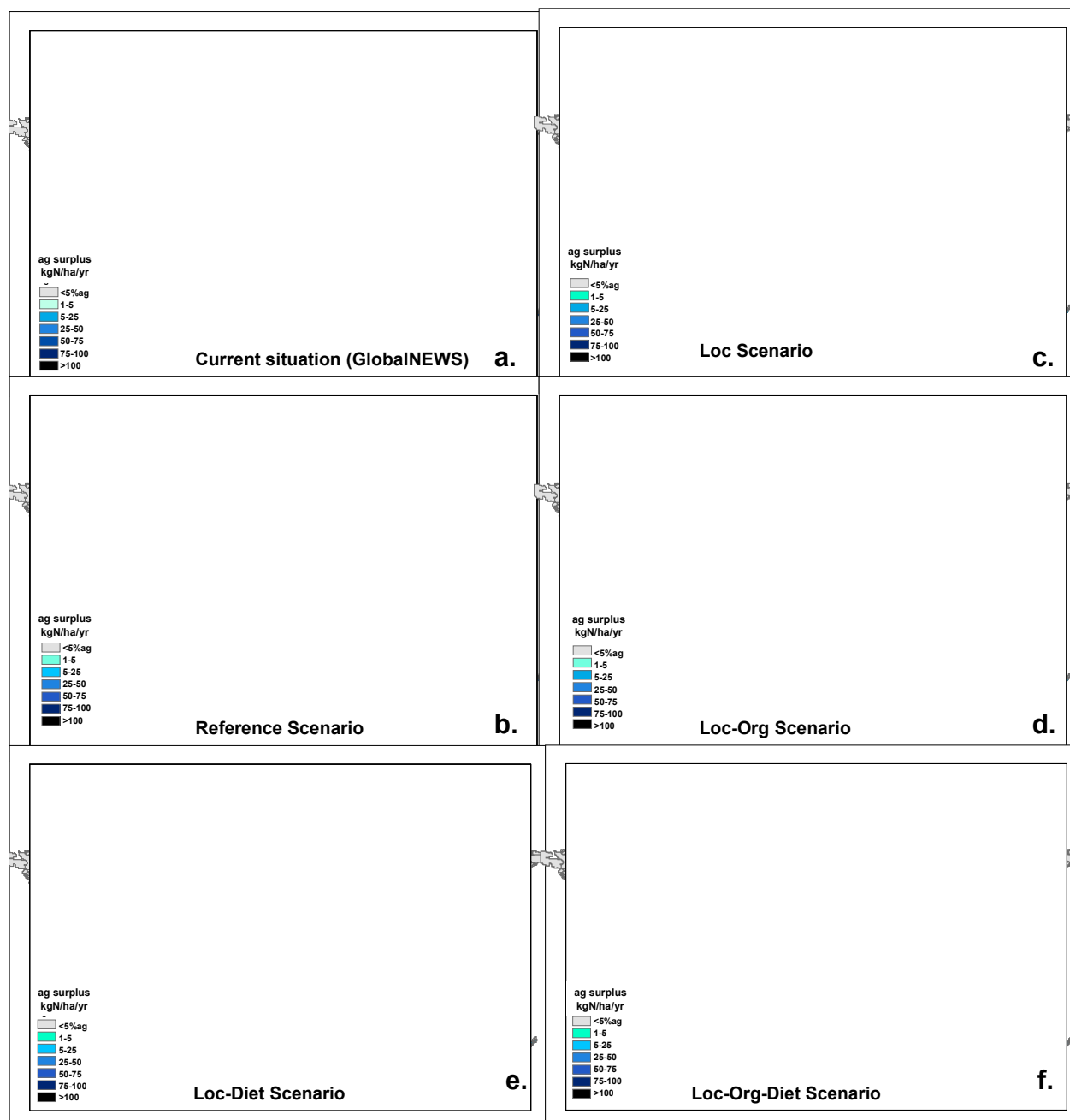


Figure 10. Distribution du surplus azoté de l'agriculture dans les scénarios mondiaux explorés. (a.) Situation actuelle selon les données GlobalNEWS; (b.) scénario REF de référence recalculé par la procédure d'optimisation de la fertilisation synthétique; (c.) scénario LOC: le bétail est ajusté dans chaque bassin hydrographique pour satisfaire les besoins actuels de protéines animale de la population ; la fertilisation synthétique est réajustée en fonction de la disponibilité de la fumure animale.; (d.) scénario LOC-ORG: identique à c, mais sans recours aux engrais de synthèse et ajustement de la proportion de légumineuses fourragères; (e.) scénario LOC-DIET: identique to c, mais avec une diète humaine équitable (35% de protéines animales); (f.) LOC-ORG-DIET: identique à d. mais avec une diète humaine équitable.

Enfin, la possibilité d'assurer les besoins alimentaires de la population selon le régime équitable et avec le seul recours d'une fertilisation organique produite par l'usage des légumineuses (**scénario LOC-ORG-DIET**) a également été confirmée. Ce scénario présente de meilleures performances

environnementales en termes de surplus azoté lessivable que le scénario LOC-DIET ((Table 7, Fig. 29).

Cet exercice de scénarisation montre que les principes qui ont été à la base de l'élaboration du scénario local-organique et demitarien du bassin de la Seine sont en principe transposables à l'échelle globale, de sorte qu'il ne peut leur être fait reproche d'ignorer les besoins alimentaires mondiaux. Une organisation du système agro-alimentaire mondial privilégiant avant tout la satisfaction des besoins locaux serait plus performante à la fois en termes de sécurité alimentaire et de qualité environnementale.

D'autres travaux de prospective aboutissent aux mêmes conclusions, y compris en ce qui concerne la possibilité d'assurer les besoins d'une population mondiale encore en croissance au cours des 30 à 50 années à venir. Les scénarios du Millenium Ecosystem Assesment (Alcamo et al., 2006) prévoient ainsi en 2030 une population mondiale de 7.3 milliards d'humains selon le scénario tendanciel 'Global Orchestration' ou de 8.1 milliards selon le scénario 'Adapting Mozaic'. Ce dernier scénario, qui décrit un monde en plus faible croissance économique mais dont le développement privilégie les solutions simples et locales, est mieux à même d'assurer la sécurité alimentaire d'une population cependant plus élevée, avec un impact environnemental moindre en termes de contamination azotée de l'environnement aquatique (Billen et al., 2010).

De la même façon, l'INRA et le Cirad (Paillard et al., 2010), ont opposé deux scénarios contrastés : Agrimonde GO, un scénario tendanciel qui mise sur la croissance économique dans un contexte où la préservation de l'environnement n'est pas une priorité, et Agrimonde 1, un scénario prescriptif visant à nourrir la planète tout en préservant les écosystèmes. Ce dernier scénario est inspiré de la notion de 'révolution doublement verte' introduite par M. Griffon (2006), caractérisée par le développement de l'agro-écologie, et le recours aux technologies de production agricole locales économes en équipement et en intrants. Il montre la possibilité de nourrir de manière durable la population mondiale en 2050 en faisant converger le régime alimentaire des différentes régions du monde vers une valeur médiane de 3000 kcal/hab/jour dont 500 kcal/hab/jour provenant de produits animaux. Cette hypothèse, qui suppose une rupture profonde des tendances observées en matière de consommation alimentaire mondiale, implique la prise en compte par les consommateurs, par les producteurs et par les politiques publiques des conséquences globales et locales de l'accroissement de la consommation de produits animaux sur l'environnement et la santé.

Tous ces travaux convergent vers l'idée selon laquelle le défi de nourrir la population mondiale future tout en préservant les ressources naturelles et l'environnement ne pourra être relevé qu'en reconnectant plus étroitement la production agricole et l'élevage et en relocalisant régionalement la production agricole et la consommation. De plus en plus de voix s'élèvent contre un système qui viserait à nourrir la planète en poursuivant l'intensification de la production agricole industrielle dans les régions actuellement les plus productives du monde et en développant le commerce international des produits agricoles pour fournir en nourriture les pays moins bien dotés (EFMA, 2009).

7. Conclusion

L'histoire de l'approvisionnement alimentaire de Paris en fait apparaître l'ancienneté d'un ancrage régional extrêmement fort. Paris et son hinterland nourricier traditionnel, constitué essentiellement par les régions qui forment le bassin hydrographique de la Seine, se sont développés de conserve et en étroite interaction au cours des siècles. L'industrialisation de l'agriculture, en œuvre depuis moins d'une cinquantaine d'année, sa spécialisation vers la céréaliculture et son ouverture sur les marchés internationaux ont rompu ces liens privilégiés entre la ville et de sa campagne. Il n'en demeure pas moins que Paris, au contraire de beaucoup de métropoles occidentales, continue de s'approvisionner pour une large part à des distances relativement faibles : 70% de sa consommation alimentaire provient aujourd'hui du bassin parisien pour ce qui est de ses céréales, du Grand Ouest et du Nord-Pas-de-Calais pour ce qui concerne les produits animaux. L'approvisionnement en eau potable de la Ville reste quant à lui entièrement tributaire du bassin de la Seine, et la tension qui existe dans ce territoire entre la production agricole industrielle et celle d'une eau de qualité se fait de plus en plus forte.

Des mouvements citoyens, encore minoritaires, mais de plus en plus nombreux, militent activement pour reconnecter leur alimentation à la production agricole locale à travers des circuits alternatifs qui tendent à court-circuiter la main mise des grandes firmes de distribution et de transformation sur les flux alimentaires. Ils partagent également les préoccupations de ceux qui, en charge de la gestion de la qualité des ressources hydriques, s'inquiètent de la contamination croissante des eaux souterraines et de surface par les nitrates et les pesticides.

Un scénario extrême de relocalisation de l'agriculture du bassin de la Seine a été élaboré, impliquant le recours aux techniques de l'agriculture biologique, le retour à un équilibre entre production céréalière et élevage, ainsi qu'une modification de la diète humaine vers une réduction de moitié de la consommation de protéines animales au profit des protéines végétales. Un tel scénario permettrait de concilier sur le même territoire et sur le long terme la production des ressources alimentaire et de l'eau potable requise par la métropole parisienne. Il permettrait de renouer les liens séculaires entre la ville et son hinterland traditionnel, liens qui constituent une des caractéristiques les plus marquantes de l'histoire de Paris. Ce scénario est en parfaite cohérence avec plusieurs travaux de prospective agricole mondiale préoccupés d'assurer les besoins alimentaires de la planète à l'horizon des prochaines décennies, et ne peut donc en rien être taxé de repli égoïste sur elle-même d'une région riche et favorisée par les conditions naturelles.

Ce travail constitue, nous l'espérons, une base de départ pour penser plus en détail l'avenir de l'agriculture du bassin de la Seine et l'approvisionnement alimentaire de Paris.

Références

- Abad, R. (2002) *Le Grand Marché: l'approvisionnement de Paris sous l'Ancien Régime*. Fayard, Paris, 1030 pp.
- Ascher, F. (2001) *Les nouveaux principes de l'Urbanisme. La fin des villes n'est pas à l'ordre du jour*. Editions de l'Aube, 104 p
- ADEME (2010). Dossier de Presse. Le gaspillage alimentaire au cœur de la campagne nationale grand public sur la réduction des déchets. 15 Novembre 2010
- Agreste, 2006. Ministère de l'Agriculture (www.agreste.agriculture.gouv.fr/)
- Alcamo, J., D. Van Vuuren, and W. Cramer (2006), Changes in ecosystem services and their drivers across the scenarios, in *Ecosystems and human well-being: scenarios*, edited by S. R. Carpenter, P. L. Pingali, E. M. Bennett and M. B. Zurek, pp. 279-354, Island Press, Washington, D.C.
- Attali, J. et al. (2010). 'Paris et la Mer : la Seine est Capitale' 50 propositions pour réussir le Grand Paris par son ouverture jusqu'à la mer. Fayard, Paris
- Azadia, H., Schoonbeek, S., Mahmoudic, H., Deruddera, B., De Maeyera, P., Witloxa, F. (2011) Organic agriculture and sustainable food production system: Main potentials. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 144 : 92– 94
- Ballingall, J. and Winchester, N., 2008. Food miles: Starving the poor? University of Otago Economics Discussion Papers No. 0812. www.business.otago.ac.nz/econ/research/discussionpapers/DP_0812.pdf
- Barles S (2007) Feeding the city: food consumption and flow of nitrogen, Paris, 1801–1914. *Sci Total Environ* 375:48–58. doi:10.1016/j.scitotenv.2006.12.003
- Barles, S. (2010). Écologie territoriale, in : Merlin, P., Choay, C. (eds.). *Dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement*, 3e éd., PUF, Paris. 843 p.
- Bellamy, V. & Léveillé, L. (2007) *Consommation des ménages. Quels lieux d'achat pour quels produits* INSEE Première n° 1165.
- Billen, G., Toussaint, F., Peters, P., Sapir, M., Steenhout, A. & Vanderborght, J.P. (1983). *L'écosystème Belgique. Essai d'écologie industrielle*, CRISP, Bruxelles, 163 pp.
- Billen, G. (2003). From ecology of natural systems to industrial ecology: the need for an extension of the scope of ecology. In "Perspective on Industrial Ecology" (D. Bourg & S. Erkman, eds). Greenleaf publ. pp. 324-338.
- Billen, G., Barles S, Garnier J, Rouillard J., 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., A. Beusen, L. Bouwman, and J. Garnier (2010), Anthropogenic nitrogen autotrophy and heterotrophy of the world's watersheds: Past, present, and future trends, *Global Biogeochem. Cycles*, 24, GB0A11, doi:10.1029/2009GB003702.
- 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. and 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*. DOI 10.1007/s10113-011-0244-7
- Bognon, S. & Barles.S. (2012) Synthèse de l'enquête sur la provenance des produits. ANR 08-VILL-0008 projet Confluent, rapport intermédiaire juillet 2011.
- Bouwman, A.F., Goldewijk, K.K., Van Der Hoek, K.W. Beusen, A.H.W. Van Vuuren, D.P. Willems, J., Rufino, M.C. and Stehfest, E. (2011). Exploring global changes in nitrogen and phosphorus cycles in agriculture induced by livestock production over the 1900–2050 period. *Proc.Natl. Acad. Sci.* www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1012878108

- Buclet, N. (2011). *Ecologie industrielle et territoriale : stratégies locales pour un développement durable*. Presses Universitaires du Septentrion, Villeneuve d'Asq (France).
- Combris, P. (2006) Le poids des contraintes économiques dans les choix alimentaires. *Cahier de Nutrition et de diététique*. 41 : 279-284
- Cowell, S. J. and Parkinson, S., 2003. Localisation of UK food production: an analysis using land area and energy as indicators. *Agriculture, Ecosystems & Environment* : 221-236
- Dedieu, M-S. (2011). *Les coopératives agricoles : un modèle d'organisation économique des producteurs*. Analyse n°36. Centre d'Etude et de Prospective, Ministère de l'Agriculture.
- Desrochers, P. and Shimizu, H., 2008. Yes We Have No Bananas: A Critique of the Food Mile Perspective. *Mercatus Policy Series, Policy Primer No. 8*, October 2008. <http://mercatus.org/PublicationDetails.aspx?id=24612>
- Deverre, C et Lamine, C (2010). Les systèmes agroalimentaires alternatifs. Une revue de travaux anglophones en sciences sociales. *Economie Rurale* 317: 57-73
- Escalon, H. , Bossart,C. & Beck F. (2009). *Baromètre Santé Nutrition 2008*. INPES, Saint-Denis, coll. Baromètres santé, 2009 : 424 pp.
- Esnouf, C., Russel, M & Bricas, N (2011). *Dualine : Durabilité de l'Alimentation face à de nouveaux enjeux*. Rapport INRA-CIRAD. 254 pp. http://www.inra.fr/l_institut/prospective/rapport_dualine
- FAOstat, 2010. Statistics on production and international trade of food products (www.faostat.fao.org/)
- Garnier, J., G. Billen, A. Martinez , E. Mounier, M.Silvestre, G. Vilain, F.Toche. (2009). Nitrous oxide (N₂O) in the Seine river and basin: observations and budgets *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 133: 223-233
- Griffon, M. (2006). *Nourrir la planète*. Odile Jacob, Paris. 456 pp.
- Jouanne, A. (1859). *Atlas historique et statistique des chemins de fer français*. Hachette, Paris. 96 pp.
- Lloyd-Williams, F., Mwatsama, M. and Birt, C., 2008. Estimating the cardiovascular mortality burden attributable to the Common Agricultural Policy on dietary saturated fats. *Bulletin of the World Health Organization* 86: 535-545.
- Mazoyer M, Roudart L (1998) *Histoire des agricultures du monde. Du Néolithique à la crise contemporaine*. Seuil, Paris, p 531
- Mazoyer, M. (2001). *Protecting small farmers and the rural poor in the context of globalization*. FAO (Rome) www.fao.org
- McMichael, A. Powles J.W., Butler C.D., Uauy, R. (2007) Food, livestock production, energy, climate change and health. *The Lancet* 370: 1253–63
- Makridis, T., Anglade, J., Garnier, J., Billen, G. (2012). *Inventaire et caractérisation des exploitations d'agriculture biologique dans le Nord de la France. Rapport PIREN-Seine 2011*. en ligne www.sisyphe.piren-seine
- Mignolet C, Schott C, Benoît M (2007) Spatial dynamics of farming practices in the Seine basin: Methods for agronomic approaches on a regional scale. *Sci Total Environ* 375:13–32.
- Morgan, K. (2009) *Feeding the City: The Challenge of Urban Food Planning*. *International Planning Studies*. 14, 341–348
- Morley, N.D.G. (1996). *Metropolis and Hinterland. The city of Rome and the Italian economy, 200 B.C.-A.D. 200*. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 211 pp.
- Mouchel JM, Boët P, Hubert G, Guerrini M-C (1998) Un bassin et des hommes: une histoire tourmentée. In: Meybeck M, de Marsily G, Fustec E (eds) *La Seine en son Bassin*. Elsevier, Paris. pp 77–125
- NinE, (2009). *The Barsac Declaration: Environmental Sustainability and the Demitarian Diet*. www.nine-esf.org/
- Norat,T., Bingham, S. and Ferrari, P. (2005). Meat, fish and colorectal cancer risks: the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition. *Journal of the National Cancer Institute*. 97:906-916.
- [Paillard](#), S, [Treuer](#), S. and [Dorin](#), B. (2010). *Agrimonde : Scénarios et défis pour nourrir le monde en 2050*. Quae, Paris.

- Paxton, A. (1994). *The Food Miles Report: the dangers of long distance food transport*. Safe Alliance, London.
- Peoples M, Brockwell J, Herridge D, Rochester I, Alves B, Urquiaga S, Boddey R, Dakora F, Bhattarai S, Maskey S, Sampet C, Rerkasem B, Khan D, Hauggaard-Nielsen H & Jensen E. (2009). The contributions of nitrogen-fixing crop legumes to the productivity of agricultural systems. *Symbiosis* 48:1-17
- Peet, J.R. (1969) The spatial expansion of commercial agriculture in the nineteenth century: a Von Thunen interpretation. *Econ Geogr.* 45:283–301
- Reynolds, B. (2009) Feeding a World City: The London Food Strategy. *International Planning Studies.* 14, 417–424
- SitraM, (2006). Data base on commodity transport between French départements (French Ministry of Environment), www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/
- SDRIF (2009) Schéma Directeur de la Région Ile-de-France : Si l'Ile-de-France 2030 m'était contée, sept 2009
- Steele, C. (2008). *Hungry City: How food shapes our lives*. Vintage books. London.
- Stergiouli, M.L. and Hadjibiros, K. (2012) The growing water imprint of Athens, the capital of Greece. The increasing flux of water resources from its hinterland throughout history. *Regional Environmental Change*. In press.
- Sonnino, R. (2009). Feeding the City: Towards a New Research and Planning Agenda *International Planning Studies.* 14, 425–435.
- Smith, A., Watkiss, P., Tweddle, G., McKinnon, A., Browne, M., Hunt, A., Treleven, C., Nash, C., Cross, S. (2005). *The Validity of Food Miles as an Indicator of Sustainable Development: Final report*. DEFRA ED50254.
- Sutton, M.A., Howarth, C.M., Erismann, J.W., Billen, G., Bleeker, A., Grennfelt, P., van Grinsven, H., and Grizzetti, B. (2011). *The European Nitrogen Assessment: Sources, Effect and Policy perspectives*. Cambridge University Press. 612 pp.
- Swaney, D., Santoro, R.L., Howarth, R.W., Hong, B. and Donaghy, K.P. (2012) Historical changes in the food and water supply systems of the New York metropolitan area. *Regional Environmental Change* (in press)
- Thieu, V., Billen, G., Garnier, J., Benoît, M. (2010). Nitrogen cycling in a hypothetical scenario of generalised organic agriculture in the Seine, Somme and Scheldt watersheds. *Regional Environmental Change*. 2010. DOI 10.1007/s10113-010-0142-4
- Weber, C., and Matthews, H. (2008). Food-Miles and the Relative Climate Impacts of Food Choices in the United States. *Environmental Science & Technology*, 42 : 3508-3513.
- WRAP (2009). *The food we waste in Scotland. Final Report*. ISBN: 1-84405-420-9
- WRAP (2009). *Household Food and Drink Waste in the UK. Final report*. ISBN: 1-84405-430-6

Annexe : Publications et communications directement issues du programme

Les objectifs du présent projet et son phasage dans le temps en ont fait le complément naturel de deux autres projets de recherche financés respectivement par le programme PIRVE (CNRS-MEEDDAT) et l'ANR « Villes Durables », consacrés à l'histoire et au présent de l'approvisionnement (alimentaire, énergétique, en matériaux de construction et autres) de Paris et d'autres grandes villes. Les synergies entre ces trois projets ont permis d'accroître considérablement l'ambition de chacun.

Plusieurs articles directement en lien de ces trois programmes ont déjà été publiés dans des **revues internationales** à comité de lecture :

Thieu, V., Billen, G., Garnier, J., Benoît, M. (2011). Nitrogen cycling in a hypothetical scenario of generalised organic agriculture in the Seine, Somme and Scheldt watersheds. *Regional Environmental Changes*. 11: 359-370

Billen, G., Chatzimpiros, P., Barles, S. and Garnier, J. (2012) Grain and Meat to feed Paris: the changing balance between cereal cultivation and animal farming in the Paris Basin (18th-21st centuries). *Regional Environmental Change*. DOI 10.1007/s10113-011-0244-7

Billen, G; Garnier, J., Silvestre, M., Thieu, V., Barles, S.; Chatzimpiros, P. (2012). Localising the nitrogen imprint of Paris food supply: the potential of organic farming and changes in human diet. *Biogeosciences* 9, 607–616.

Billen, G., Garnier, J. and Lassaletta, L. (subm). Modelling the nitrogen cascade from watershed soils to the sea: from regional to global scales. *Phil. Trans. Roy. Soc. B*

Un **numéro spécial de la revue *Regional Environmental Change*** a été réalisé, rassemblant les contributions à un atelier tenu à Paris en septembre 2009 (à paraître en juin 2012):

Billen, G., Barles, S. and Garnier, J. (2012) History of Urban environmental imprint: Introduction to a multidisciplinary approach of the long term relationships between occidental cities and their hinterland. *Regional Environmental Change*. In press

Billen, G., Chatzimpiros, P., Barles, S. and Garnier, J. (2012) Grain and Meat to feed Paris: the changing balance between cereal cultivation and animal farming in the Paris Basin (18th-21st centuries). *Regional Environmental Change*. This issue DOI 10.1007/s10113-011-0244-7

Charruadas, P. (2012) The cradle of the city: the environmental imprint of Brussels and its hinterland in the High Middle Ages. *Regional Environmental Change*. This issue DOI 10.1007/s10113-011-0212-2

Donaghy, K. (2012) Urban environmental imprints after globalization *Regional Environmental Change*. This issue DOI: 10.1007/s10113-011-0265-2.

Gingrich, S., Haidvogel, G. and Krausmann, F. (2012) The Danube and Vienna: urban resource use, transport and land use 1800 to 1910. *Regional Environmental Change*. This issue DOI: 10.1007/s10113-010-0201-x

Keene, D. (2012) Medieval London and its supply hinterlands. *Regional Environmental Change*. This issue DOI: 10.1007/s10113-011-0243-8

Kim, E. and Barles, S. (2012) The energy consumption of Paris and its supplying areas from 18th century to present *Regional Environmental Change*. This issue.

Lestel, L. (2012). Non-ferrous metals (Pb, Cu, Zn) needs and city development: the Paris example (1815–2009) *Regional Environmental Change*. This issue. DOI: 10.1007/s10113-011-0255-4

Nixon, S.W. & Fulweiler, R.H. (2012) Environmental footprints and shadows in an urban estuary, Narragansett Bay, RI (USA). *Regional Environmental Change*. This issue. DOI 10.1007/s10113-011-0221-1

Stergioli, M.L. and Hadjibiros. K.(2012) The growing water imprint of Athens (Greece) throughout history. *Regional Environmental Change*. This issue DOI: 10.1007/s10113-011-0260-7

Swaney,D., Santoro,R. Howarth, R.W, Hong, B and Donaghy, K. (2012). Historical changes in the food and water supply systems of the New York City Metropolitan Area. *Regional Environmental Change*. This issue DOI: 10.1007/s10113-011-0266-1

Tello, E. and Ostos,J.R. (2012). Water flows in Barcelona (1717-2008): Turning points in a long-term evolution of water urban metabolism *Regional Environmental Change*. This issue DOI 10.1007/s10113-011-0223-z

Des articles en français de caractère plus **grand public** ont également été produits:

Billen et al. (2009). Le bassin de la Seine: découvrir les fonctions et les services rendus par le système Seine. *Piren-Seine*, n°1, Agence de l'Eau Seine-Normandie.

Billen, G., Barles, S., Chatzimpiros, P., Garnier, J. (2011). L'Approvisionnement Alimentaire de Paris. Internationalisation des échanges, (re)localisation de l'économie, perspectives d'évolution métropolitaine. Actes de l'Université d'été de l'EIVP, Paris, 1er septembre 2010.

Billen et al (2012). La cascade de l'azote dans le bassin de la Seine. *Piren-Seine*, , n°15 Agence de l'Eau Seine-Normandie.

Billen,G., Sabine Barles, S., Chatzimpiros, P., Garnier, J. Pour s'alimenter, Paris a le choix entre privilégier ses terres ou se tourner vers la mer. *La Revue Durable*, 43, aout-sept-oct 2011. pp. 24-27.

Enfin le projet a fait l'objet d'une page sur le **blog de Libération** (18 nov 2011)

<http://www.liberation.fr/societe/01012372210-l-empreinte-alimentaire-perspectives-sans-faim-pour-le-bassin-parisien>