

Le BAC de la plaine du Saulce (Auxerrois) : Analyse de la pollution agricole diffuse et esquisse de propositions pour un plan d'action à long terme

Juliette Anglade, Gilles Billen, Ghilsain de Marsily, Marc Benoît, Bernard Barraqué, Virginie Vergnaud

▶ **To cite this version:**

Juliette Anglade, Gilles Billen, Ghilsain de Marsily, Marc Benoît, Bernard Barraqué, et al.. Le BAC de la plaine du Saulce (Auxerrois) : Analyse de la pollution agricole diffuse et esquisse de propositions pour un plan d'action à long terme. Rapport d'activité PIREN-Seine Phase 6 - 2012 mis en ligne en février 2013. 2013. hal-02806226

HAL Id: hal-02806226
https://hal.inrae.fr/hal-02806226

Submitted on 6 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Le BAC de la Plaine du Saulce (Auxerrois) : Analyse de la pollution agricole diffuse et esquisse de propositions pour un plan d'action à long terme.

Juliette Anglade[1 *], Giles Billen[1], Ghislain de Marsily[1], Marc Benoît[2], Bernard Barraqué[3], Virginie Vergnaud[4]

1 Sisyphe, UPMC/CNRS, Paris

2 SAD, INRA, Mirecourt

3 CIRED-CNRS, Agroparitech

4 Géosciences Rennes-OSUR, Rennes

* juliette.anglade@upmc.fr

Table des matières

1 INTRODUCTION 2

1.1 HISTORIQUE DU PROGRAMME D'ACTIONS ET ETAT D'AVANCEMENT DE LA DEMARCHE 2
1.2 CARACTERISTIQUES GEOGRAPHIQUES DU BAC DE LA PLAINE DU SAULCE 7

2 INERTIE HYDROGEOLOGIQUE DES CAPTAGES DE LA PLAINE DU SAULCE 10

2.1 LIER L'EVOLUTION DES PRATIQUES AGRICOLES ET DE LA CONTAMINATION NITRIQUE 10
2.2 DATATION DES EAUX PAR TRACEURS ATMOSPHERIQUES 11

3 ANALYSE DES PRATIQUES AGRICOLES RECENTES ET DES PRECONISATIONS REGLEMENTAIRES 14

3.1 FERTILISATION RAISONNEE : PRATIQUES REELLES ET IDEALES 15
3.2 GESTION DE LA FERTILISATION DANS L'ARRETE PREFECTORAL 17

4 PROPOSITIONS POUR UNE AGRICULTURE COMPATIBLE AVEC LA PRODUCTION D'EAU POTABLE DANS LA PLAINE DU SAULCE 21

4.1 SPECIFICITES ET EVOLUTION DE L'AGRICULTURE EN REGION BOURGOGNE 21
4.2 LES POTENTIALITES DE L'AGRICULTURE BIOLOGIQUE 25
4.2.1 Constat dans une large moitié Nord de la France 25
4.2.2 Organisation de la production agricole biologique en Bourgogne 26
4.2.3 Un retour innovant vers un territoire de polyculture-élevage 29
4.2.4 Production de biomasse à usage local 30

5 CONCLUSIONS 30

BIBLIOGRAPHIE 31

RÉSUMÉ 32

1 Introduction

Le bassin d'alimentation des captages de la Plaine du Saulce est le siège depuis une dizaine d'années d'un programme d'actions visant à réduire la contamination principalement nitrique de l'hydrosystème. Il a consisté dans diverses mesures visant l'assainissement des eaux usées des communes, la prévention des pollutions accidentelles et l'accompagnement des agriculteurs dans l'amélioration de leurs pratiques. Malgré le caractère innovant de certaines de ces actions à l'époque où elles ont été considérées, elles ne semblent pas se traduire aujourd'hui par une amélioration significative de la qualité de l'eau aux captages. La mise en place d'un dispositif de réinfiltration d'eau de nappe alluviale peu chargée en nitrates dans la nappe des calcaires à partir d'une gravière permettra d'éviter des dépassements ponctuels en cas de pics temporaires de contamination, mais cette mesure curative n'a pas vocation à résoudre le problème posé par l'accroissement régulier de la contamination nitrique de fond.

L'absence de résultats tangibles en cette matière peut provenir tant de l'inertie du système hydrologique que de l'insuffisance des actions. Ainsi, après une présentation des éléments de contexte de l'action territoriale, la seconde partie de ce rapport est consacrée à l'évaluation des temps de réactions du système aquifère (notamment par la datation de l'eau).
Parallèlement, l'analyse du fonctionnement du système agricole actuel et des changements qui sont intervenus dans les pratiques depuis une dizaine d'années doit permettre d'estimer les risques qui subsistent de contamination nitrique de l'hydrosystème. Ce sera l'objet d'une troisième partie.
Enfin, nous tenterons de formuler des propositions pour minimiser ces risques en les intégrant dans un projet territorial d'ensemble pour l'Auxerrois.

1.1 Historique du programme d'actions et état d'avancement de la démarche

Les limites territoriales de la Plaine du Saulce ne peuvent pas être restreintes aux seules frontières hydrogéologiques du bassin d'alimentation de captage. En effet, il s'agit du lieu d'articulations entre un territoire urbain consommateur, la communauté d'agglomération de l'Auxerrois, et un territoire rural producteur, considéré comme le « château d'eau » de l'agglomération auxerroise.

En 1977, la ville d'Auxerre, alimentée jusqu'alors par les champs captant des Boisseaux et de la Plaine Isles, , construit deux puits en rive gauche de l'Yonne sur la commune d'Escolives-Sainte-Camille, pour sécuriser l'approvisionnement en eau potable de ses 60 000 habitants

Dès les premières mesures de suivi de la qualité de l'eau du captage en 1983, les deux puits accusent une hausse de la teneur en nitrates. A partir de 1993, apparaissent des dépassements cycliques des normes de qualité pour l'eau brute (avec un pic hivernal en février 1994 atteignant 70 mgNO3/l), et par conséquent de l'eau distribuée (en l'absence de traitement).

Face à une telle situation, il existe trois stratégies d'action en dehors de la fermeture du captage par l'ARS[1], (Figure 1) : le curatif, le palliatif et le préventif.

[1] Agence Régionale de la Santé

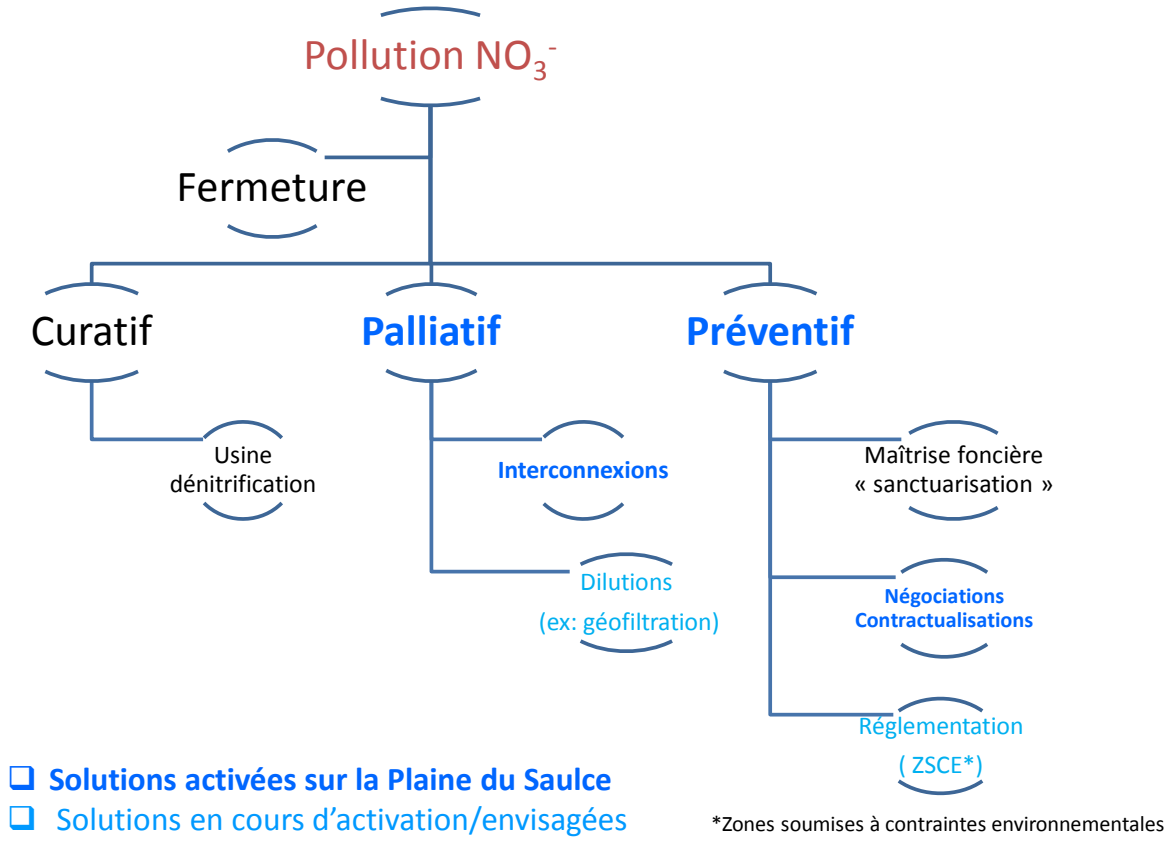


Figure 1 : Stratégies d'actions face à la pollution d'un captage par les nitrates.

La solution curative, envisagée par le délégataire et la DDAF[2], passant par la construction d'une usine de dénitrification chiffrée à 4.5 millions d'euros, est d'emblée écartée.

Dans le même temps, la Collectivité évoque la possibilité de recourir à une solution préventive radicale consistant en l'achat de 1000 ha de terres agricoles dans l'idée de créer un « parc naturel hydrologique » (de Marsily G., 2002). La solution est également rapidement jugée trop coûteuse et surtout trop conflictuelle pour être mise en œuvre. L'annexion du territoire rural par la ville aurait considérablement dégradé les relations urbain-rural et soulevé de vives oppositions de la part des agriculteurs.

Parallèlement à ces discussions, la Communauté de l'Auxerrois engage les études nécessaires à la définition du bassin d'alimentation, de ses zones de vulnérabilité, et évalue les potentialités d'une action préventive ciblée sur l'évolution des pratiques agricoles responsables des pressions polluantes (principalement les exploitations intensives de grandes cultures). Il apparaît alors comme essentiel pour porter efficacement cette politique ambitieuse d'intégrer dans la réflexion tous les acteurs du territoire du BAC. Ainsi est créée en 1998, l'Association pour la Qualité de l'eau potable de la Plaine du Saulce pour engager une démarche concertée destinée à réduire la concentration en nitrates au captage. Elle a permis d'établir un partenariat entre la CCA[3], la Communauté de communes du Pays Coulangeois, Augy et Saint-Bris le Vineux, la Chambre des Métiers et la chambre de Commerce, les agriculteurs et les représentants des consommateurs. La structure poursuit des objectifs multiples, de dialogue, d'animation, de diagnostic des sources de pollutions, de propositions d'actions préventives et de mises en œuvre de ces dernières.

[2] Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt
[3] Communauté de Communes d'Auxerre

En 2002, la démarche soutenue par l'Agence de l'Eau Seine Normandie s'est concrétisée par la signature d'un contrat rural pour une durée de 5 ans comportant 3 volets : agriculture, collectivités (assainissement) et artisanat (collecte des déchets). Concernant le volet agricole, l'adhésion du plus grand nombre est recherchée par le biais d'arrangements coopératifs mobilisant notamment la facture d'eau potable. En effet, la contribution au contrat figure en surtaxe communale dans le budget annexe de l'eau potable. En tant qu'Association loi 1901, les aides financières de l'Agence et des collectivités peuvent être redistribuées aux acteurs privés, en l'occurrence les agriculteurs.

Les actions proposées pour accompagner les pratiques agricoles ont été essentiellement tournées vers l'agriculture raisonnée : conseils en fertilisation, mesure des reliquats, implantation de CIPAN[4], création de bandes enherbées, réduction d'intrants ; soit en somme une anticipation du 4ème programme d'action de la Directive Nitrates (91/676/CEE) sur les zones vulnérables.

La politique menée, basée initialement sur le volontariat, a peu à peu évoluée vers une combinaison d'instruments contractuels et de mesures réglementaires avec des exigences plus élevées (voir l'encadré sur l'Historique de la démarche).

Au titre du Grenelle de l'environnement, la Plaine du Saulce a été classée dans la liste des 500 captages prioritaires. L'arrêté préfectoral « Grenelle » N°DDT-SEM-2011-0002 du 27 juin 2011 fixe le programme d'actions à mettre en œuvre dans la zone de protection de l'aire d'alimentation des captages de la Plaine du Saulce et visant la restauration de la qualité de la ressource. L'objectif poursuivi est celui d'un taux de nitrates dans l'eau brute prélevée au captage inférieur à 35mg/l en moyenne, et sans dépassement de la limite réglementaire de 50 mg/l.

Pour ce faire, la modification des pratiques est axée sur la diversification des cultures par assolement et rotations culturales, et une gestion adaptée des inter-cultures et des intrants. Pour l'ensemble des apports azotés cette gestion recourt au raisonnement de la fertilisation selon des objectifs de rendements maximaux et dans le respect de doses plafonds en fonction des types de cultures et des types de sols.

Les agriculteurs dont les parcelles sont situées dans l'AAC[5] ont la possibilité de contractualiser des MAET [6] dans le cadre du PDRH[7] et d'obtenir ainsi une compensation financière pour la conduite « maîtrisée » des grandes cultures, des surfaces en herbe, de la vigne et des vergers.

A ce jour, l'ensemble des dispositions de l'arrêté est d'application volontaire de la part des exploitants et des propriétaires. Cependant, au terme de 3 ans d'application, le préfet pourra décider de rendre obligatoires certaines des mesures préconisées dans le programme.

Si le recours au cadre réglementaire pourrait être à l'origine de nouvelles tensions et dégrader les relations ville-campagne, il pourrait également favoriser un plus grand nombre d'arrangements coopératifs et d'engagements dans des démarches contractuelles face à la menace de la répression.

En accompagnement de cette politique volontariste de prévention des pollutions diffuses pour améliorer la qualité de l'eau brute, le délégataire (Lyonnaise des Eaux) s'est vu dans l'obligation de recourir à des mesures palliatives pour délivrer une eau conforme aux normes de distribution. Ainsi, l'alimentation de la majorité des communes est sécurisée par mélange avec les eaux de la Plaine des Isles et des Boisseaux. Cependant quelques communes isolées telles qu'Augy et Saint-Bris le Vineux ne bénéficient pas de ce service et se voient donc distribuer de l'eau en bouteilles par le délégataire lors des dépassements de norme de nitrates. De surcroit il s'agit d'une solution de court terme et peu fiable dans la mesure où les analyses d'eau de la Plaine des Isles ont montré une augmentation de la teneur en nitrates avec un premier dépassement de la norme en 2008, ainsi que des résidus de produits phytosanitaires et les traces d'une pollution d'origine industrielle aux solvants chlorés (Obert, 2011). Depuis 2012, une nouvelle solution est à l'étude pour pallier aux dépassements ponctuels de la norme par un procédé de réalimentation de nappe par géofiltration. Cette solution consiste à prélever de l'eau dans la nappe d'accompagnement de l'Yonne qui est

[4] Culture Intermédiaire Piège à Azote
[5] Aire d'Alimentation de Captage
[6] Mesures Agroenvironnementales Territorialisées
[7] Programme de Développement Rural et Hexagonal

moins chargée en nitrates, et de la réinfiltrer à proximité du champ captant dans une gravière existante en relation avec la nappe des calcaires.

Si la baisse des risques de non potabilité par ces mesures palliatives supprime le caractère d'urgence de la situation, l'option préventive demeure prioritaire aux yeux des élus. C'est pourquoi aujourd'hui, pour poursuivre cette démarche concertée préventive et éviter une dégradation des relations de solidarité ville-campagne établies, l'Association a réuni le Comité Scientifique (pour la troisième fois depuis le début des actions) afin d'identifier les causes de l'absence de résultats probants aux captages (*Figure 2*).

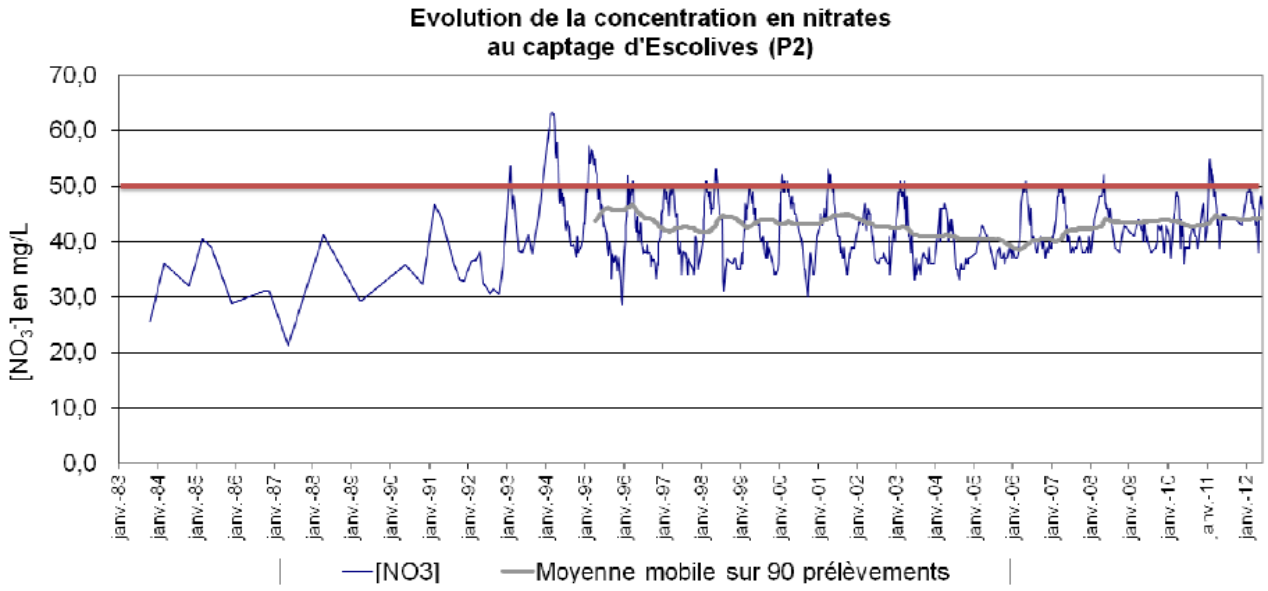


Figure 2 : Evolution de la teneur en nitrates au captage de la Plaine du Saulce
source : Association pour la Qualité de l'eau de la Plaine du Saulce, 2012.

Historique de la démarche

1977 : La ville d'Auxerre décide de sécuriser son approvisionnement en eau potable en créant le champ captant de la Plaine du Saulce. Deux ouvrages sont réalisés dans la Plaine alluviale de l'Yonne, à 18 m et 20 m de profondeur pour capter les calcaires fissurés du Kimméridgien inférieur.

De 1983 à 1993 : Début du suivi de la qualité des eaux et observation d'une hausse des teneurs en nitrates.

1994 : Pic hivernal en nitrates maximal de 70mg/l. Début des débats au sein de la collectivité Auxerroise pour décider de la stratégie d'action à adopter entre la construction d'une usine de traitement, la « sanctuarisation » du captage, ou un accompagnement dans la modification des pratiques agricoles.

1997 : Premières études de délimitation du bassin d'alimentation de captage.

1998 : Création de l'Association pour la qualité de l'eau potable de la Plaine du Saulce.

De 1999 à 2001 : Réalisation d'un diagnostic de territoire et élaboration d'un programme d'actions.

2002 : Mise en œuvre d'actions au travers d'outils contractuels :

- Contrat rural comportant trois volets relatifs à l'origine des pollutions : Collectivités, Artisanat et industrie, et Agriculture, pour une durée de 4 ans, et 1 an de prolongation. Création du Syndicat Mixte du Saulce regroupant les communes du BAC pour gérer le volet « collectivités ». Le volet agricole du contrat intègre de nombreux outils : conseils en fertilisation et gestion de l'interculture, CIPAN, dispositifs enherbés, remise en herbe de terres arables, contrôle des pulvérisateurs et plateforme de remplissage, bacs de rétention …

- Activation des CTE[8] « Plaine du Saulce » pour une durée de 5 ans. Sont alors proposées des aides à l'investissement en matériel, outils informatiques, outils de sécurisation des pollutions accidentelles (aires de rétention, local phyto …), ainsi que des aides à l'amélioration des pratiques par le biais de MAE[9].

2006 : Réunion du Comité Scientifique pour évaluer la pertinence des actions menées et orienter le programme d'actions de l'association.

De 2008 à 2011 : Programme de développement rural et Hexagonal. Ouverture des MAET[10] « herbe » pour les vergers et grandes cultures, « agriculture biologique » pour les vergers, vignes et grandes cultures, et « réduction intrants » (120 uN et/ou IFT herbicides – 30% ou -40% et/ou IFT hors herbicides -50%).

De 2009 à 2013 : Renouvellement du contrat rural en contrat global pour la protection des captages de la Plaine du Saulce, de la Plaine des Isles et des Boisseaux.

2011 : Arrêté préfectoral fixant le programme d'actions à mettre en œuvre dans la zone de protection de l'aire d'alimentation des captages d'eau potable de la Plaine du Saulce et visant la restauration de la qualité de la ressource.

2012 : - 2 réunions du Comité Scientifique pour réévaluer la pertinence des actions menées et comprendre l'absence de résultats probants au captage.

- Projet de la Lyonnaise des eaux de réalimentation de la nappe par géofiltration pour garantir une eau 100 % conforme au robinet.

[8] Contrats Territoriaux d'Exploitation
[9] Mesures Agro Environnementales
[10] Mesures Agro Environnementales Territorialisées

1.2 Caractéristiques géographiques du BAC de la Plaine du Saulce

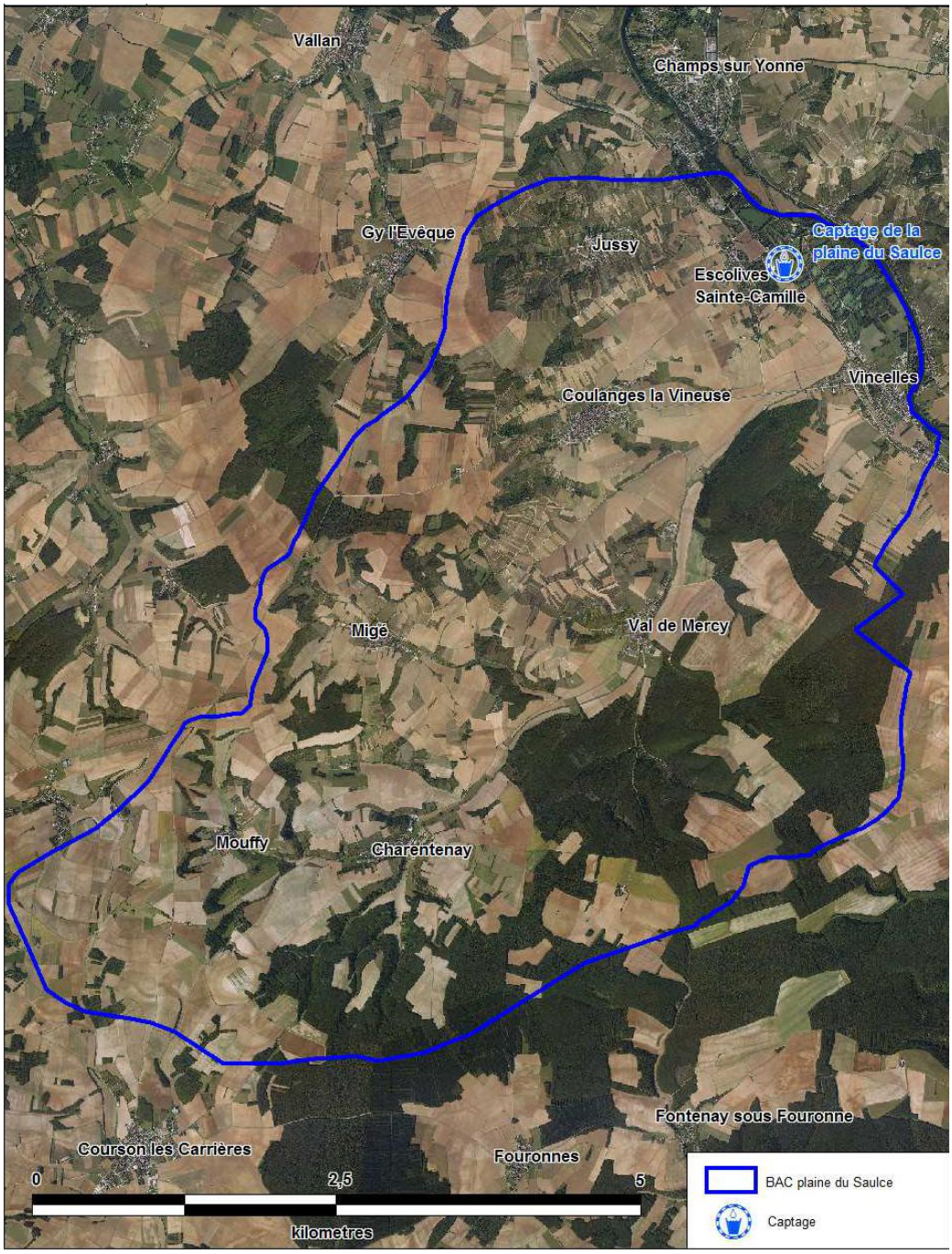


Figure 3 : Limites du bassin d'alimentation de captage de la Plaine du Saulce et localisation des puits. Source : Association pour la qualité de l'eau de la Plaine du Saulce, 2012.

Les puits du champ captant de la Plaine du Saulce sont situés sur la commune d'Escolives-Sainte-Camille, à environ 10 km au sud d'Auxerre, en rive gauche de l'Yonne. Ce secteur abrite la nappe des calcaires du kimméridgien inférieur (*Figure 4*) exploitée par de nombreux forages desservant la plupart des communes alentours.

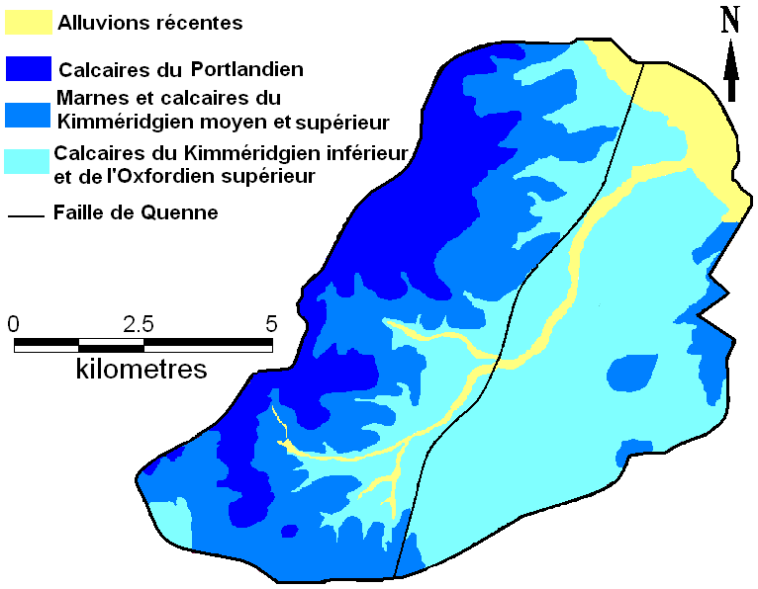


Figure 4 : Carte Géologique « simplifiée » du BAC de la Plaine du Saulce, source : Obert,2011.

Le BAC[11]couvre une surface de 86 km² (*Figure 3*) principalement dédiée à l'activité agricole et en particulier aux grandes cultures (*Figure 5*).

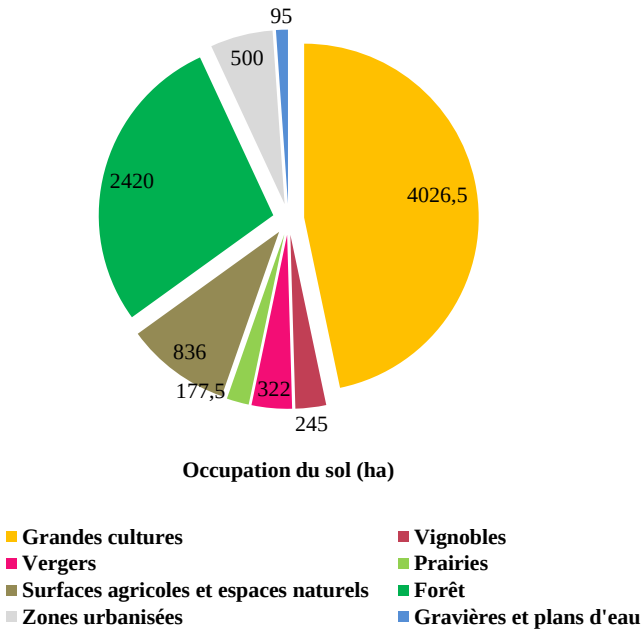


Figure 5 : Occupation du sol du BAC de la Plaine du Saulce en 2010.

En 2011, 75 exploitations possédant tout ou partie de leurs parcelles dans le BAC étaient recensées (déclarants PAC). 45 de ces exploitations cultivent des grandes cultures, avec un assolement majoritairement composé de colza, blé, et orge. Les autres exploitations sont spécialisées, en viticulture pour 20 d'entre-elles, sous l'appellation Coulanges la Vineuse essentiellement, et en arboricultures pour les 10 restantes, principalement en cerises de bouche.

[11] Bassin d'Alimentation de Captage

La pollution aux nitrates observée est caractéristique de cette occupation du sol dominée par des grandes cultures sur des sols filtrants (*Figure 6*).

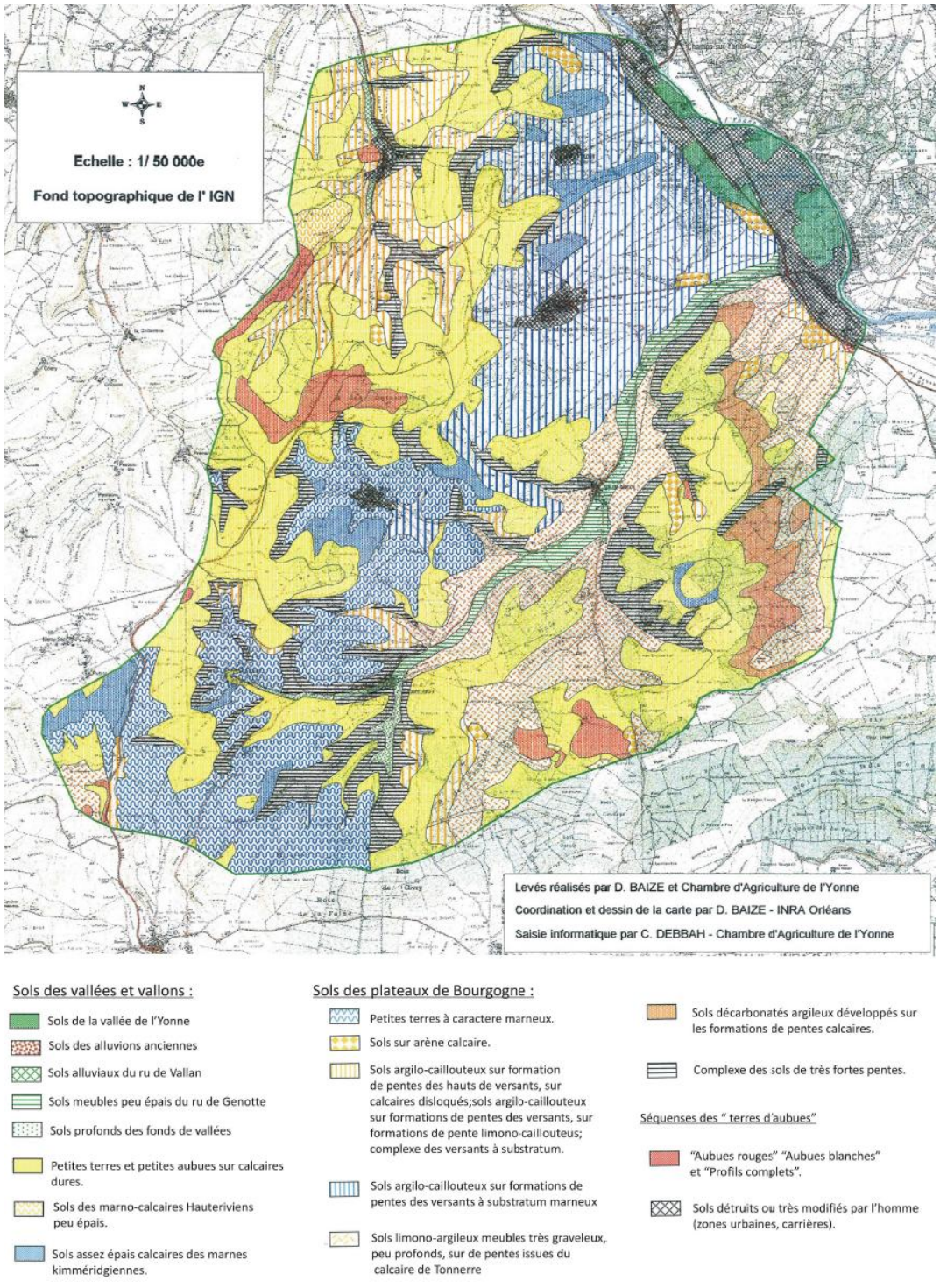


Figure 6 : Carte des sols du BAC de la Plaine du Saulce, source : Science Environnement, 2010.

2 Inertie hydrogéologique des captages de la Plaine du Saulce

2.1 Lier l'évolution des pratiques agricoles et de la contamination nitrique

L'analyse à long terme de l'évolution de l'agriculture dans le département de l'Yonne (sur base des statistiques agricoles, Agreste) permet de montrer que le surplus de fertilisation azotée par rapport à l'exportation par la récolte s'est brutalement accru au cours des années 1960, pour se stabiliser ensuite (*Figure 7*a, b).

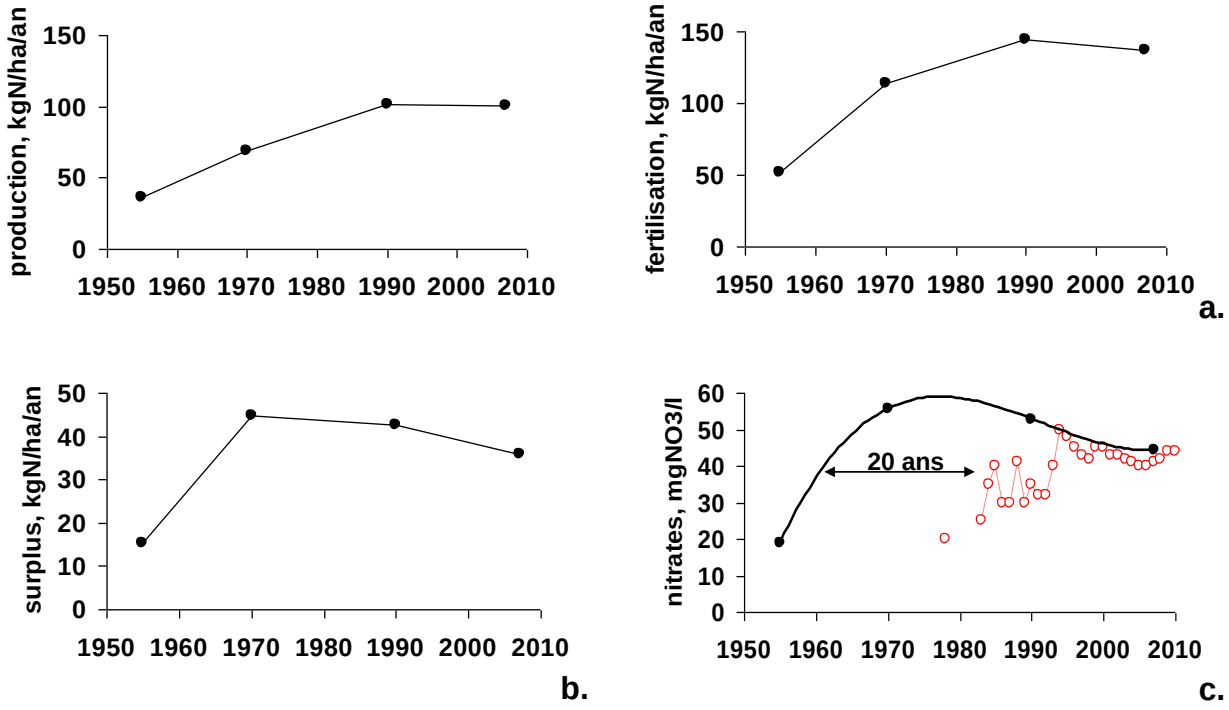


Figure 7: a. Evolution de la production agricole azotée et de la fertilisation totale (engrais minéraux et organiques, retombées atmosphériques et fixation symbiotique) des terres arables du département de l'Yonne depuis 1950 (données Agreste). b. Calcul du surplus azoté (Fertilisation – production). c. Calcul de la concentration résultante en nitrates (compte tenu d'une lame d'eau infiltrée de 250 mm/an) et comparaison avec la chronique à long terme de la contamination nitrique de fond des captages de la Plaine du Saulce.

Si l'on postule que c'est cet accroissement du surplus agricole (voir plus loin) qui est à l'origine de la pollution de fond de l'hydrosystème, la comparaison avec la chronique de la contamination nitrique des captages de la Plaine du Saulce suggère un temps de réponse de l'ordre de 20 ans (*Figure 7*, c.).

Pour confirmer et préciser cette conclusion, des prélèvements pour datation ont été effectués en septembre et février 2012. Via l'âge de l'eau, il s'agit de dater la pollution de la nappe par les nitrates et d'estimer le délai existant entre un changement de pratiques et un changement réel sur la qualité de l'eau compte tenu du temps de réaction de l'aquifère.

2.2 Datation des eaux par traceurs atmosphériques

L'âge de l'eau souterraine correspond au temps de résidence de l'eau dans l'aquifère entre son point d'infiltration jusqu'à son exutoire naturel ou son point de prélèvement. En s'infiltrant dans le sous-sol, la mise à l'équilibre de l'eau avec l'atmosphère lui confère une signature chimique directement liée à la composition de l'atmosphère qu'elle conserve tout au long de son trajet.

La connaissance de l'évolution des concentrations dans l'atmosphère en chlorofluorocarbones ou Fréons (CFCs) et en hexafluorure de soufre (SF6) en fait d'excellents traceurs des eaux infiltrées après les années 1950. Il s'agit de gaz anthropiques dont la production a débutée au milieu du XXème siècle. En lien avec leur production par l'industrie et leur utilisation comme réfrigérants (CFC-12), solvants (CFC-113), ou gaz propulseur (CFC-11), les concentrations atmosphériques en CFCs n'ont cessé de croître jusqu'au milieu des années 1990 où des restrictions de fabrication sont entrées en vigueur par le protocole de Montréal (en raison de l'effet destructeur de ces composés sur la couche d'ozone). La concentration en hexafluorure de soufre utilisé comme isolant électrique continue aujourd'hui de croitre.

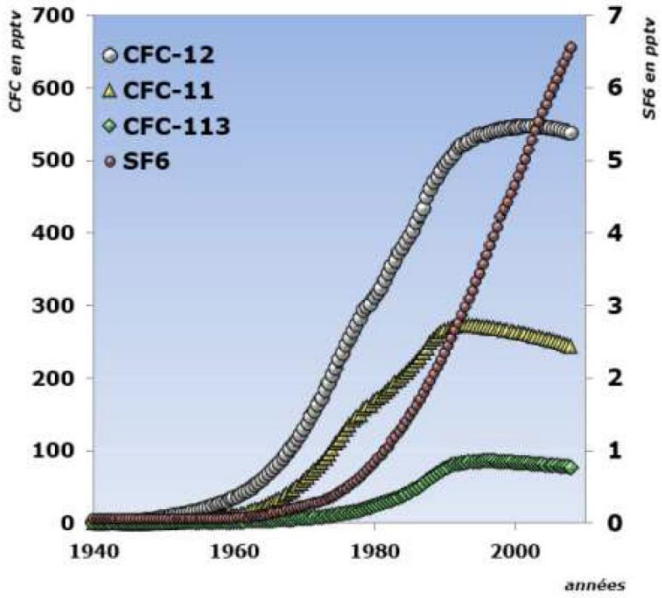


Figure 8: Evolution des concentrations en CFCs et SF6 dans l'atmosphère, source : USGS cfc lab.

La principale difficulté d'analyse de ces composés vient de leur très faible concentration, de l'ordre de la picomole (10^{-12}) par litre d'eau. Cela impose des conditions de prélèvement et de stockage des eaux souterraines échantillonnées sans aucun contact atmosphérique et nécessite l'utilisation d'un matériel analytique de pointe avec des limites de détection très faibles (système de « Purge and Trap » puis analyse par chromatographie en phase gazeuse) (Ayraud, 2006). Ces analyses ont été effectuées à l'OSUR de Rennes, plateforme CONDATE.

La détermination de l'âge moyen apparent d'une eau est le résultat de l'interprétation des analyses de chimiques de datation au travers de modèles de circulation des eaux souterraines. Pour chaque traceur analysé (CFC-11, CFC-12, CFC-113, et SF6), la concentration atmosphérique équivalente est estimée à partir de l'équation de solubilité. Cela permet d'accéder à une date de recharge apparente. Les résultats pour les quatre traceurs ne sont pas nécessairement concordants. Il peut exister des décalages liés aux différents modèles de circulation des eaux souterraines. C'est notamment le cas lorsque l'échantillon peut représenter des contributions composites, avec chacune un temps de résidence propre. La mesure renvoie alors à un âge apparent du mélange. Pour connaître les conditions de mélange, ou pour discriminer entre plusieurs modèles permettant d'expliquer les données de datation, une expertise hydrogéologique est nécessaire.

L'hydrogéologie du secteur du champ captant de la plaine du Saulce est assez bien détaillée (BRGM 2010, Sciences Environnement, 2010 ; Horizons, 1997).

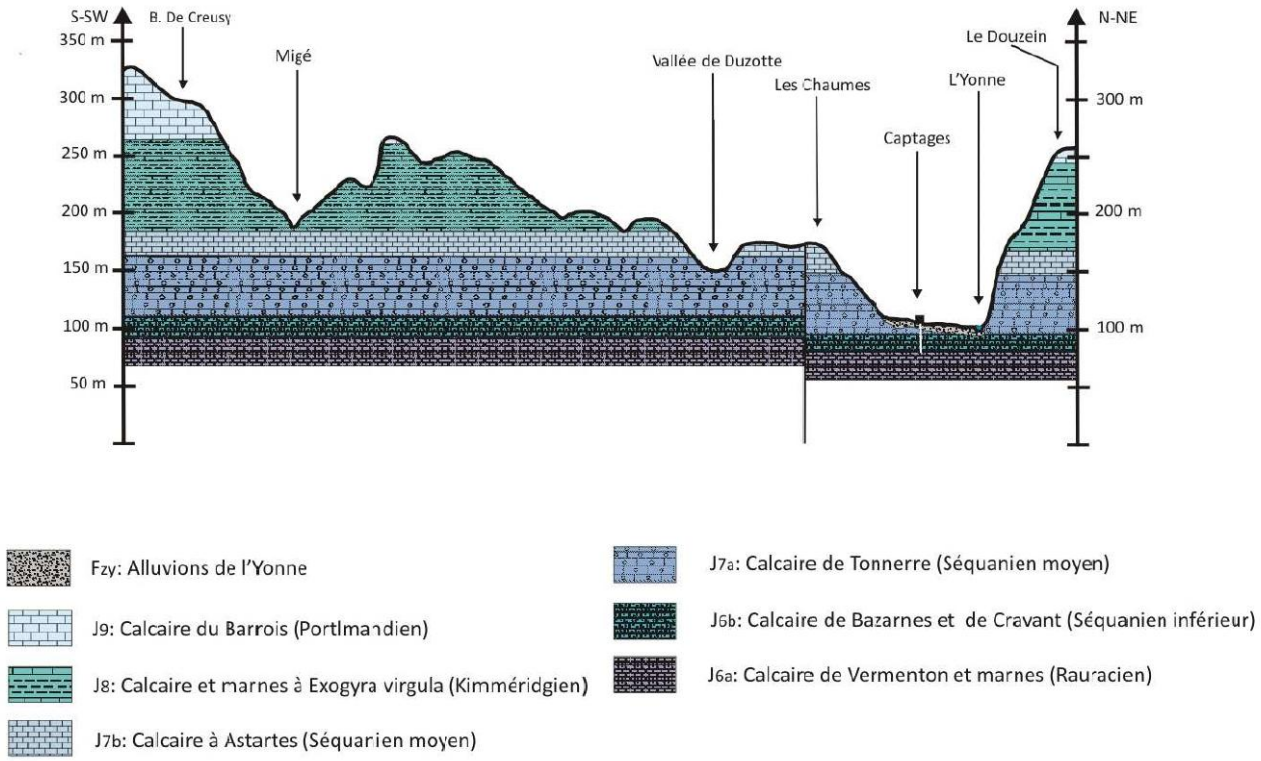


Figure 9 : Coupe géologique schématique du secteur d'études, source : Sciences Environnement, 2010.

Les ouvrages sollicitent la ressource contenue dans l'aquifère des calcaires du Séquanien. Le mur de l'aquifère est constitué des marnes de Fontenay et des calcaires marneux de Vermenton. Il s'agit d'une nappe semi-captive, le toit étant constitué d'un niveau argileux sous alluvionnaire. Les puits P1 et P2 font respectivement 20 m et 18 m de profondeur. Ils traversent les alluvions sur 3,80 m et 3,20 m avant d'atteindre les calcaires gris attribuables aux faciès de Tonnerre. Par endroits le substratum marneux des alluvions présente des discontinuités, et rend possible une connexion hydraulique entre la nappe des alluvions et l'aquifère des calcaires du Jurassique supérieur.

Les eaux calcaires jurassiques exploitées sont nettement marquées par les pratiques agricoles, ce qui se traduit par de fortes teneurs en nitrates, en moyenne très au-dessus du niveau guide européen (25mgNO_3/l) et proches de la norme réglementaire de 50 mgNO_3/l. Ces teneurs augmentent depuis le début des mesures en 1983 et atteignent en 1994 les 70 mg/l sur P1 et plus de 60mg/l sur P2. Il y a une périodicité annuelle dans les pics de concentration, très probablement en lien avec la recharge automne-hiver de l'aquifère mobilisant le stock de nitrates disponible dans la zone non saturée.

La courbe enveloppe des minimums des concentrations en nitrates aux captages P1 et P2 augmente elle aussi. L'augmentation régulière de cette concentration de base, de ce bruit de fond, traduit la recharge en nitrates du réservoir aquifère chaque hiver par les pluies efficaces, et ne reflète pas directement le lessivage des apports de fertilisants de la saison précédente. L'évolution des teneurs en nitrates aux captages est étroitement liée au temps de vidange de l'aquifère, que l'on tente d'appréhender ici via les mesures de datation.

Les échantillons ont été prélevés aux captages à la fois en période de basses eaux les 14/09/12 et 21/09/12 et de hautes eaux, le 08/02/12. Seules les analyses de la campagne en basses eaux ont été réalisées à ce jour.

Les résultats bruts de l'analyse de datation des eaux peuvent être expliqués simplement dans un modèle de circulation de type piston. On assimile alors l'aquifère à un tuyau dont la recharge de l'année en cours expulse du système l'eau située en fin de circuit.

Dans ce modèle, l'ensemble des traceurs indique la même date de recharge. Aux incertitudes de mesures près (+/- 3 ans), on obtient sur P1 au 14/09/2012 et sur P2 au 21/09/2012 un âge moyen de 25 ans. Ce système implique qu'une évolution dans les concentrations en nitrates sous-racinaires infiltrées, se répercute en sortie aux points de prélèvement avec un délai d'environ 25 ans.

Au puits P1, aucun autre modèle d'écoulement n'admet de solution analytique pour expliquer les résultats des mesures.

En revanche, au puits P2, les mesures peuvent également être expliquées selon une hypothèse de mélange binaire entre des eaux âgées de 25 ans et 20 à 40 % d'eaux récentes (0-5ans). Cela pourrait correspondre à un mélange à deux composantes entre les eaux du kimméridgien inférieur ayant enregistré les pratiques agricoles d'il y a 25 ans et la nappe des alluvions alimentés par les coteaux proches et en lien avec l'Yonne.
Bien que les deux forages soient rendus étanches au droit des alluvions par l'équipement de l'ouvrage (tubage et cimentation), la bibliographie fait état d'observations de terrain qui montrent une liaison directe des alluvions de l'Yonne avec les calcaires. P2 bénéficierait d'une plus grande dilution par la nappe des alluvions. Cela est en cohérence avec les paramètres physico-chimiques relevés lors des prélèvements pour datation et notamment l'alcalinité [186 mg($HCO3^-$)/l pour P2 et 218 mg($HCO3^-$)/l pour P1].

En 1997 une étude hydrodynamique menée par le bureau d'étude HORIZON (rapport Q6102) visant à préciser l'origine des flux pompés a montré que pour un prélèvement de 7000 m^3/j, toute l'eau prélevée proviendrait du bassin d'alimentation calcaire alors que pour 14 000 m^3/j l'aquifère alluvial pourrait être sollicité à hauteur de 25 à 30 % (en période d'étiage). Sur le mois de septembre, les volumes journaliers prélevés étaient d'en moyenne 7294 m3/j (entre 6440 m^3/j et 9450 m^3/j). Aussi ne peut-on pas écarter la possibilité d'une alimentation du point de prélèvement par drainance d'eaux récentes des alluvions de l'Yonne mais dans des proportions très minoritaires par rapport au pôle principale d'alimentation par la nappe des calcaires, d'un âge moyen apparent de 25 ans. Les échantillons prélevés en février en période de hautes eaux devraient permettre de confirmer cette hypothèse de mélange et le cas échéant en préciser les pôles.

Les analyses de datation des eaux par dosage des gaz atmosphériques CFCs et SF6, inscrites dans une vision générale du système hydrogéologique, ont permis de révéler un âge moyen des eaux prélevées au captage d'environ 25 ans. Ce résultat corrobore les estimations sur le temps de réponse de l'aquifère faites à partir de l'analyse à long terme de l'évolution de l'agriculture dans le département de l'Yonne. Pour un surplus maximum généré au début des années 1970, on enregistre aux captages des pics de concentrations en 1994, soit effectivement un temps de transfert d'environ 25 ans.
Au moins deux décennies sont donc nécessaires pour que soient répercutés nettement sur le niveau de base de la contamination azotée les effets d'actions engagées sur le bassin d'alimentation de captage. Ce temps de latence impose de débuter dès à présent des actions fortes, au travers de scenarii d'évolutions des pratiques qui s'inscrivent dans une réflexion de longue durée plutôt que de multiplier des mesures avec des impacts faibles ou incertains.
La correspondance entre les deux approches explorées ici pour évaluer l'inertie du système aquifère rend compte de la pertinence du recours à la notion de surplus via la méthode du bilan de surface pour appréhender simplement l'efficacité d'une action et en conséquence l'évolution possible de la contamination nitrique de fond aux captages.

3 Analyse des pratiques agricoles récentes et des préconisations réglementaires

Une des manières d'appréhender les pertes environnementales d'azote par l'agriculture consiste à évaluer le surplus des apports d'azote au sol (par les engrais de synthèse et les produits résiduaires organiques, la fixation symbiotique et le dépôt atmosphérique) par rapport à l'exportation d'azote par la récolte (Oenema et al. 2003 ; Van Beek et al., 2003 ; De Vries et al., 2011) . Cette évaluation intégrée sur la durée d'une rotation permet de prendre en compte les transferts de fertilité d'une culture à l'autre.

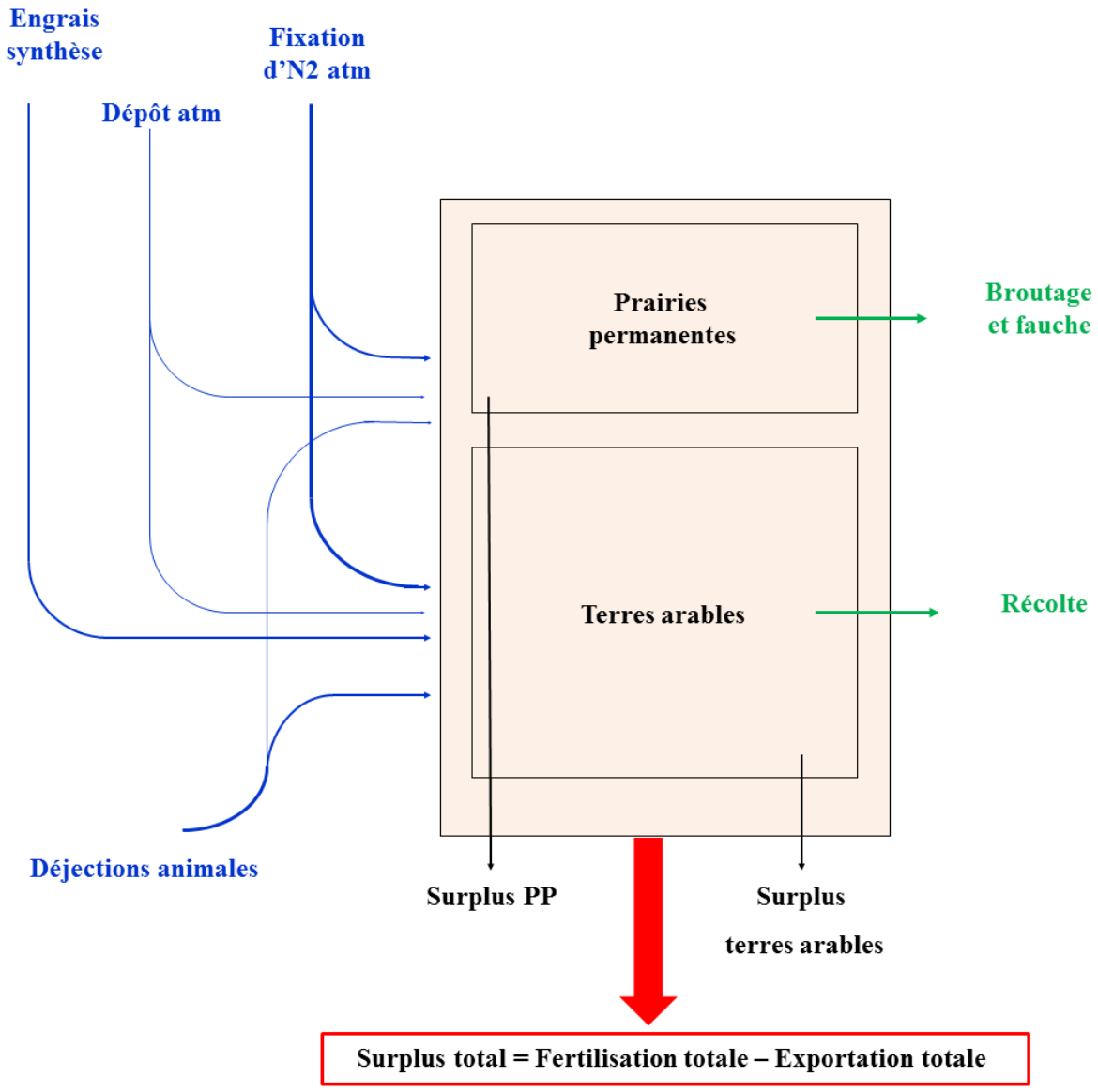


Figure 10 : ***Eléments du SSB (Soil Surface Balance)***

Un grand nombre d'études expérimentales montrent que, dans le cas des terres arables, le devenir principal de ce surplus (ici, ~ 80 % sur sols filtrants) est le lessivage vers l'hydrosystème. Le reste est volatilisé ou dénitrifié vers l'atmosphère ou accumulé dans le stock de matière organique du sol. Dans les systèmes herbagers, une fraction importante des excédents d'azote est retenue et vient accroître le pool organique des sols.

La méthode du calcul du surplus azoté intégré sur les principales rotations pratiquées ou préconisées permet d'estimer le risque de contamination nitrique des eaux infiltrées (et par suite des eaux souterraines) qui leur est associé.

3.1 Fertilisation raisonnée : pratiques réelles et idéales

A partir de l'enregistrement des pratiques 2009 de 8 agriculteurs exploitant 40 % du BAC, 2 rotations type ont identifiées (Chapotin, 2010) : CO-B-Oh et Co-B-B-Oh. Il est possible d'évaluer le surplus auquel donnent lieu ces rotations en se reportant aux doses d'azote moyennes apportées sur ces différentes cultures entre 2006 et 2010 (*Figure 11*).

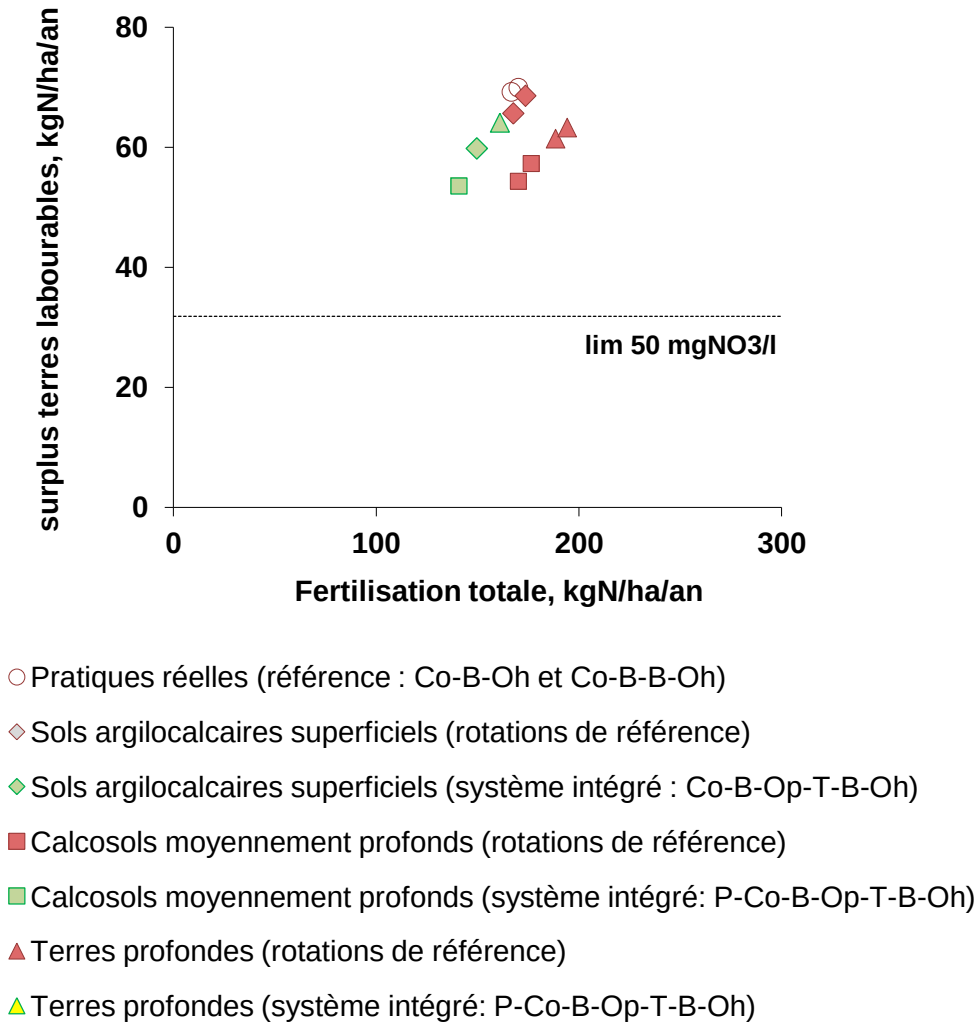


Figure 11 : Relation entre le surplus et la fertilisation totale pour les rotations principales pratiquées de référence et les systèmes intégrés envisagés selon les prescriptions de gestion rationnelle de la fertilisation.

En considérant une lame d'eau infiltrée moyenne sur la zone de 225 mm/an et le lessivage de 80 % du surplus, alors la norme de potabilité de 50 mgNO3/l, n'est atteinte que pour un surplus inférieur à 30,5 kgN/ha/an. Or les pratiques réelles enregistrées engendrent un surplus moyen de 69,5 kgN/ha/an, plus de deux fois supérieure à cette limite.

Nous avons d'autre part appliqué à ces deux rotations de référence les préconisations de fertilisation raisonnée selon la méthode du bilan d'azote inorganique établie par le COMIFER (www.comifer.asso.fr/) à partir des références du Groupe Régional d'Expertise Nitrates Bourgogne. Ces préconisations sont établies en fonction d'un objectif de rendement afin d'assurer l'équilibre des fournitures d'azote par rapport aux besoins des cultures pendant leur cycle de production. On obtient des surplus à peine inférieurs à ceux des pratiques observées, en moyenne 67,5 kgN/ha/an.

On vérifie ainsi que l'agriculture pratiquée sur la zone est déjà raisonnée, sans que pour autant les flux sous-racinaires ne soient compatibles avec la norme de potabilité.

Afin d'envisager les impacts d'un changement de pratiques à l'échelle du BAC, Chapotin propose deux rotations basées sur les principes de l'agriculture intégrée, sur les trois grand types de sols présents. On remarque que ces rotations, bien que plus longues et relativement diversifiées, intègrent peu de légumineuses, qui permettraient pourtant de réduire les apports azotés de synthèse.
En appliquant la méthode du bilan de surface pour ces deux rotations, selon les préconisations de fertilisation raisonnée de la méthode COMIFER, on ne note aucune amélioration significative par rapport aux deux rotations de référence. Ainsi si la diversification des assolements présente de nombreux intérêts, tant en termes de résilience économique que de bénéfices environnementaux, en particulier concernant la réduction de l'usage des produits phytosanitaires, elle n'est pas une condition suffisante à la réduction du lessivage des nitrates.

Pour toutes les rotations, les préconisations de fertilisation raisonnée conduisent à des surplus azotés supérieurs à ceux qui permettraient la production d'une eau sous-racinaire avec une teneur en nitrates conforme à la norme de potabilité.

On remarque enfin que le surplus est influencé par le type de sol mais surtout par l'objectif de rendement (*Figure 12*). On illustre ainsi sur une des rotations de référence (Co-B-Oh) que malgré l'équilibre de fertilisation, les pertes environnementales d'azote s'accroissent grandement en fonction de la valeur assignée à l'objectif de rendement. Si l'on suit ces préconisations de raisonnement de la fertilisation, la norme de potabilité ne serait atteinte que pour un rendement en blé compris entre 40 qx/ha et 50 qx/ha. Il est à noter que c'est là l'ordre de grandeur des rendements attendus en agriculture biologique.

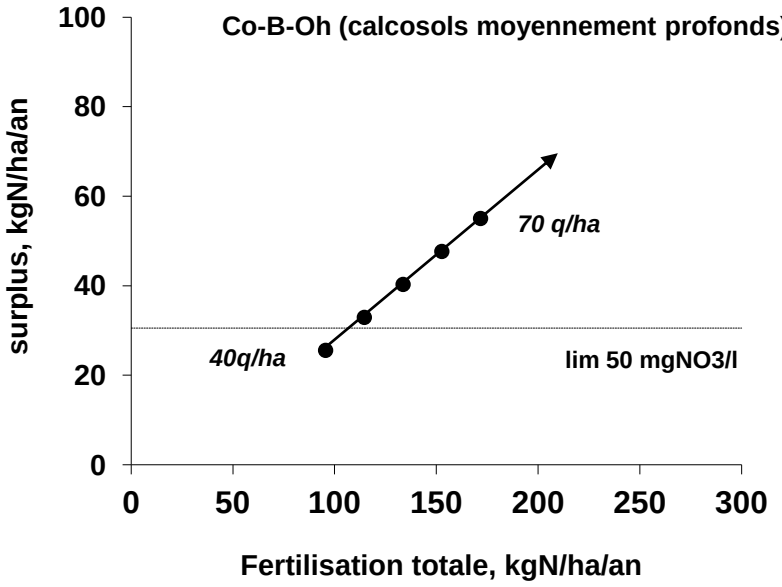


Figure 12 : Relation entre le surplus et la fertilisation dans le cas d'une rotation de référence Colza-Blé-Oh supposée conduite selon les préconisations du COMIFER pour des objectifs de rendement variables

3.2 Gestion de la fertilisation dans l'arrêté préfectoral

Sur la Plaine du Saulce, un arrêté préfectoral « captage Grenelle » est en vigueur depuis le 27 juin 2011. Il fixe le programme d'actions à mettre en œuvre dans la zone de protection de l'aire d'alimentation des captages. Il y est explicitement considéré qu'il faut « modifier les pratiques agricoles afin de parvenir à une réduction des concentrations en nitrates ». Pour ce faire, il définit les actions agricoles à mettre en œuvre pour l'exploitation des terres. Des mesures très fortes de couverture des sols à proximité immédiate des captages sont imposées, à savoir la mise en herbe des parcelles ou la présence de cultures sans utilisation de molécules de synthèse. Sur le reste des surfaces, le texte préconise une diversification des cultures par un allongement des rotations culturales sur un minimum de 5 ans, avec au moins 4 cultures différentes (l'une d'entre elles choisie « moins exigeante » en intrants), et prévoit des mesures de gestion des intrants. Ainsi, la fertilisation y est raisonnée selon des objectifs de rendement maximaux, classés par types de cultures, précédent cultural et par types de sols majoritaires de l'îlot. La somme des apports azotés totaux doit respecter des doses plafonds inscrites dans le texte.

Dans le cadre d'un renforcement réglementaire, il convient d'être très attentif aux choix opérés. Pour évaluer sur le long terme l'efficacité de ces choix, nous avons appliqué la méthode du SSB[12], sur la rotation diversifiée de 6 ans (**Co-B-Op-T-B-Oh**) proposée précédemment, dans le respect des objectifs de rendements et doses plafonds associées. On se place dans l'hypothèse de réalisation des objectifs de rendements (*Figure 13* ;*Figure 14*). On ne considère donc pas le cas d'une sur-fertilisation liée à la non réalisation de l'objectif de rendement.

[12] Soil Surface Balance

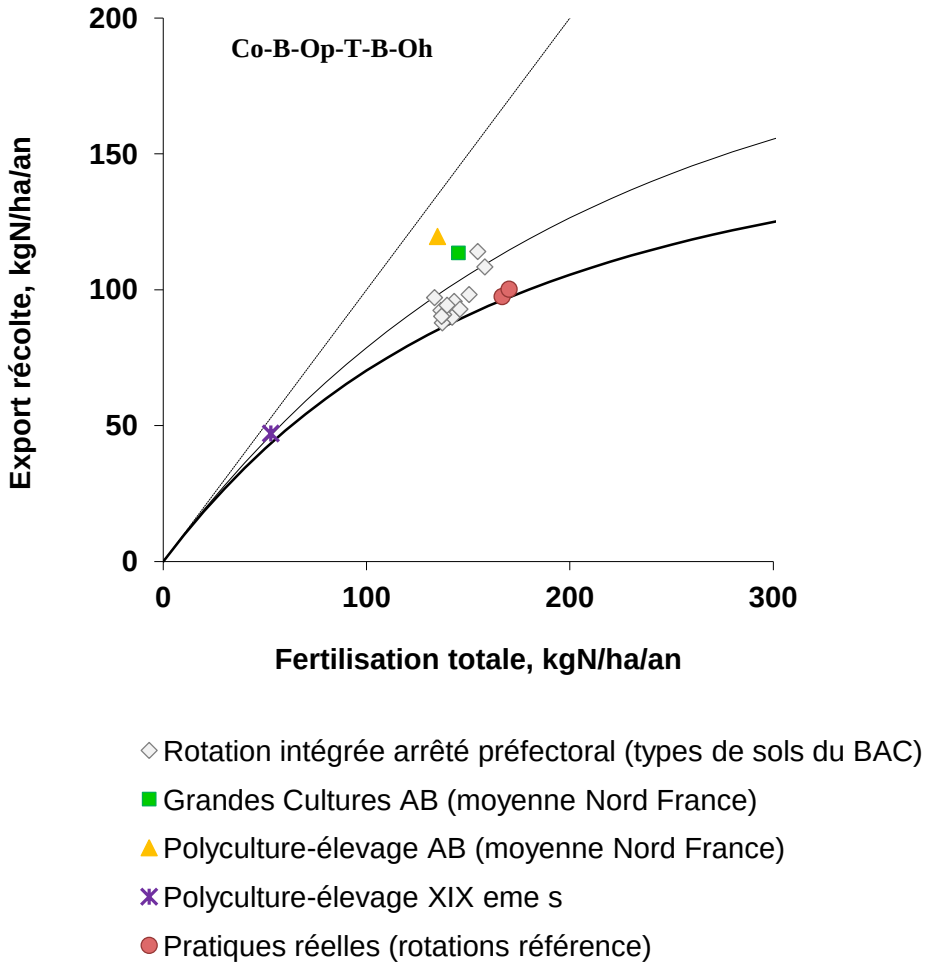


Figure 13 : ***Relation entre l'exportation par la récolte et la fertilisation totale pour la rotation intégrée préconisée sur le BAC selon les références techniques de l'arrêté préfectoral et pour les rotations de références en comparaison des performances moyennes atteintes en agriculture biologique d'après une cinquantaine d'enquêtes menées dans le Nord de la France.***

On note premièrement une réduction encourageante de la fertilisation totale apportée par rapport aux pratiques observées sur les rotations de référence Co-B-Oh et Co-B-B-Oh, et en conséquence une réduction du surplus. Les références techniques figurant dans l'arrêté préfectoral sont en effet légèrement plus contraignantes que les préconisations de fertilisation raisonnée établies par le COMIFER, de par des objectifs de rendements abaissés par rapport aux moyennes départementales.
Cependant, les préconisations de gestion de la fertilisation inscrites dans l'arrêté préfectoral conduisent en moyenne à un surplus de 47 kgN/ha/an sur la rotation dite intégrée, soit un surplus environ 20 % plus élevé que celui qui permettrait de respecter la norme de 50 mgNO3/l. Ajoutons, à cela que les objectifs fixés dans l'arrêté sont plus ambitieux que le simple respect de non dépassement de la norme de potabilité, puisqu'il s'agit d'atteindre en moyenne un taux de nitrates inférieur à 35 mgNO3/l (ce qui correspondrait à un surplus compris entre 18 kgN/ha/an et 22 kgN/ha/an à ne pas dépasser). Dans ce cadre, il semble impératif de réduire la fertilisation totale en ne limitant pas le bilan à la période de culture et/ou de revoir à la baisse les objectifs de rendements.

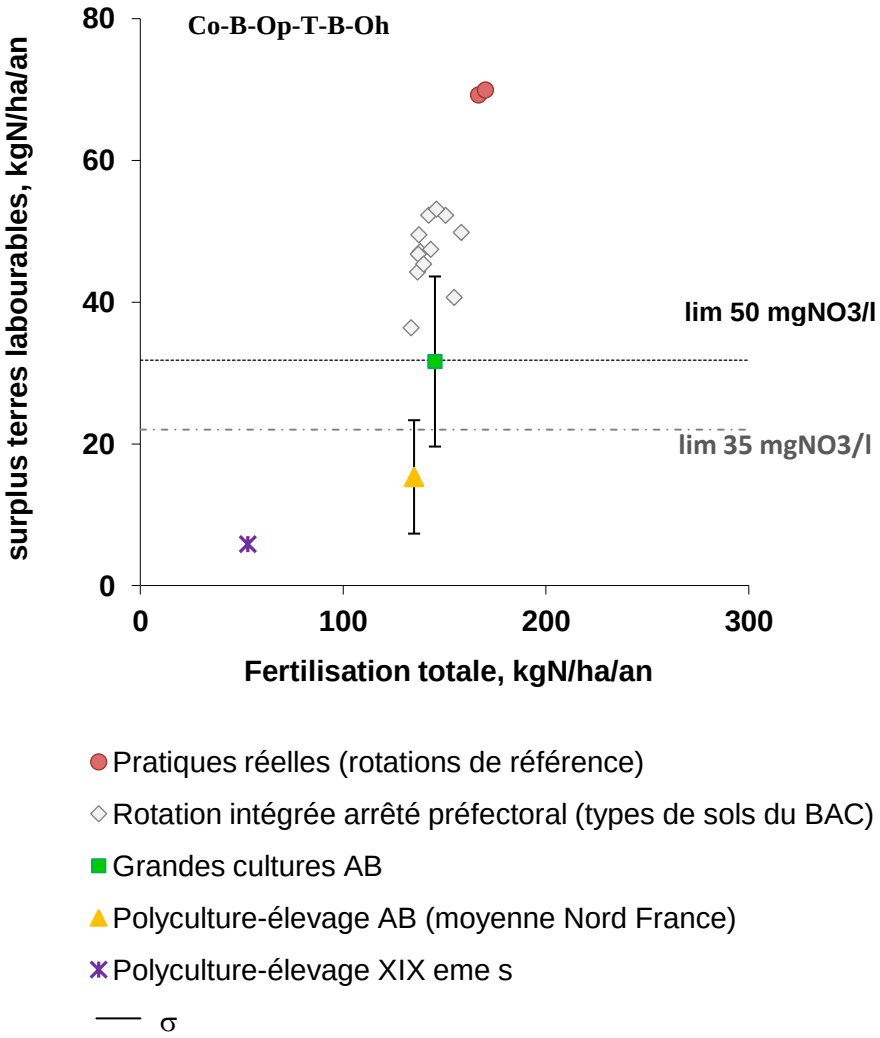


Figure 14 : Relation entre l'exportation par la récolte et le surplus pour la rotation intégrée préconisée sur le BAC selon les références techniques de l'arrêté préfectoral et pour les rotations de références en comparaison des performances moyennes atteintes en agriculture biologique d'après une cinquantaine d'enquêtes menées dans le Nord de la France.

Précisons que ces conclusions, exprimées en termes de surplus azoté, sont indépendantes de la gestion des périodes d'interculture, celles-ci étant neutres dans le bilan du SSB (sauf en cas d'exportation de la culture intermédiaire, ou d'utilisation d'un couvert riche en légumineuses). Il n'est plus à démontrer que la gestion des apports azotés gagne à être associée à l'implantation systématique d'intercultures en évitant les sols nus en période de lessivage (comme il en est fait état dans l'arrêté préfectoral). En effet, les cultures intermédiaires permettent de séquestrer l'azote minéral dans le pool de matière organique du sol et ainsi de soustraire une partie du surplus à la lixiviation. Cependant, l'accroissement du stock d'azote organique du sol conduit à terme à un accroissement de la minéralisation. De sorte qu'il en résulte un accroissement du lessivage en l'absence d'une baisse de fertilisation conséquente (Constantin et al., 2011). Si la mise en place de CIPAN produit rapidement des effets visibles positifs, elle ne saurait à terme suffire à corriger les excédents induits par une fertilisation excessive.

Tableau 1 : Calcul du surplus azoté pour la rotation intégrée Co-B-Op-T-B-Oh par types de sols selon les objectifs de rendements et les doses plafonds inscrites dans l'arrêté préfectoral.

Types de Sols	Export kgN/ha/an	Fertilisation kgN/ha/an	Surplus kgN/ha/an
UTS 4	114	155	41
UTS 142	97	133	36
UTS 155	108	158	50
UTS166	92	137	44
UTS 175	90	142	52
UTS 192	88	137	49
UTS 193	98	150	52
UTS 194	91	138	47
UTS 196	96	143	47
UTS 202	93	146	53
UTS 203	90	137	47
UTS 204	94	140	45

Cette analyse montre qu'aucune des pratiques réelles ou préconisées ne permet d'assurer la production d'une eau sous-racinaire satisfaisant aux exigences de potabilité en termes de contamination nitrique. Ainsi, si l'incitation au respect d'une gestion équilibrée de la fertilisation sur tout le territoire est une condition nécessaire pour minimiser les pertes d'azote par lixiviation, elle n'est pas une condition suffisante pour atteindre les objectifs fixés dans l'arrêté. Même si les prescriptions de l'arrêté préfectoral ne constituent pas un « droit à épandre » mais un plafond, on peut s'interroger sur la pertinence environnementale de ce plafond. Le choix des mesures à mettre en œuvre doit être conçu dans un souci d'efficacité, et ne doit en aucun cas être le résultat d'un compromis, surtout lorsque ces choix ont une visée réglementaire, au risque de niveler par le bas dès le départ les objectifs environnementaux. Plutôt que de raisonner sur des objectifs de rendements associés à des doses plafonds, il paraitrait plus judicieux de caler la recherche des objectifs sur les pratiques agricoles plus vertueuses (comme l'agriculture biologique).
Le renforcement de l'efficacité du programme d'actions pour résoudre le problème de la contamination nitrique devra passer par une remise en cause profonde du modèle agricole actuel et des objectifs de rendements croissants qu'il implique.

4 Propositions pour une agriculture compatible avec la production d'eau potable dans la Plaine du Saulce

Nous avons montré précédemment que la généralisation des pratiques de l'agriculture raisonnée et des cultures intermédiaires pièges à azote, permettrait au mieux de stabiliser à son niveau actuel la contamination nitrique. Afin de pouvoir concilier production alimentaire et production d'eau potable dans la Plaine du Saulce, on ne peut qu'envisager un tournant radical par rapport aux orientations actuelles de la céréaliculture intensive.

4.1 Spécificités et évolution de l'agriculture en région Bourgogne

Les pratiques recensées sur la Plaine du Saulce, et plus largement sur le département de l'Yonne (département le plus céréalier de la région Bourgogne) sont emblématiques de l'évolution de l'agriculture industrielle, amorcée à la fin des années cinquante. Sur les 8622 ha du bassin d'alimentation des captages de la Plaine du Saulce, 4026 ha sont occupés par des grandes cultures (le reste se partageant entre vignes, arboriculture et forêts). En l'absence d'élevage, la fertilité des sols est assurée par un recours quasi exclusif aux engrais azotés de synthèse. La mise en place de cette agriculture à cycle ouvert, s'est traduite par un accroissement considérable de la capacité d'exportation des récoltes (produites en excès par rapport aux besoins régionaux), et dans le même temps par une exportation elle aussi croissante de l'azote épandu en excès vers l'hydrosystème.
Un bref retour historique sur l'évolution du cheptel herbivore (bovins et ovins principalement) en région Bourgogne, nous fournit le témoignage d'un passé relativement récent où la rupture de la complémentarité entre culture et élevage était manifestement moins marquée.

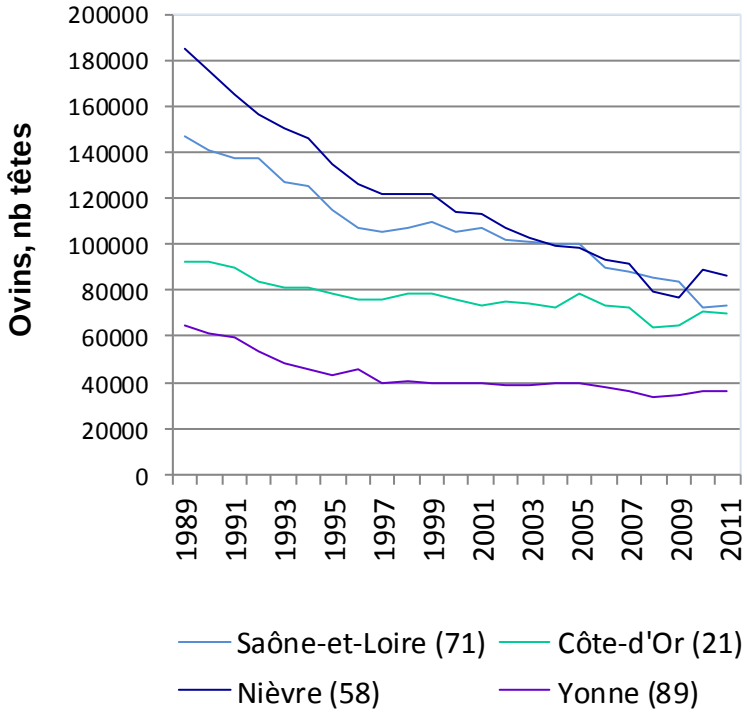


Figure 15 : Evolution par départements en région Bourgogne de l'effectif ovin entre 1989 et 2011 (données compilées Agreste)

Entre 1989 et 2011, on observe un recul massif de l'élevage ovin, avec en moyenne une disparition de près de la moitié des effectifs en région Bourgogne (24 % en Côte-d'Or, 53 % dans la Nièvre, 50 % en Saône-et-Loire et 44 % dans l'Yonne). On note que dès 1989 la proportion d'ovins est moins marquée dans l'Yonne que dans les 3 autres départements, du fait de sa spécialisation céréalière.

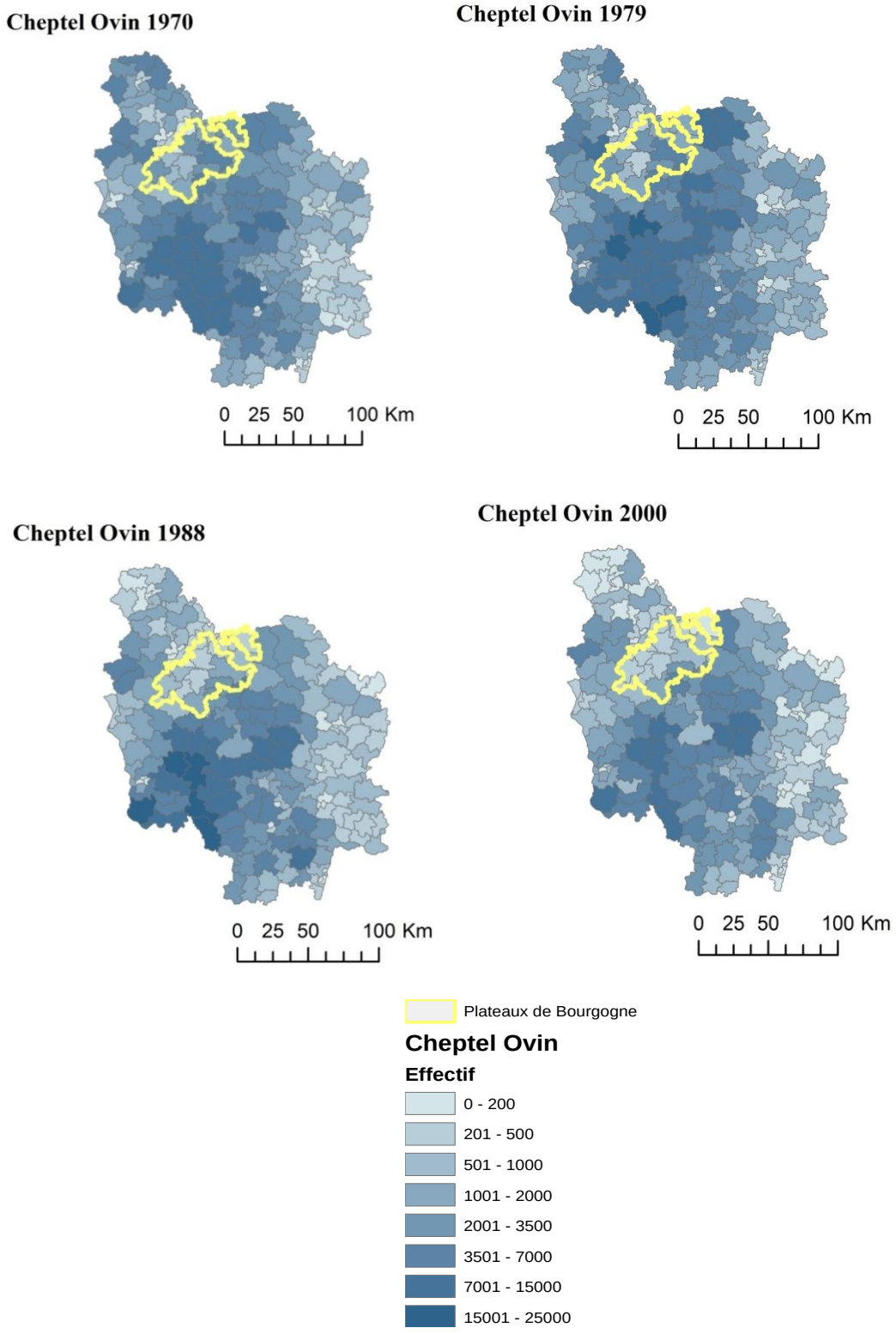


Figure 16 : Evolution cantonale de l'effectif du troupeau ovin en région Bourgogne entre 1970 et 2000 (données compilées du RGA).

En affinant l'échelle d'observation à celle du canton, et en remontant d'avantage dans le passé, on remarque que le déclin observé à l'échelle départementale à partir de 1989 jusqu'à nos jours était encore plus marqué entre 1970 et 1988.

Aujourd'hui, peu d'exploitations sont spécialisées dans l'élevage ovin, qui représente plutôt une activité de diversification exercée majoritairement en complément de l'élevage bovin. Cet élevage est quasi-exclusivement destiné à la production de viande et se fonde sur la valorisation des prairies pour produire des agneaux à l'herbe.

A la différence de l'élevage ovin, l'examen récent de l'évolution du cheptel bovin en Bourgogne ne permet pas de déceler de recul en termes d'effectifs. En revanche, on note identiquement une moindre proportion de bétail dans l'Yonne, alors que près de 50% des effectifs se concentrent en Saône-et-Loire.

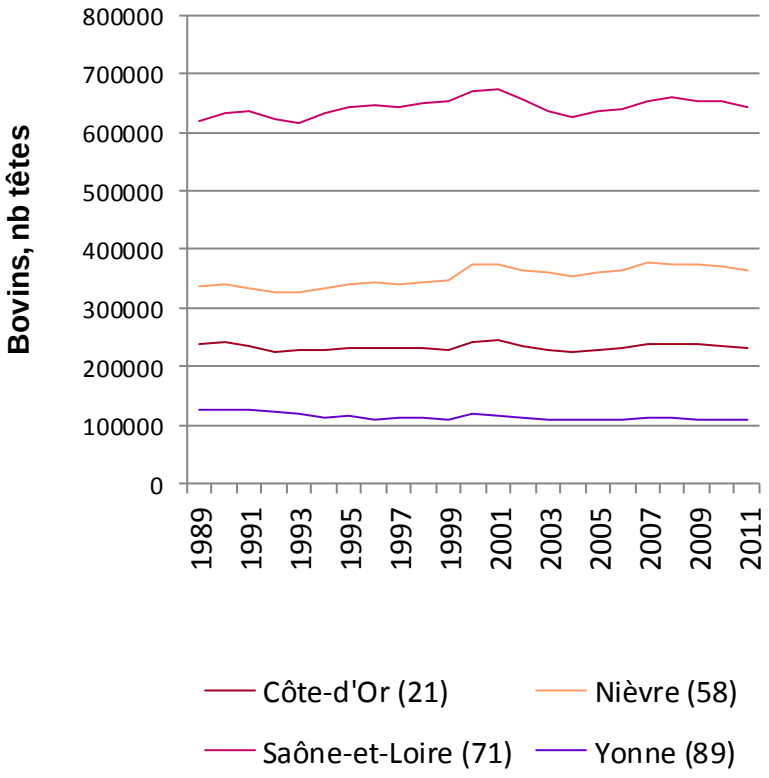


Figure 17 : ***Evolution par départements en région Bourgogne de l'effectif bovin entre 1989 et 2011 (données compilées Agreste).***

Si le nombre total de bovins sur la région Bourgogne est resté stable de 1989 à 2011, il apparaît sur les relevés statistiques par petites régions agricoles disponibles depuis 1970, que l'Yonne et en son sein les plateaux de Bourgogne, accueillaient encore il y a une quarantaine d'années des effectifs beaucoup plus importants de bétail.

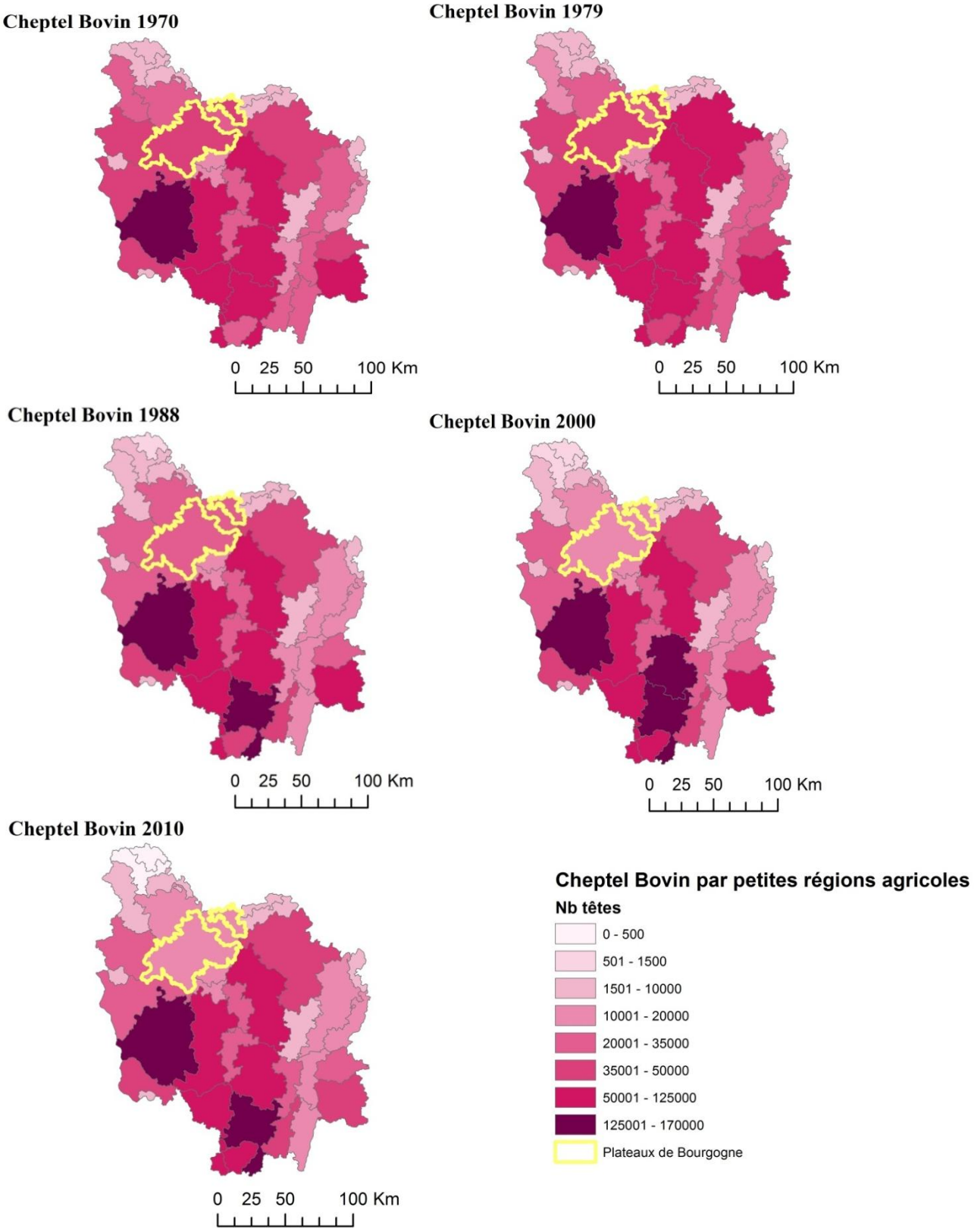


Figure 18 : Evolution des effectifs bovins en région Bourgogne par petites régions agricoles de 1970 à 2010.

4.2 Les potentialités de l'agriculture biologique

4.2.1 Constat dans une large moitié Nord de la France

L'agriculture biologique, en interdisant l'usage des engrais et des pesticides de synthèse, apparaît comme un modèle alternatif crédible pour rétablir la qualité des eaux. Afin d'évaluer ses performances en matière de pollution nitrique, nous avons mené des enquêtes auprès d'une quarantaine d'exploitants dans une large moitié Nord de la France (bassin de la Seine pour les productions végétales et Grand Ouest et Nord pour les productions animales). Les données recueillies sur les pratiques ont été utilisées pour évaluer les bilans azotés des terres arables de ces exploitations. Intégré à l'échelle de la rotation, le SSB est un bon indicateur des performances de l'AB dont la logique s'exprime sur le temps long.

A défaut de références localisées sur les territoires icaunais dans notre échantillon, les résultats obtenus sont moyennés et comparés à ceux des deux rotations de référence du BAC et ceux de la rotation intégrée préconisée (moyenne sur les différents sols) [*Tableau 2* ; *Figure 13* ; *Figure 14*].

Tableau 2 : Comparaison des performances de l'agriculture raisonnée, intégrée, et biologique sur la base de la capacité d'export total d'azote et du surplus évalué sur les terres arables.

Sytèmes de cultures	Export total kgN/ha/an	Fertilisation totale kgN/ha/an	Surplus kgN/ha/an	conc. nitrique mgNO3/l *
Rotations de référence Co-B-Oh et Co-B-B-Oh (fertilisation raisonnée)	99	168	70	109
Rotation intégrée Co-B-Op-T-B-Oh (fertilisation arrêté préfectoral)	96	143	47	74
Grandes cultures AB (Nord France)	113	145	32	50
Polyculture-élevage AB (Nord France)	120	135	15	24
Polyculture-élevage XIXe s. (Beauce)	47	53	6	3

Il apparait tout d'abord que les deux grands systèmes de production en agriculture biologique, les exploitations de grandes cultures, et les exploitations de polyculture-élevage, ne sont pas moins productifs (en termes de quantité totale d'azote exporté à l'échelle de la rotation). Si la comparaison des rendements céréaliers est à l'avantage des systèmes conventionnels raisonnés, l'intégration du surplus sur la durée des rotations redonne l'avantage à l'agriculture biologique. Cela s'explique par le fait que les rotations longues et diversifiées (6 à 12 ans) pratiquées en agriculture biologique intègrent une proportion importante de fourrages riches en protéines via l'introduction de légumineuses. Ainsi, dans les exploitations enquêtées en grandes cultures, la part d'export azoté via les légumineuses fourragères représentent à elle seule en moyenne 52 % (faible dispersion σ=12) de l'export azoté total. Ce résultat indique l'importance de l'élevage

comme débouché de la production agricole biologique, et nous ramène donc à la problématique de la complémentarité entre culture et élevage.

Par ailleurs on rend compte que les systèmes en agriculture biologique sont également au moins deux fois plus productifs que l'agriculture qui se pratiquait dans la Beauce à la fin du XIXème siècle (Anglade et al., en préparation.). Ce qui nous permet par là-même souligner qu'une évolution des pratiques vers l'agriculture biologique ne consisterait en rien en un retour en arrière.

Ensuite, on distingue nettement une plus grande efficience de l'utilisation de l'azote dans les exploitations biologiques par rapport aux références conventionnelles de la zone d'étude. En conséquence, en agriculture biologique le surplus non valorisé par la production est réduit, et la contamination nitrique des flux sous-racinaire semble à même de répondre aux objectifs de potabilité de l'eau dans la plupart des cas.

Enfin, ces résultats mettent clairement en évidence les meilleures performances des exploitations conduites en polyculture-élevage, tant en termes de capacité d'export, que de réduction du lessivage d'azote sous-racinaire. Il s'agit d'une agriculture qui cherche à optimiser son fonctionnement dans une logique de minimisation des intrants. Elle s'appuie sur la capacité de fixation d'azote atmosphérique des prairies et cultures de légumineuses fourragères, l'azote étant ensuite recyclé par le bétail et transféré vers les terres labourables.

4.2.2 Organisation de la production agricole biologique en Bourgogne

Nous venons de montrer que la question de la complémentarité entre culture et élevage est centrale dans les réflexions portées sur les voies possibles de réduction des fuites azotées vers l'hydrosystème.

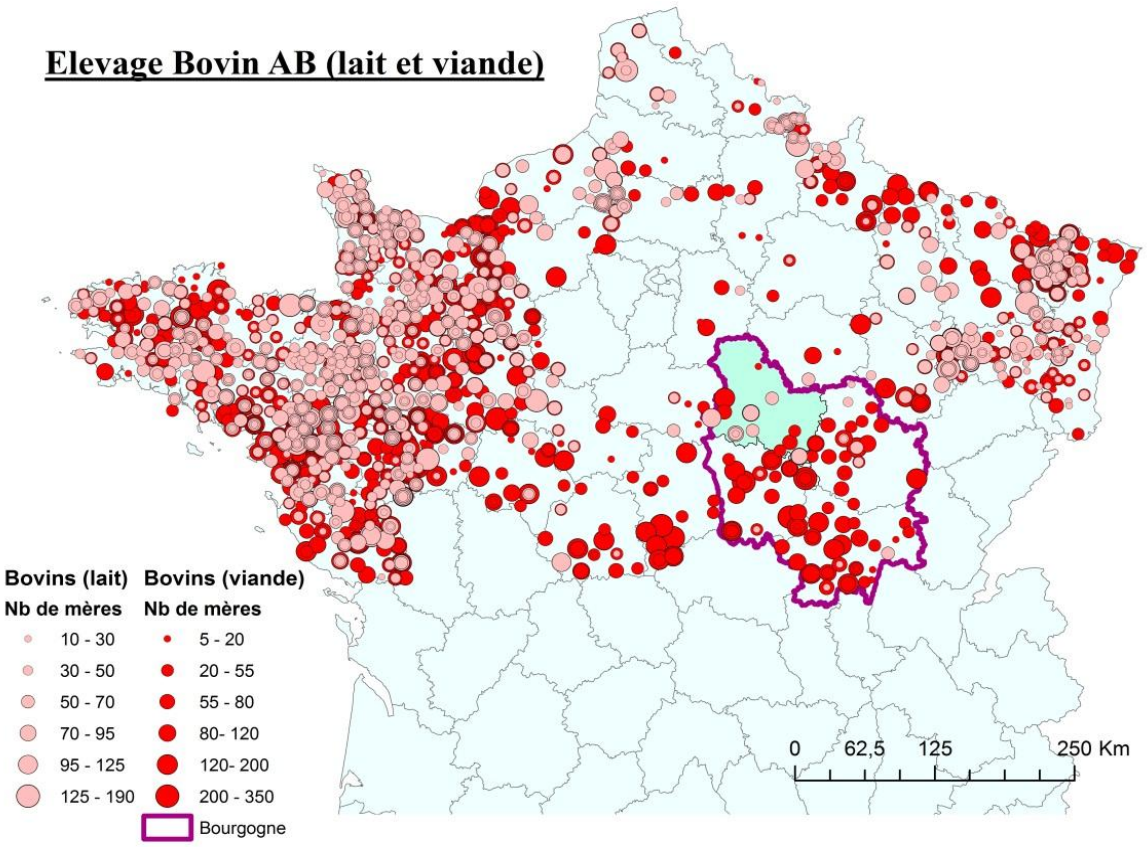


Figure 19 : Répartition des exploitations AB comprenant au moins un atelier d'élevage bovin (données compilées de l'Agence Bio, 2010).

En région Bourgogne, l'élevage bovin biologique suit la même tendance qu'en agriculture conventionnelle en étant essentiellement dédié aux troupeaux allaitants (85 % des exploitations). Les exploitations font en moyenne 137 ha avec 78 ha de surfaces toujours en herbe (***Figure 19***).

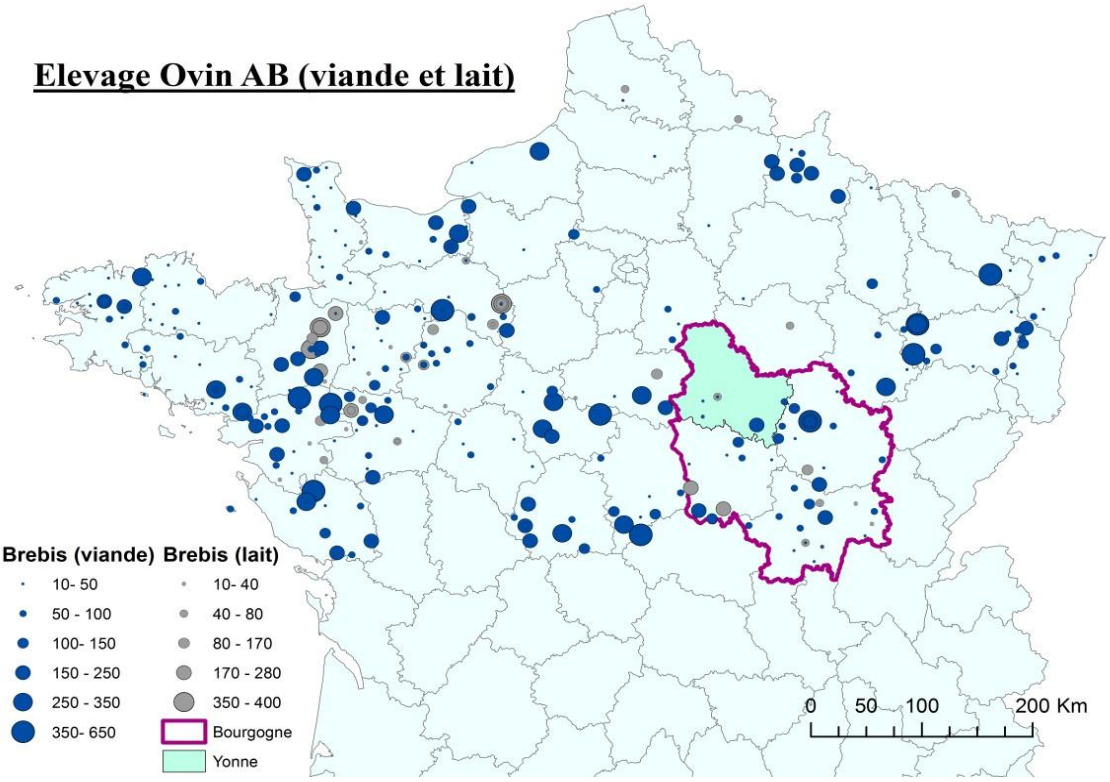


Figure 20 : Répartition des exploitations AB comprenant au moins un atelier d'élevage ovin (données compilées de l'Agence Bio, 2010).

De la même façon, l'élevage ovin est presque exclusivement dédié à la production de viande. Les exploitations possédant un atelier ovin viande ont une SAU moyenne de 90 ha (*Figure 20*). Ces élevages allaitants sont fondés sur la valorisation des prairies qui représentent 54 % de la SAU pour produire majoritairement des agneaux à l'herbe.

Près de deux tiers des élevages ovins sont en association avec un autre atelier d'élevage herbivore (caprin et/ou bovin). Ce taux de mixité s'explique par une bonne complémentarité entre les espèces, tant du point de vue de leur comportement au pâturage que d'un point de vue trésorerie avec des cycles de productions différents.

En 2010, 168 exploitations avec présence d'herbivores (bovins, ovins, caprins) étaient conduites en agriculture biologique en Bourgogne (*Figure 21*). Deux tiers de ces exploitations possèdent des grandes cultures. Elles s'étendent en moyenne sur 135 ha, avec 33 ha de céréales-oléagineux-protéagineux, 32 ha de cultures fourragères et 66 ha de surfaces toujours en herbe.
Le tiers restant de ces exploitations possédant au moins un atelier d'élevage herbivore, leur SAU moyenne est alors de 48.5 ha avec près de 90 % des surfaces toujours enherbées.

Bien que la complémentarité entre élevage et culture fasse de la polyculture-élevage le système le plus adapté à l'agriculture biologique, il existe un grand nombre d'exploitations de grandes cultures sans élevage (*Figure 22*). Elles font en moyenne 109 ha et produisent des céréales-oléagineux-protéagineux sur 62 ha, des

cultures fourragères sur 20 ha, et possèdent 18 ha de surfaces toujours en herbe (autres cultures sur 4 ha, et jachères sur 4 ha).

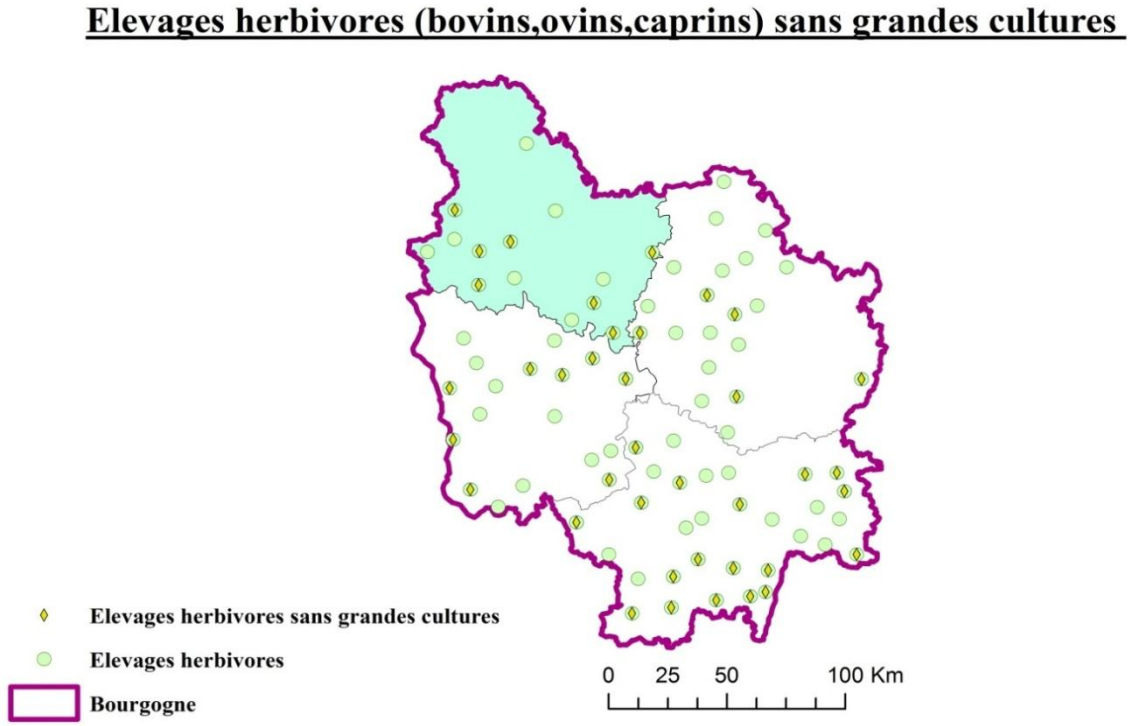


Figure 21 : Distributions des exploitations AB possédant un atelier d'élevage avec au moins un herbivore, et proportion de ces exploitations qui ne cultivent aucunes grandes cultures (données compilées Agence Bio, 2010).

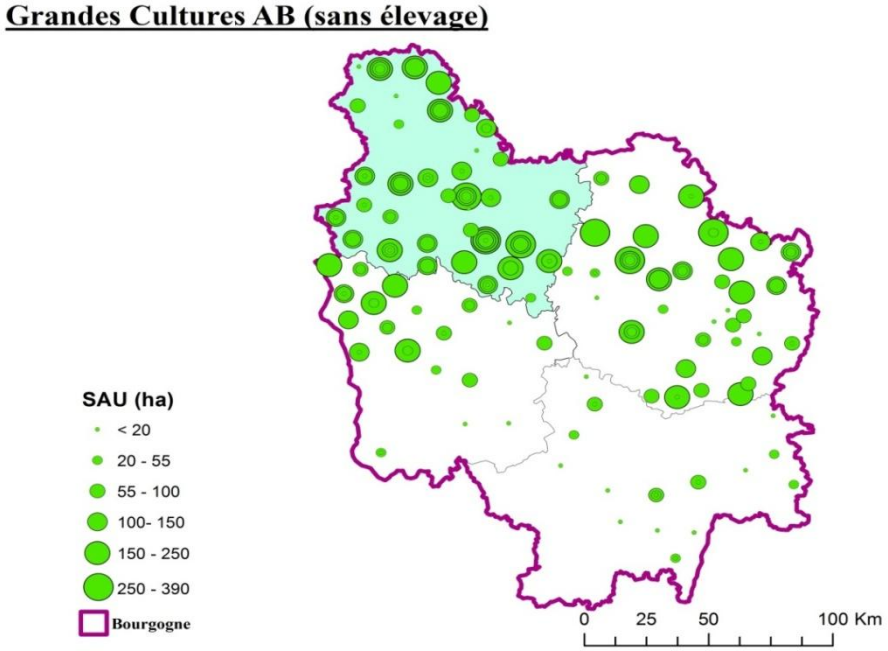


Figure 22 : ***Distribution des exploitations AB de grandes cultures sans élevage (données compilées de l'Agence Bio, 2010).***

Ces cartes nous révèlent que l'agriculture biologique s'inscrit en écho à la spécialisation conventionnelle des territoires et à l'organisation des filières qui lui est associée. L'élevage est majoritairement implanté dans les trois départements sud de la région, alors que l'Yonne concentre les exploitations de grandes cultures.

Si en agriculture conventionnelle la spécialisation agricole des territoires est associée à un recours massif aux intrants de synthèse, en agriculture biologique, le risque de la rupture entre culture et élevage se situe au niveau d'un recours massif à des sources d'azote organique exogènes et d'un défaut de débouchés pour les co-produits des céréales, pouvant conduire à des surplus azotés considérables en l'absence de valorisation.

Le problème de la cohérence agronomique de la spécialisation agricole ne renvoie pas directement au rejet des élevages spécialisés ou aux exploitations de grandes cultures mais à l'impérieuse nécessité de repenser l'organisation des territoires ruraux. Quelle est l'échelle pertinente pour bâtir un territoire de polyculture-élevage ?

4.2.3 Un retour innovant vers un territoire de polyculture-élevage

L'analyse de l'organisation géographique de l'agriculture biologique en région Bourgogne nous renseigne sur la faisabilité de l'établissement de liens entre des productions complémentaires, afin de redessiner une ou des échelles pertinentes pour équilibrer les flux d'azote.

Une première piste consisterait à renverser les tendances actuelles de spécialisation géographique pour réintroduire du cheptel au cœur du BAC de la Plaine du Saulce. On pourrait ainsi imaginer un plan de reconquête de l'élevage ovin. Le territoire possède pour cela un atout de taille, des conditions pédoclimatiques très favorables à la culture de la luzerne (la Champagne Ardennes, profitant des mêmes atouts, fait actuellement ce pari de la reconquête ovine, en élevage conventionnel cependant).
Outre, la valorisation des co-produits des céréales, la réintroduction de l'élevage permettrait de favoriser et de maintenir l'enherbement des zones les plus vulnérables avec de l'élevage extensif.
L'élevage ovin peut se concevoir autant comme une activité principale que comme une activité de complément en synergie avec la production de grandes cultures bio et offrant aux céréaliers une opportunité de diversification des revenus. Il s'agit de surcroit d'une activité favorable à l'installation de jeunes agriculteurs, puisqu'elle ne requiert que de faibles investissements (par rapport à l'élevage bovin) et que les agneaux peuvent être rapidement valorisés.

Une seconde voie serait de saisir l'opportunité de la proximité du grand bassin d'élevage que constitue le sud de la région Bourgogne avec notamment l'élevage charolais, pour mettre en place une filière directe de débouchés pour le fourrage produit sur le BAC. Il s'agirait ainsi de contribuer à relever le grand défi de l'autonomie protéique des élevages.

Si cette option de conversion totale en grandes cultures biologiques des surfaces céréalières du BAC est retenue, il faudra veiller très attentivement à l'organisation des débouchés des co-produits des céréales. Dans nos enquêtes sur une large moitié Nord de la France, nous avons montré que les surplus les plus élevés générés en agriculture biologique sont associées à des exploitations de grande culture ne valorisant pas cette production de fourrage riche en protéines. Un autre point de déséquilibre peut apparaître en entrée de ces systèmes spécialisés grandes cultures concernant l'origine de la fertilisation. En effet, alors que la fertilisation totale provient pour près de 90 % de la fixation symbiotique dans les exploitations d'élevage et polyculture-élevage (le reste étant couvert par les dépôts atmosphériques d'azote), les exploitations spécialisées en grandes cultures ont recours (30 % en moyenne) à des apports organiques exogènes, notamment en provenance de l'agriculture conventionnelle (vinasses, déchets de l'industrie agroalimentaires, fumiers…).
Cela nous permet d'insister sur l'importance de lier les thématiques et d'avoir une vision transversale pour bâtir des systèmes durables sur la base de choix agronomiques cohérents. Des choix cohérents autour de la complémentarité culture-élevage étaient déjà exprimés au XIXème siècle par Jacques Bujault : « les prés, le fourrage, le bétail et le fumier amènent le grain ; mais tout cela se tient, et si l'un manque, point de récolte ».

4.2.4 Production de biomasse à usage local

En complément de la ré-orientation agricole proposée ci-dessus, et concernant des surfaces beaucoup plus limitées, l'installation de cultures énergétiques pérennes pourrait être envisageables. Le miscanthus, ou des taillis à courtes rotations (saules ou peupliers en terres hydromorphes, noisetiers en terres séchantes) permettent des pertes en nitrate très faibles (Ferchaud et al., 2012), et est exempte de contamination en pesticides compte tenu de la faible importance des traitements (le désherbage initial peut être mécanique). Une telle solution ne saurait constituer un projet de territoire à grande échelle, et ne se justifie que dans la mesure où des chaudières collectives permettent un usage proche de l'élaboration de la biomasse et assurent un débouché sécurisé en énergie pour les prochaines décennies.

5 Conclusions

Aux captages de la Plaine du Saulce, l'évolution de la qualité de l'eau vis-à-vis des nitrates est à la fois le fait des pratiques actuelles et le résultat des pratiques menées il y a une vingtaine d'années. L'inertie du système aquifère, ne doit pas constituer un argument pour limiter les efforts de prévention des pollutions diffuses du fait de l'absence de résultats tangibles immédiats, mais au contraire motiver une réflexion pour des transformations durables.

L'analyse des pratiques agricoles réelles ou préconisées sur l'aire d'alimentation de captage par la méthode du bilan azoté de surface montre que l'on peut s'attendre à ce qu'aucune des actions engagées ne soient suffisantes pour permettre une amélioration notable de la qualité de l'eau. La généralisation des bonnes pratiques (application raisonnée des engrais azotés dans des rotations diversifiées, et utilisation systématique de cultures intermédiaires) s'avère absolument nécessaire pour stabiliser la situation mais elle ne permettra pas d'assurer la production d'une eau sous-racinaire satisfaisant aux exigences de potabilité en termes de contamination nitrique. Sauf à rentrer dans une logique d'usage exclusif du territoire entre agriculture ou production d'eau, une remise en cause profonde du modèle agricole actuel et des objectifs de rendements croissants qu'il implique est nécessaire.

Une série d'enquêtes menées dans des exploitations biologiques d'une large moitié Nord de la France, nous permet de proposer l'agriculture biologique comme un modèle alternatif crédible pour parvenir durablement au respect des normes de potabilité aux captages de la Plaine du Saulce. Cette agriculture montre à la fois une productivité élevée et une haute efficience d'utilisation de l'azote, amenant dans la plupart des cas à la production d'une eau sous-racinaire compatible avec les objectifs de restauration de la qualité de l'eau. Les meilleures performances sont obtenues dans les exploitations conduites en polyculture-élevage. On note qu'en moyenne à l'échelle d'une rotation, plus de la moitié de l'export azoté total est destiné à l'alimentation du bétail via la production de fourrage riche en protéine (luzerne). Il est donc absolument indispensable d'articuler les réflexions d'une transition possible vers l'agriculture biologique autour de la complémentarité entre culture et élevage pour éviter une sur-fertilisation des terres en l'absence de débouchés pour les produits récoltés à fort contenu azoté, ainsi qu'une dépendance à une fertilisation organique exogène.

Par l'analyse de l'organisation géographique des productions agricoles biologiques et conventionnelles en Bourgogne, il ressort deux échelles pertinentes pour bâtir un territoire de polyculture-élevage, le bassin d'alimentation de captage de la Plaine du Saulce et/ou la région Bourgogne. Ainsi, la complémentarité entre l'animal et le végétal au niveau du cycle de l'azote pourrait se faire à l'échelle du BAC par un retour innovant de l'élevage ovin et/ou par la mise en place à l'échelle régionale d'une filière directe de débouchés des co-produits des céréales biologiques produites sur les surfaces en grandes cultures du BAC.

Bibliographie

Arrete N° DDT-SEM-2011-002 du 27 juin 2011 fixant le programme d'actions à mettre en œuvre dans la zone de protection de l'aire d'alimentation des captages d'eau potable de la communauté des communes de l'Auxerrois dit « captages de la Plaine du Saulce » situés sur la commune d'Escolives-Sainte-Camille et visant la restauration de la qualité de l'eau.

Association pour la Qualité de l'eau de la Plaine du Saulce, 2012. Bassin d'alimentation des captages de la Plaine du Saulce. Synthèse des actions 2006-2012. Comité scientifique.

Ayraud, V. (2006). *Détermination du temps de résidence des eaux souterraines : application au transfert d'azote dans les aquifères fracturés hétérogènes*. *Mémoires du CAREN* (Vol. 14, p. 298). Rennes.

BRGM, 2010. Rapport d'expertise : Avis sur les limites Nord du bassin d'alimentation du champ captant de la Plaine du Saulce à Escolives-Sainte-Camille alimentant la ville d'Auxerre (Yonne). BRGM/RP-58250-FR

Chapotin, 2010. Intérêts des systèmes de production intégrés dans la préservation de la qualité de l'eau : simulation en grandes cultures sur un bassin d'alimentation de captage. Rapport de stage. Agrocampus-Ouest-INHP.

Constantin, J., Beaudouin, N., Laurent, F., Cohan, JP, uyme, F., Mary, B., 2011. Cumulative effects of catch crops on nitrogen uptake, leaching and net mineralization. Plant Soil 341:137-154.

De Vries, W., Leip, A., Reinds G.J., Kros J., lesschen, J.P., Bouwman, A.F., 2011. Comparison of land nitrogen budgets for European agriculture by various modeling approaches. Environmental Pollution, 159, 3254-3268.

Horizons, 1997. Protection du champ de captage de la Plaine du Saulce. Etude Q 6102.

Marsily (de) G., 2002. Vers des Parcs Naturels Hydrologiques. Le monde diplomatique, Manière de Voir, « la ruée vers l'eau », n°65, 88-91.

Obert, E., 2011. Analyse des pratiques agricoles observées et préconisées sur les bassins d'alimentation de captages Auxerrois : modélisation du lessivage des nitrates. Mémoire M2 Institut national supérieur des sciences agronomiques de l'alimentation et de l'environnement.

Onema, O., Kros, H., de Vries, W., 2003. Approaches and uncertainties in nutrient budgets: implications for nutrient management and environmental policies. European Journal of Agronomy, 20, 3-16.

Sciences Environnement, 2010. Communauté de l'Auxerrois (89). Etude préalable à l'avis de l'hydrogéologue agréé. Champ captant de la Plaine du Saulce à Escolives-Sainte-Camille.

Van Beek, C.L., Brouwer, L., Oenema, O., 2003. The use of farmgate balances and soil surface balances as estimator for nitrogen leaching to surface water. Nutrient Cycling in Agrosystemes, 67, 2333-244.

Résumé

Les captages de la Plaine du Saulce, au Sud d'Auxerre, en rive gauche de l'Yonne, subissent depuis le début des années 1990 une contamination nitrique importante. Ils contribuent pour un tiers à l'approvisionnement en eau potable des 60 000 habitants de la communauté de communes d'Auxerre, en sollicitant la ressource contenue dans l'aquifère des calcaires du Séquanien. Le choix avant-gardiste à l'époque d'une politique préventive concertée, entre un territoire producteur, la campagne, et un territoire consommateur, la ville, s'est concrétisé par la création en 1998 de l'Association pour la Qualité de l'Eau de la Plaine du Saulce. Cela a permis d'initier une dynamique territoriale de concertation et d'échanges entre les différents acteurs, et de porter un programme d'actions visant à réduire la contamination, principalement nitrique, de l'hydrosystème. Ce programme a consisté dans diverses mesures visant l'assainissement des eaux usées des communes, la prévention des pollutions accidentelles et l'accompagnement des agriculteurs dans l'amélioration de leurs pratiques. Aujourd'hui, l'absence de résultats tangibles aux captages cristallise de plus en plus les discussions à l'Association. Les agriculteurs commencent à douter de la pertinence des efforts concédés, tandis que les collectivités s'interrogent sur l'impact des investissements réalisés dans le préventif et pourraient se tourner vers un renforcement des mesures réglementaires et coercitives (arrêté préfectoral de juin 2011). L'absence de résultats probants sur le niveau de contamination nitrique peut provenir tant de l'inertie du système hydrologique que de l'insuffisance des actions engagées.

L'évolution des teneurs en nitrates au captage est étroitement liée au temps de vidange de l'aquifère. Les analyses de datation des eaux par dosage des gaz anthropiques CFCs et SF6, ont permis d'estimer un âge moyen des eaux prélevées d'environ 25 ans. La mise en place d'un dispositif de ré-infiltration d'eau de nappe alluviale peu chargée en nitrates dans la nappe des calcaires à partir d'une gravière permettra d'éviter des dépassements ponctuels en cas de pics temporaires de contamination, mais cette mesure curative n'a pas vocation à résoudre le problème posé par l'accroissement régulier de la contamination nitrique de fond.
Le temps de latence de l'aquifère impose de débuter dès à présent des actions fortes, au travers de scenarii d'évolutions des pratiques qui s'inscrivent dans une réflexion de longue durée plutôt que de multiplier des mesures avec des impacts faibles ou incertains.

L'analyse par la méthode du bilan azoté de surface des pratiques agricoles réelles ou préconisées par le biais de MAET (mesures agroenvironnementales territorialisées) et inscrites dans l'arrêté préfectoral « captage Grenelle » de la Plaine du Saulce, montre qu'aucunes des actions engagées ne seront suffisantes pour permettre une amélioration notable de la qualité de l'eau. La généralisation des bonnes pratiques (application raisonnée des engrais azotés dans des rotations diversifiées, et utilisation systématique de cultures intermédiaires) s'avère absolument nécessaire pour stabiliser la situation mais elle ne permettra pas d'assurer la production d'une eau sous-racinaire satisfaisant aux exigences de potabilité en termes de contamination nitrique. Sauf à rentrer dans une logique d'usage exclusif du territoire entre agriculture ou production d'eau, s'impose une profonde remise en cause du modèle agricole actuel et des objectifs de rendements croissants qu'il implique.

Une série d'enquêtes menées dans des exploitations biologiques d'une large moitié Nord de la France, nous permet de proposer l'agriculture biologique comme un modèle alternatif crédible pour minimiser durablement les risques de contamination nitrique, tout en proposant un projet territorial d'ensemble pour l'Auxerrois. On observe que les meilleures performances sont obtenues dans les exploitations conduites en polyculture-élevage. En moyenne à l'échelle d'une rotation, plus de la moitié de l'export azoté total est destiné à l'alimentation du bétail via la production de fourrage riche en protéine (luzerne). Il est donc absolument indispensable d'articuler les réflexions d'une transition possible vers l'agriculture biologique autour de la complémentarité entre cultures et élevage pour éviter soit une sur-fertilisation des terres en l'absence de débouchés pour les produits récoltés à fort contenu azoté, soit une dépendance à une fertilisation organique exogène.
Par l'analyse de l'organisation géographique des productions agricoles biologiques et conventionnelles en Bourgogne, il ressort deux échelles pertinentes pour bâtir un territoire de polyculture-élevage, le bassin d'alimentation de captage de la Plaine du Saulce et/ou la région Bourgogne. Ainsi, la complémentarité entre l'animal et le végétal au niveau du cycle de l'azote pourrait se faire à l'échelle du BAC par un retour innovant de l'élevage ovin et/ou par la mise en place à l'échelle régionale d'une filière directe de débouchés des co-produits des céréales biologiques produites sur les surfaces en grandes cultures du BAC.