LE MEILLEUR DES DÉMONSTRATIONS EN EUROPE

THE BEST OF ALL DEMONSTRATIONS IN EUROPE

Agriculture et qualité de l'eau:

Peut-on concilier la production alimentaire et la production d'eau potable?

Gilles BILLEN, UMR Metis, CNRS/UPMC

23 & 24 SEPTEMBRE 2015

tech & bio

Une initiative Chambres d'Agriculture

Avec le soutien de

UNION EUROPEENNE

L'EUROPE S'ENGAGE en Rhône-Alpes

ONEMA Office national de l'eau et des milieux aquatiques

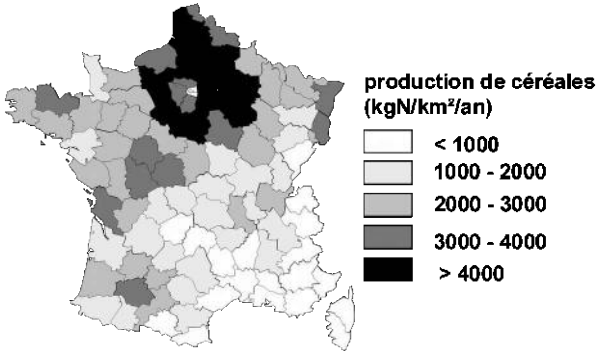
ÉCOPHYTO RÉDUIRE ET AMÉLIORER L'UTILISATION DES PHYTOS

L'agriculture française à la croisée des chemins:

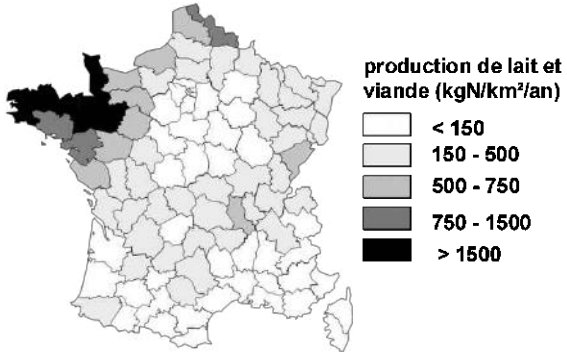
Une agriculture céréalière très productive et exportatrice

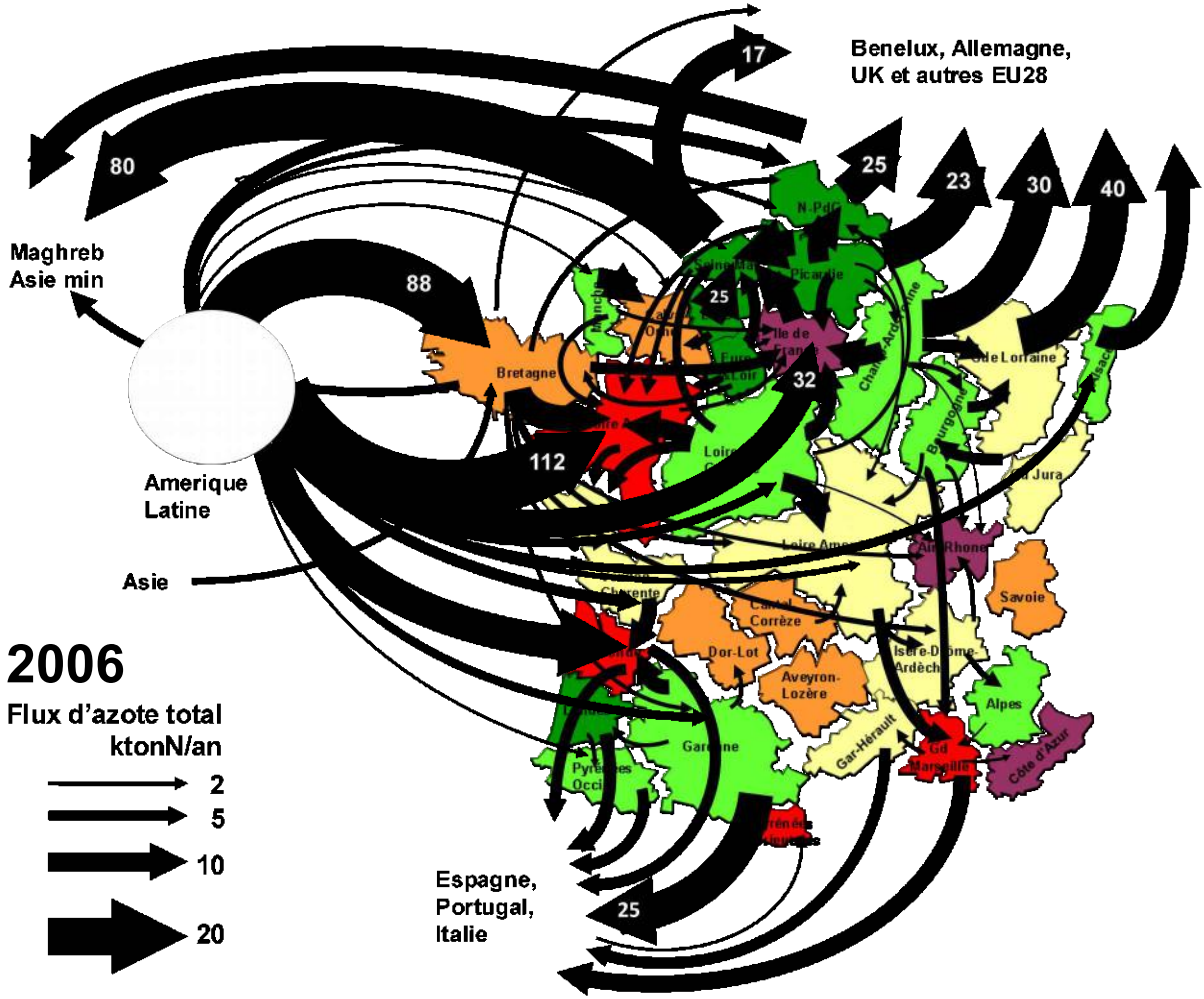
Un élevage très dépendant des importations de protéagineux

Céréales



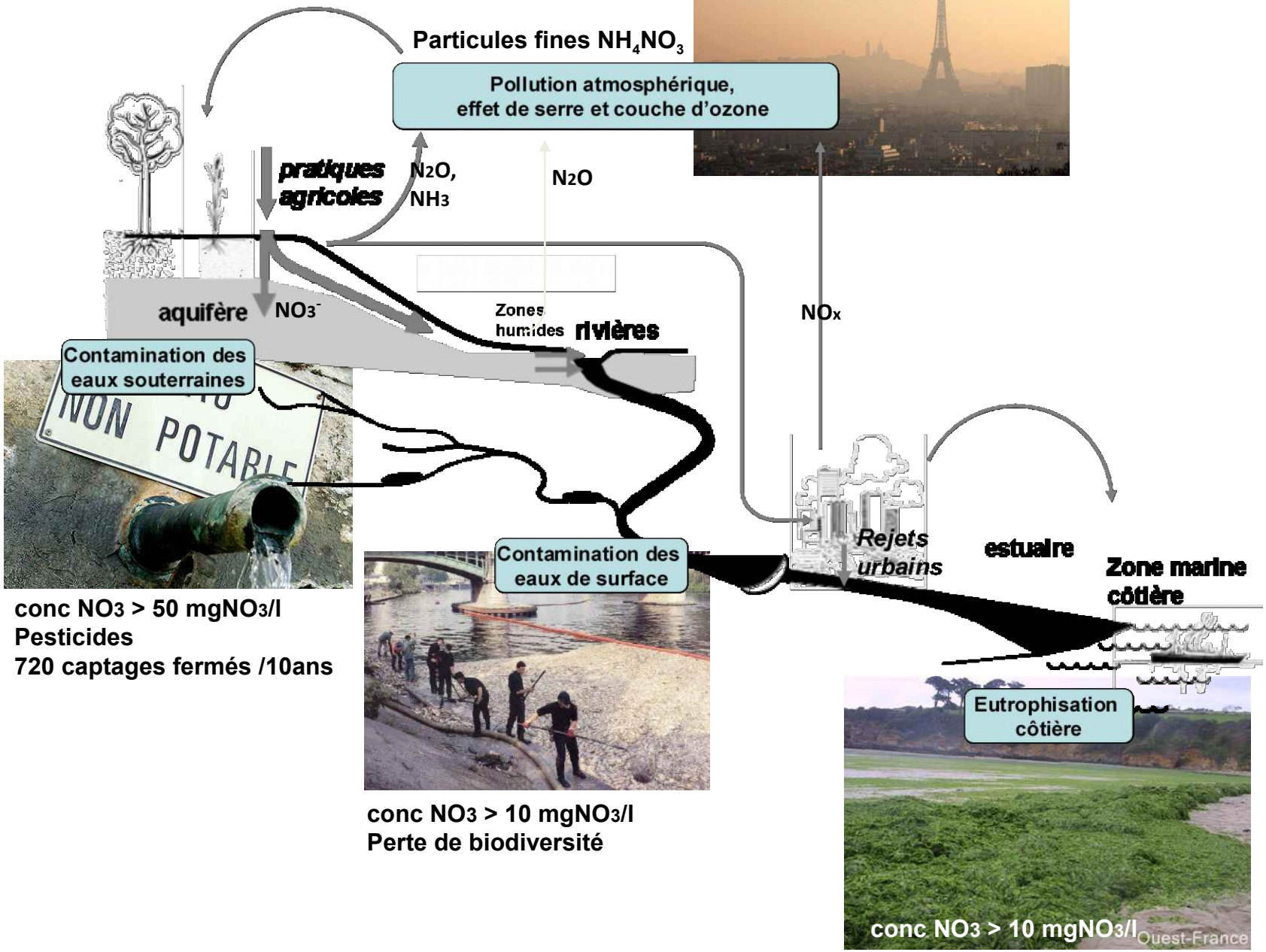
Viande et lait





Le Noé et al. (2015). Cahiers Agricultures

Pertes environnementales d'azote



?

Pourquoi ces pertes d'azote?

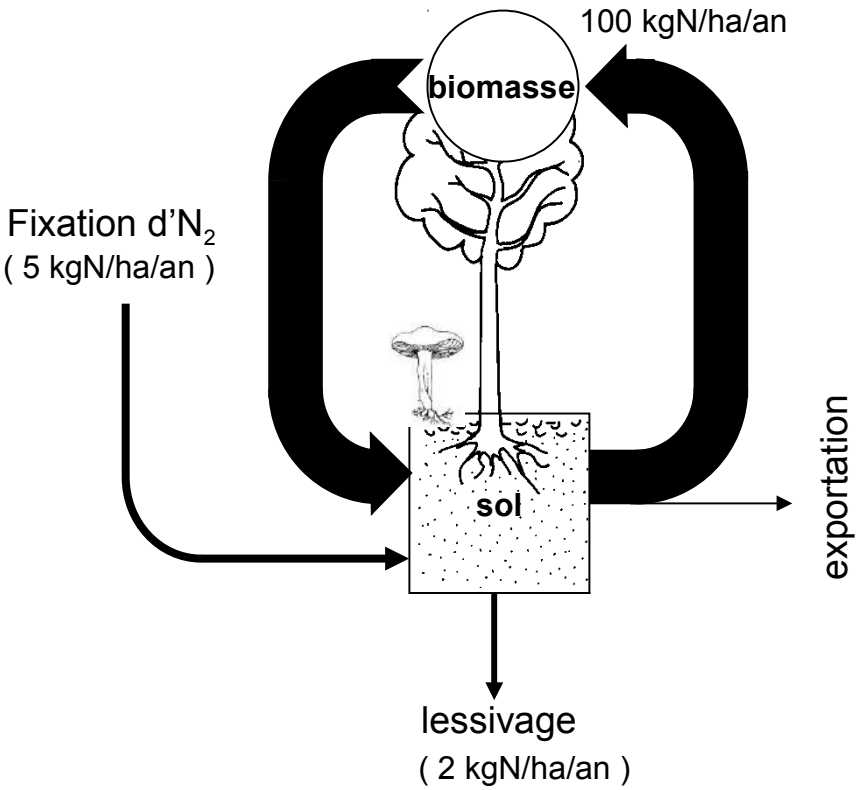
Peut-on les éviter… sans réduire le niveau de production?

L'agriculture biologique émet-elle moins de nitrates dans l'environnement que l'agriculture conventionnelle?

L'exemple de l'agriculture du bassin parisien dans une perspective historique

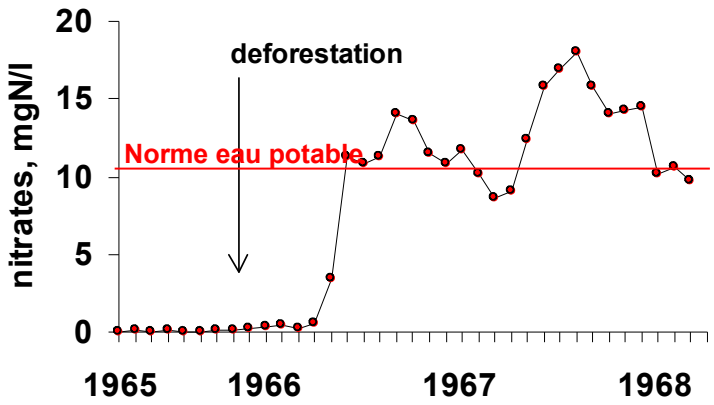
1. Pourquoi l'agriculture est source de nitrates ?

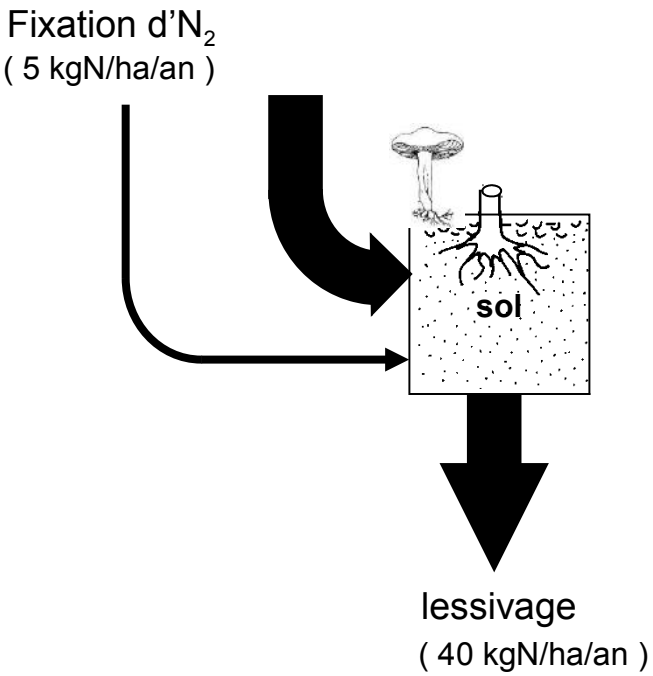
Un détour par la forêt: le cycle fermé de l'azote



Hubbard Brook (Likens & Bormann, 1972)

Lessivage lors d'un coupe à blanc de la forêt





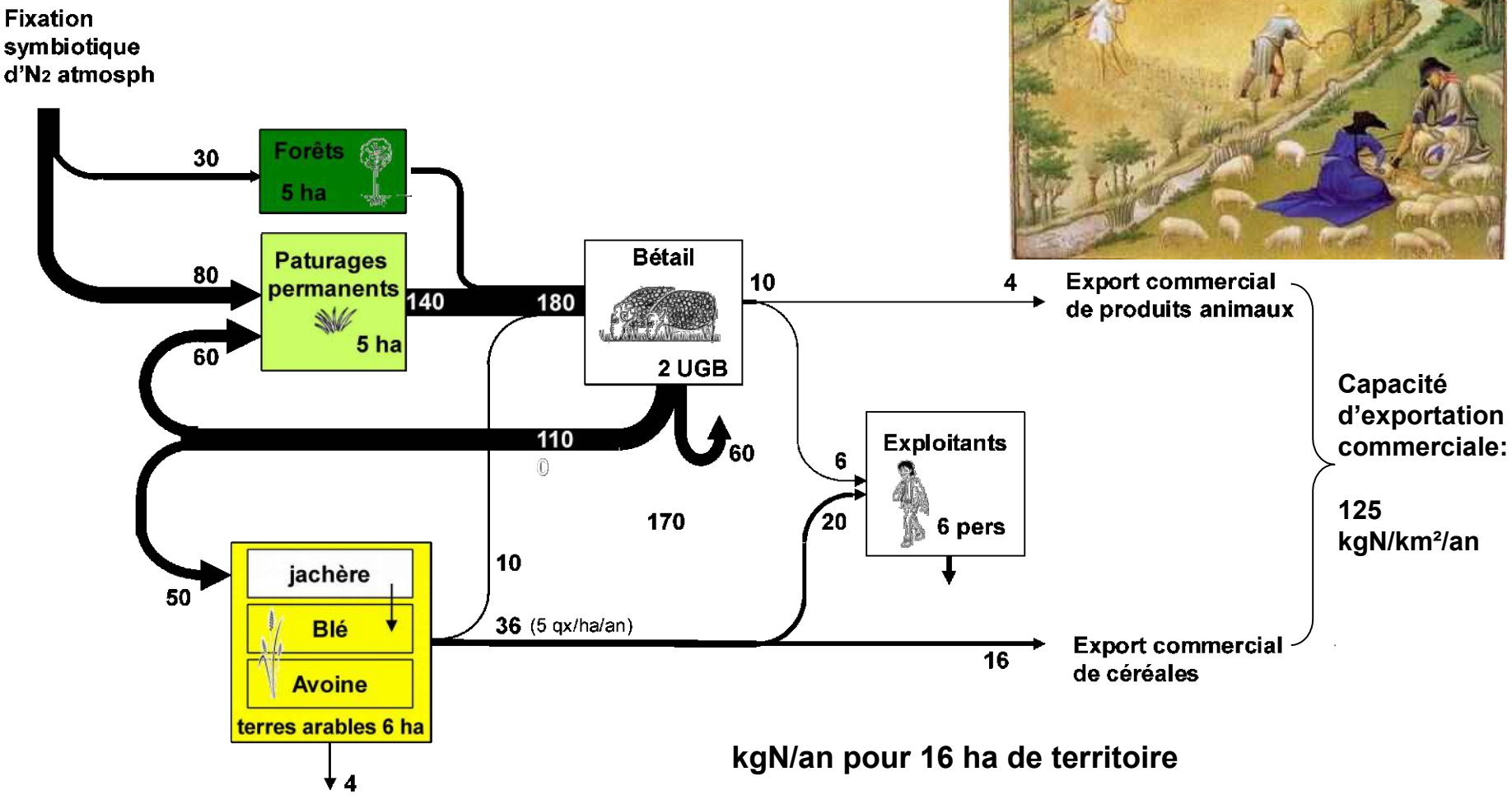
L'agriculture dans un contexte de rareté de l'azote

Ensemble de pratiques permettant d'exporter des protéines d'un écosystème tout en assurant la restitution au sol d'une quantité d'azote équivalente

Agriculture itinérante sur brulis avec longue jachère forestière

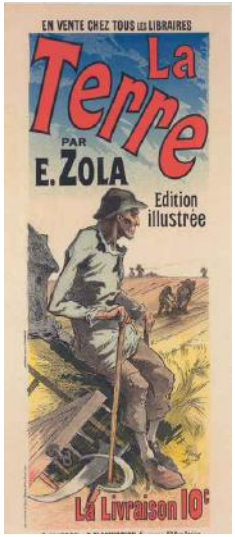
Agriculture de décrue

Agriculture-Elevage à assolement triennal de l'Europe occidentale (XIIe siècle)



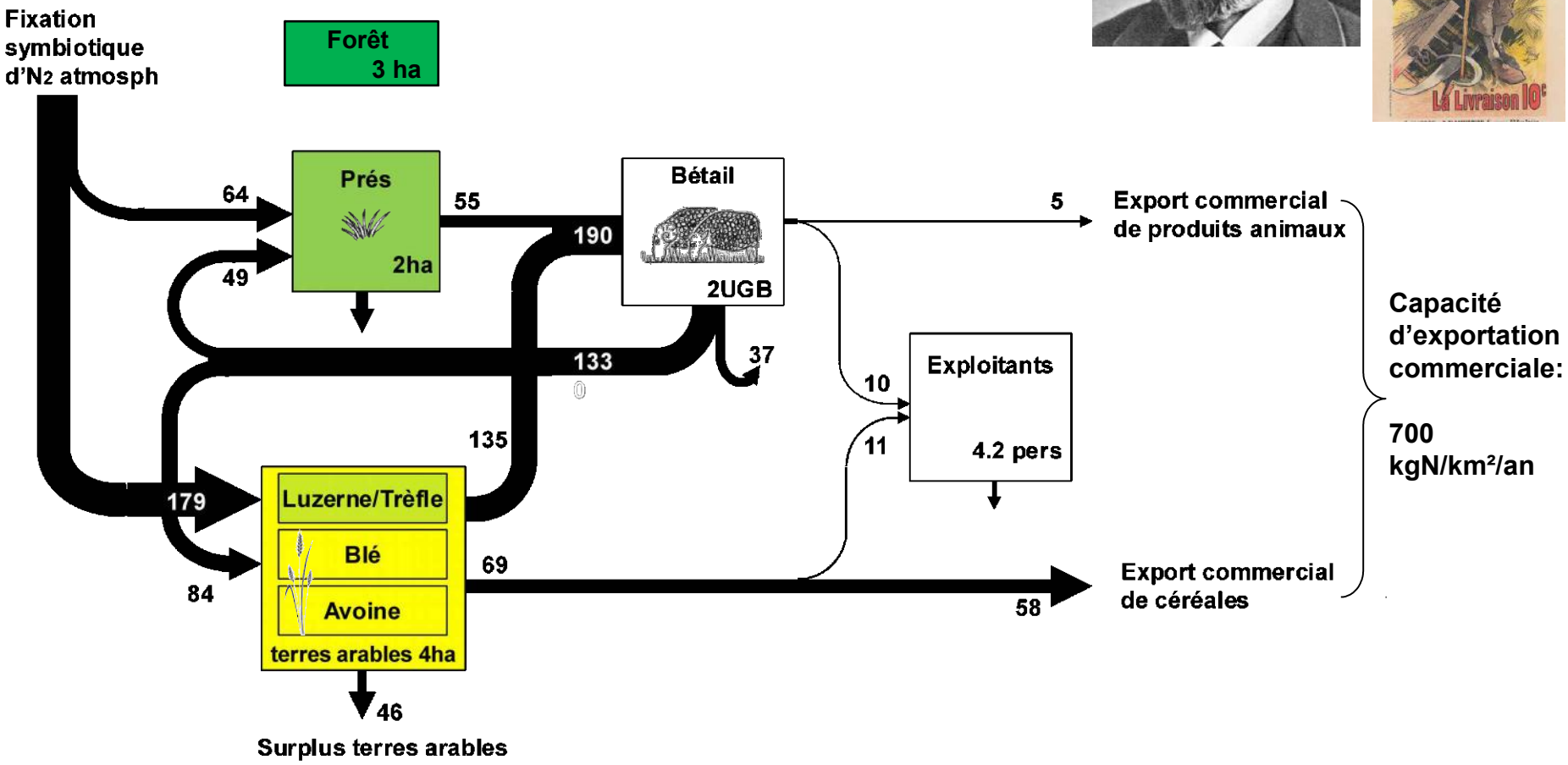
kgN/an pour 16 ha de territoire

Fin XIXe s:
Agriculture-Elevage à assolement triennal sans jachère



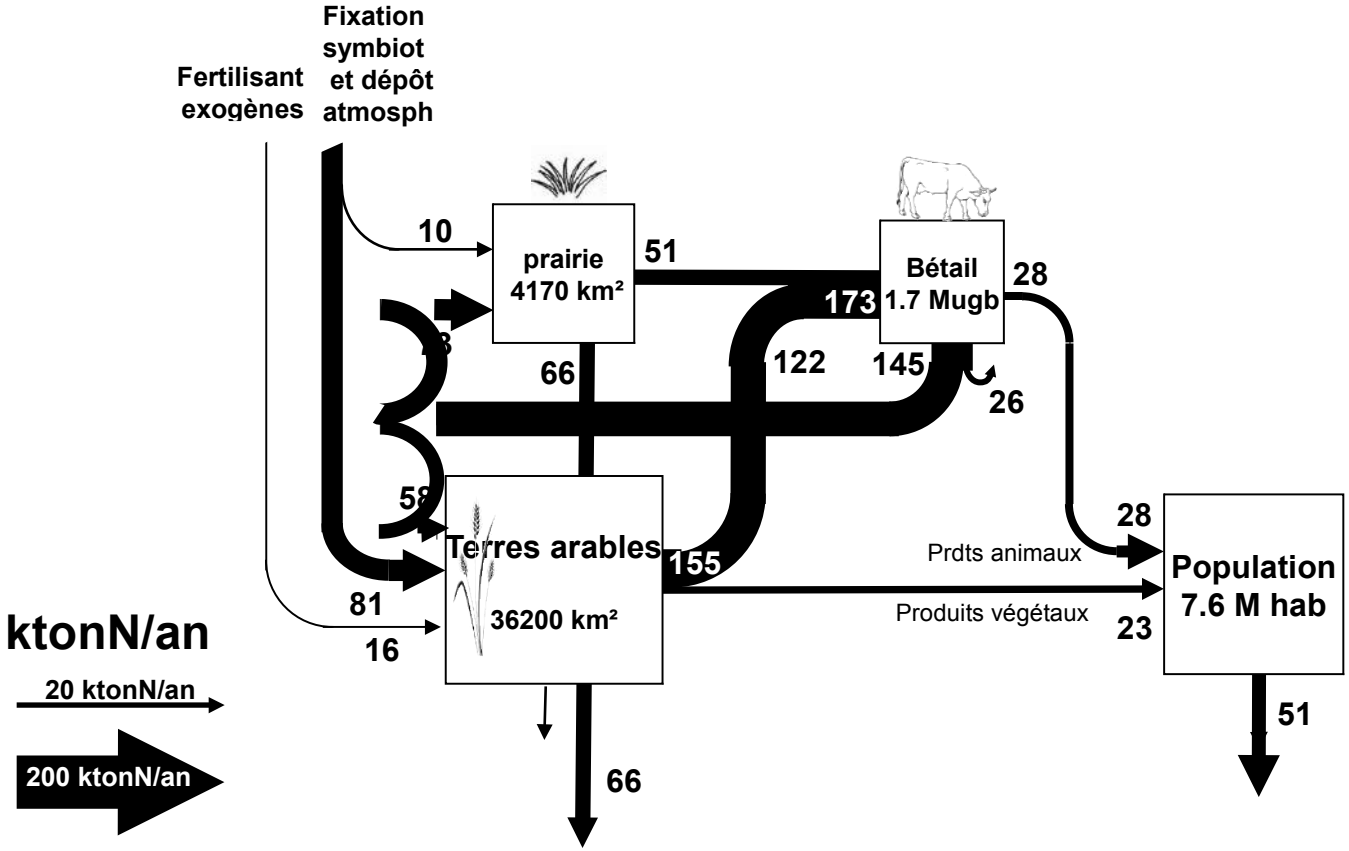
Ferme des Butau (6 ha)

Flux d'azote en kgN/an sur 6ha de SAU

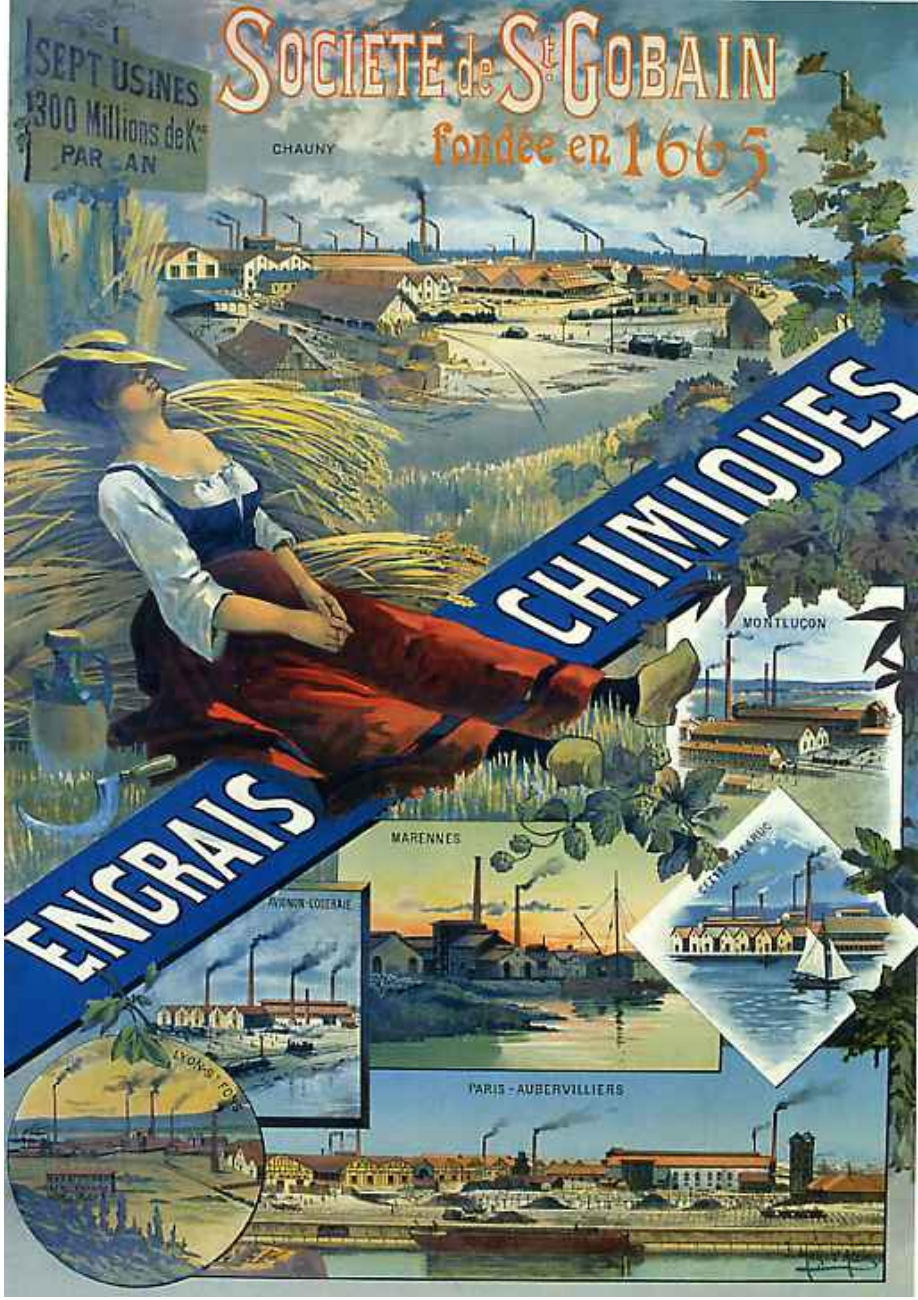


Anglade et al (2015) VertigO

Bassin de la Seine (69000 km²) 1896



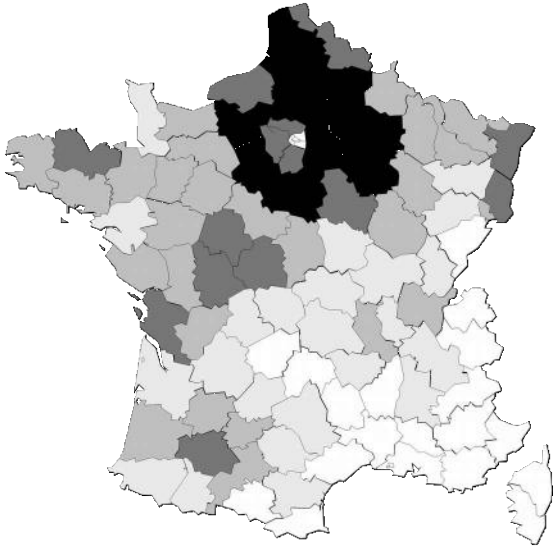
Fin XIXe siècle : Complémentarité Agriculture-Elevage



Deuxième moitié du XXe siècle : L'Agriculture, activité aval de l'Industrie Chimique lourde

Spécialisation de l'agriculture dans le Nord de la France 2006

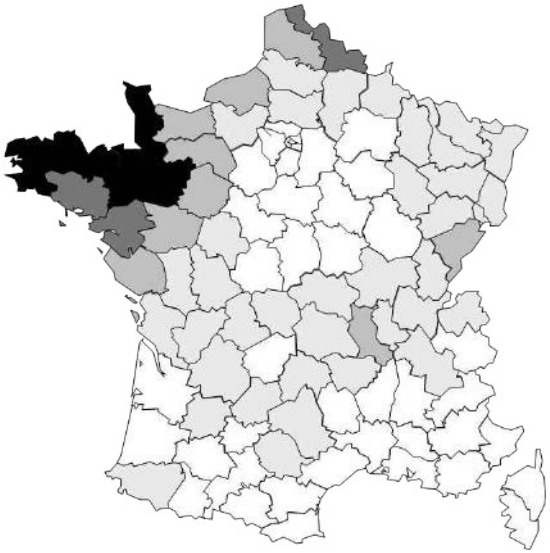
Très forte différentiation territoriale



Céréales

production de céréales (kgN/km²/an)

- < 1000
- 1000 - 2000
- 2000 - 3000
- 3000 - 4000
- > 4000

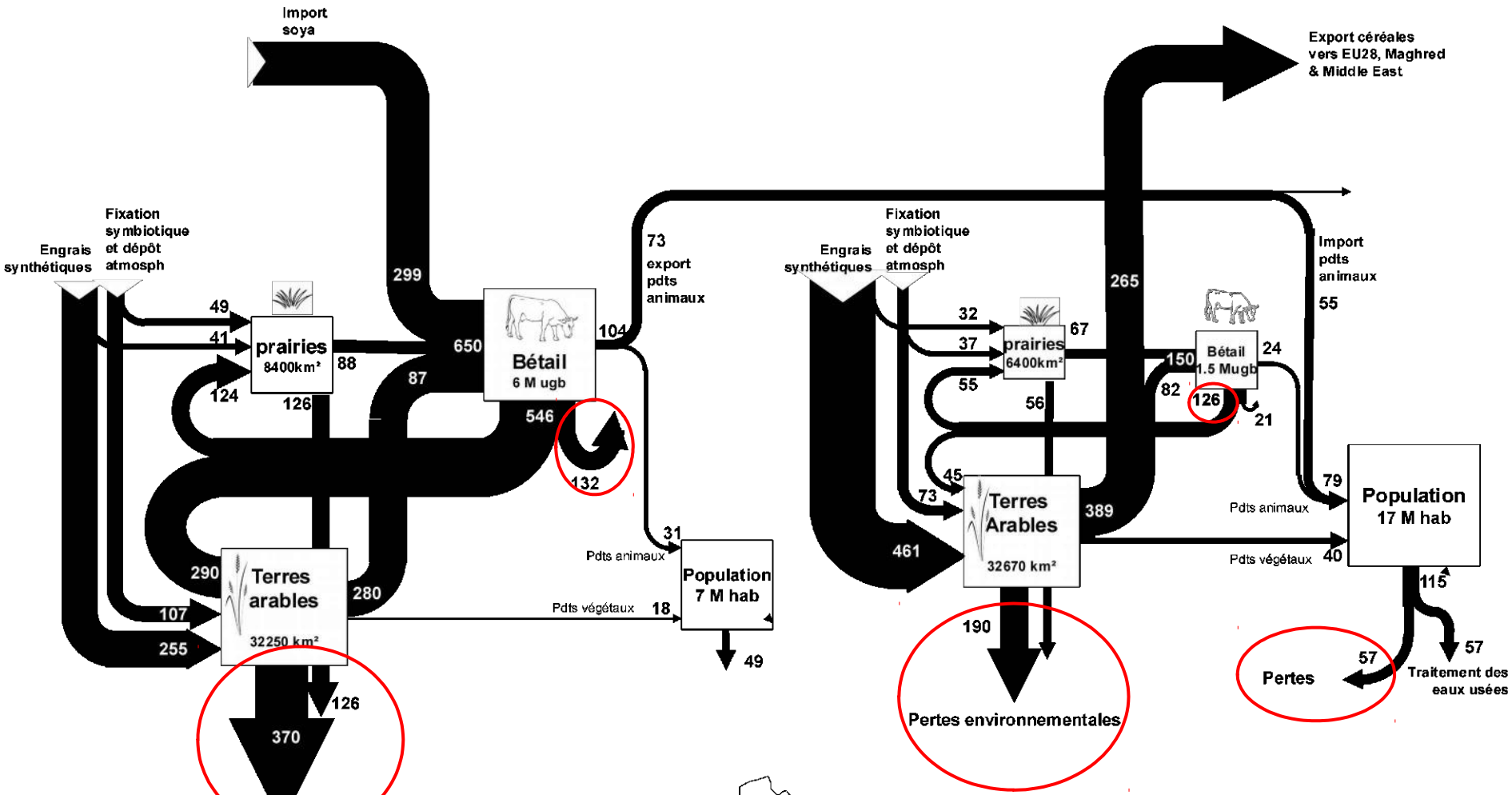


Viande et lait

production de lait et viande (kgN/km²/an)

- < 150
- 150 - 500
- 500 - 750
- 750 - 1500
- > 1500

Le système agro-alimentaire du bassin de la Seine en 2006



ktonN/an

Grand Ouest
(65200km²)

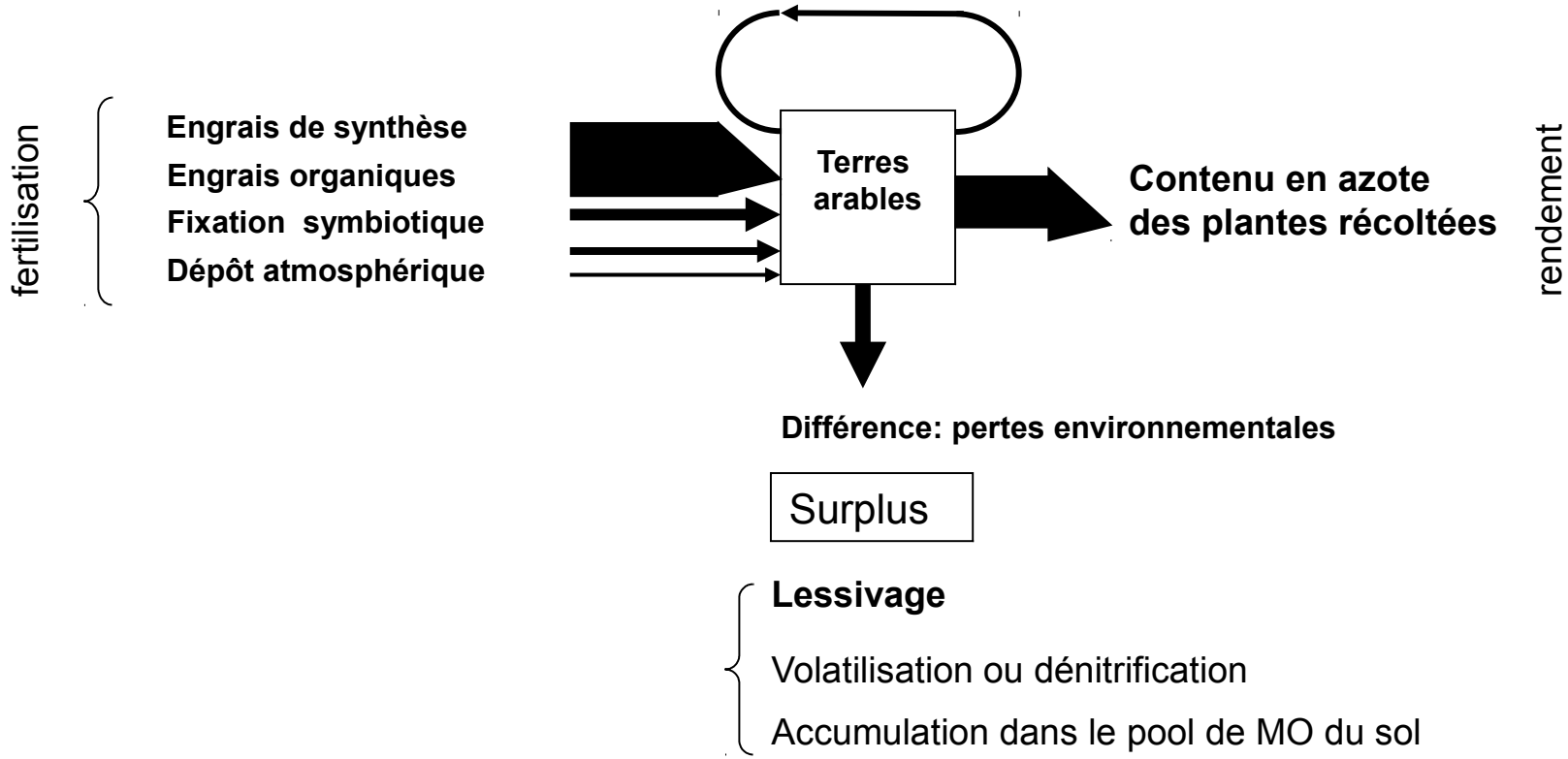
Bassin de la Seine
(69000km²)

Les fuites d'azote de l'agriculture conventionnelle

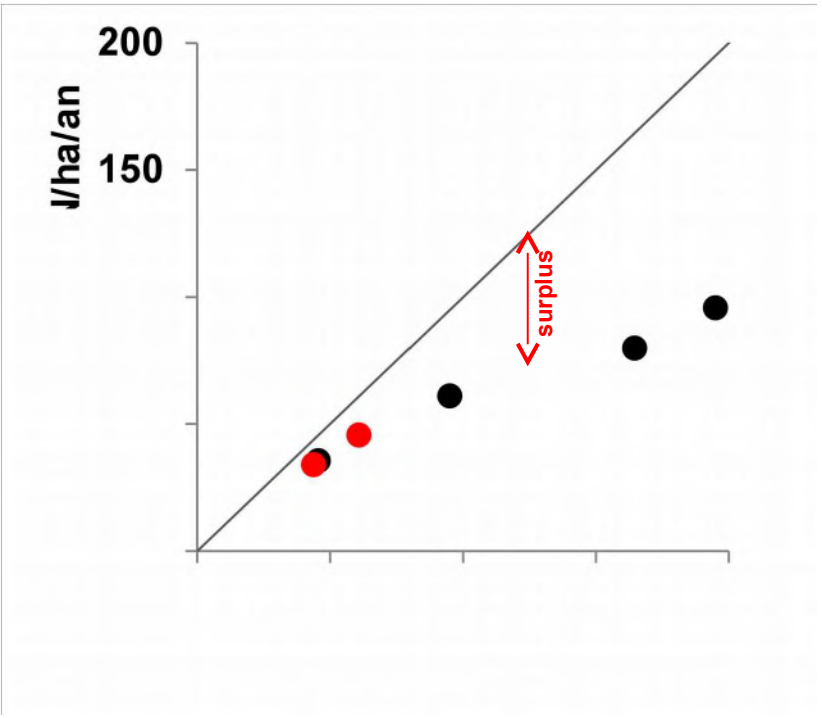
Bilan d'azote du sol, intégré sur l'ensemble de la rotation

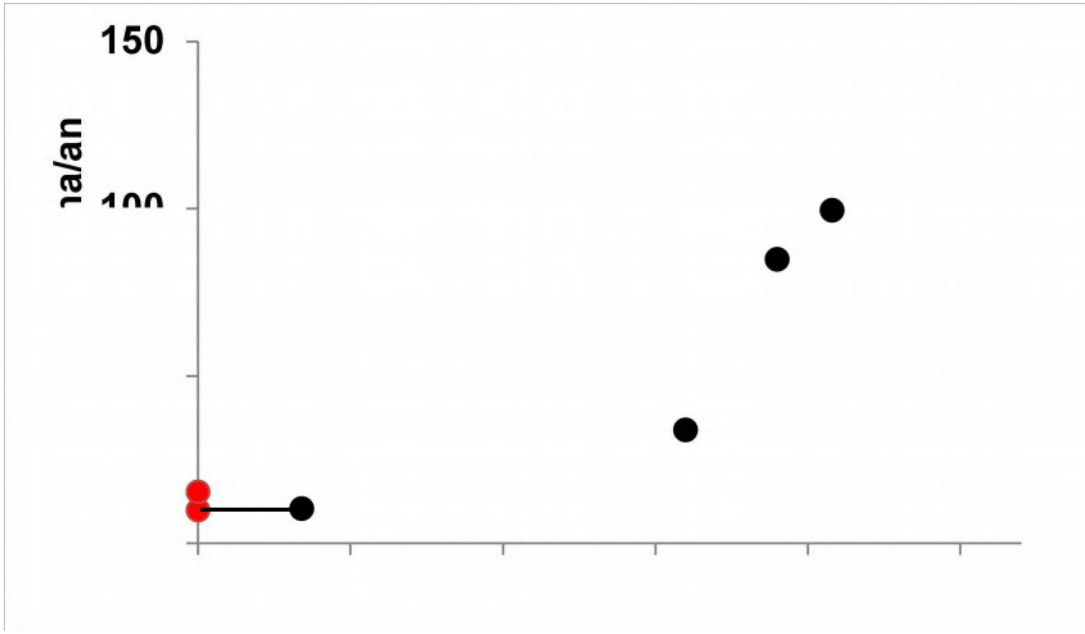
Entrées = Fertilisation totale

Sorties = Récolte

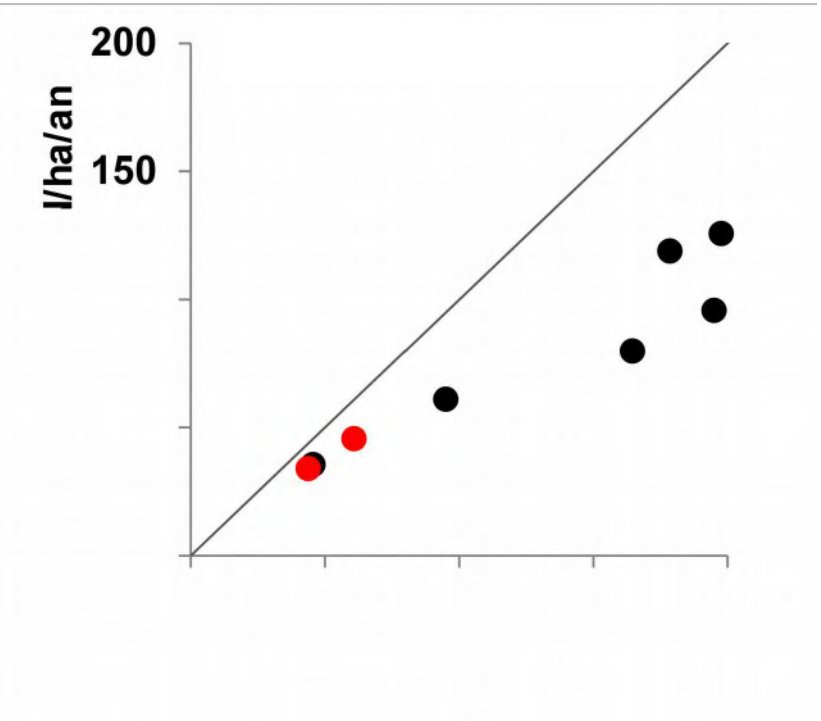


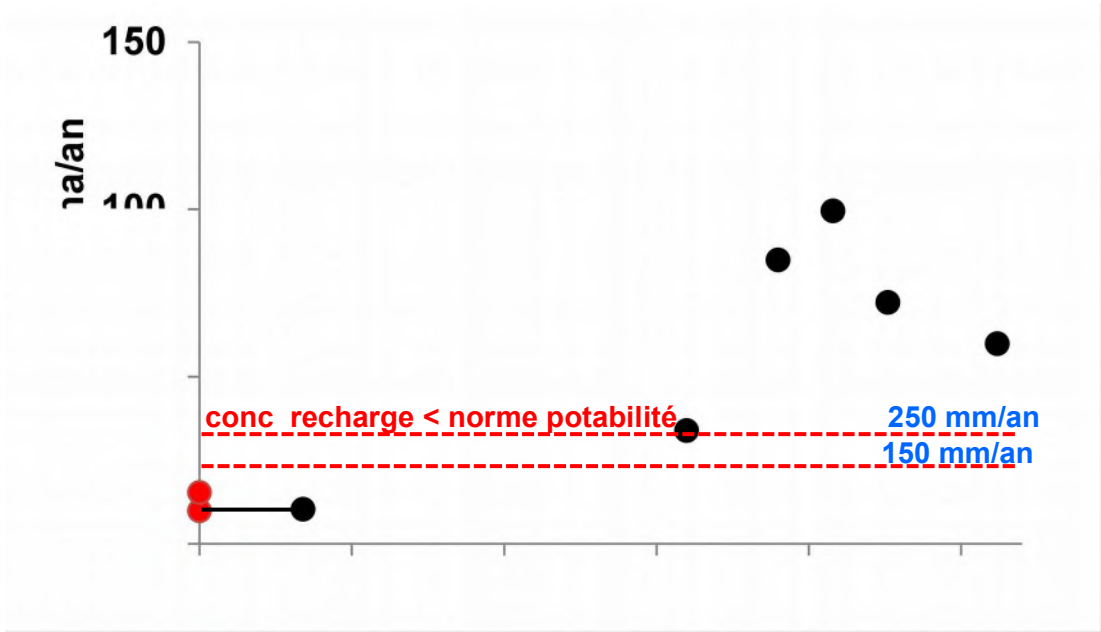
La trajectoire rendement – fertilisation dans le bassin de la Seine

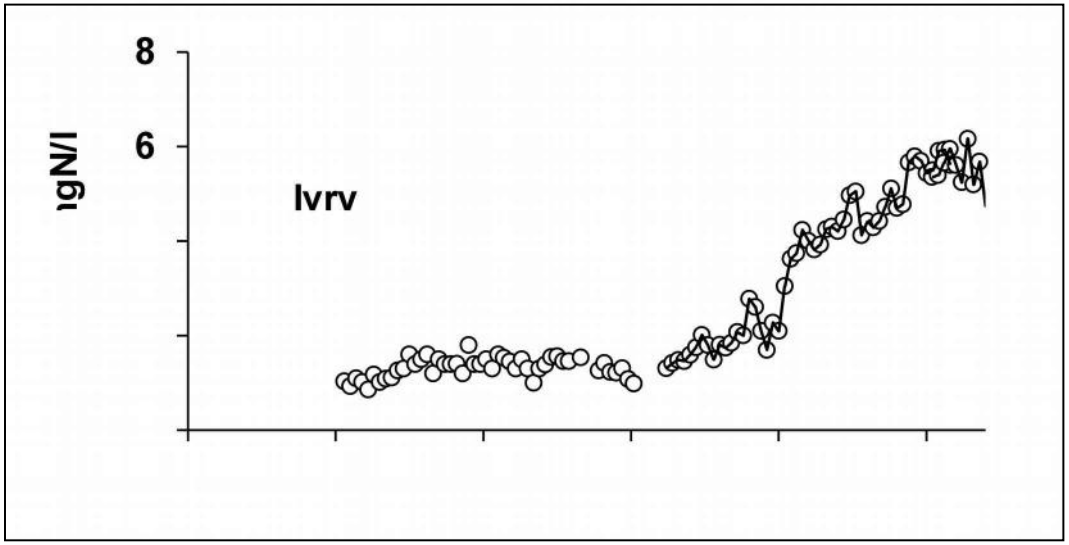




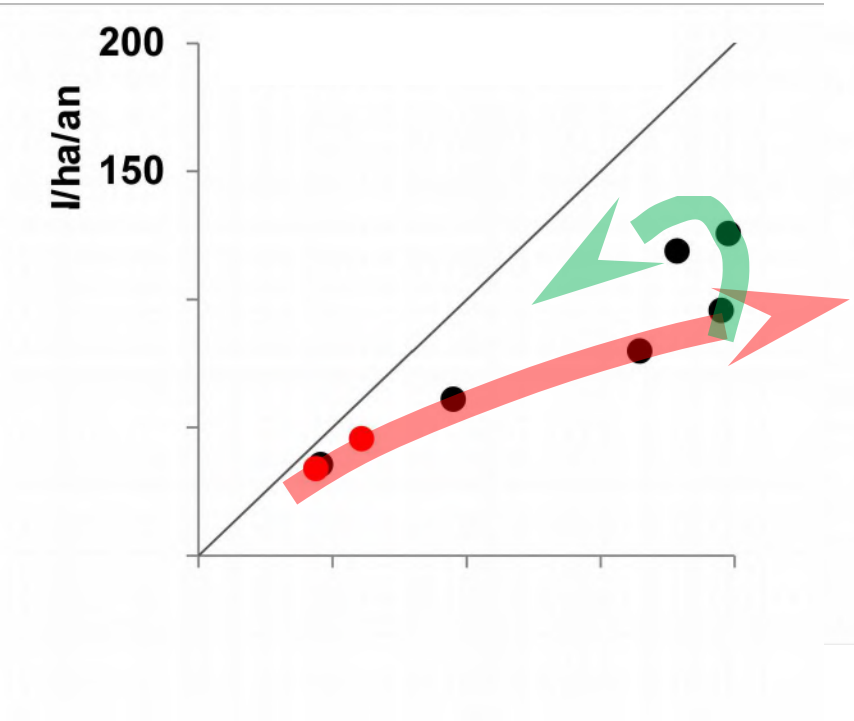
La trajectoire rendement – fertilisation dans le bassin de la Seine

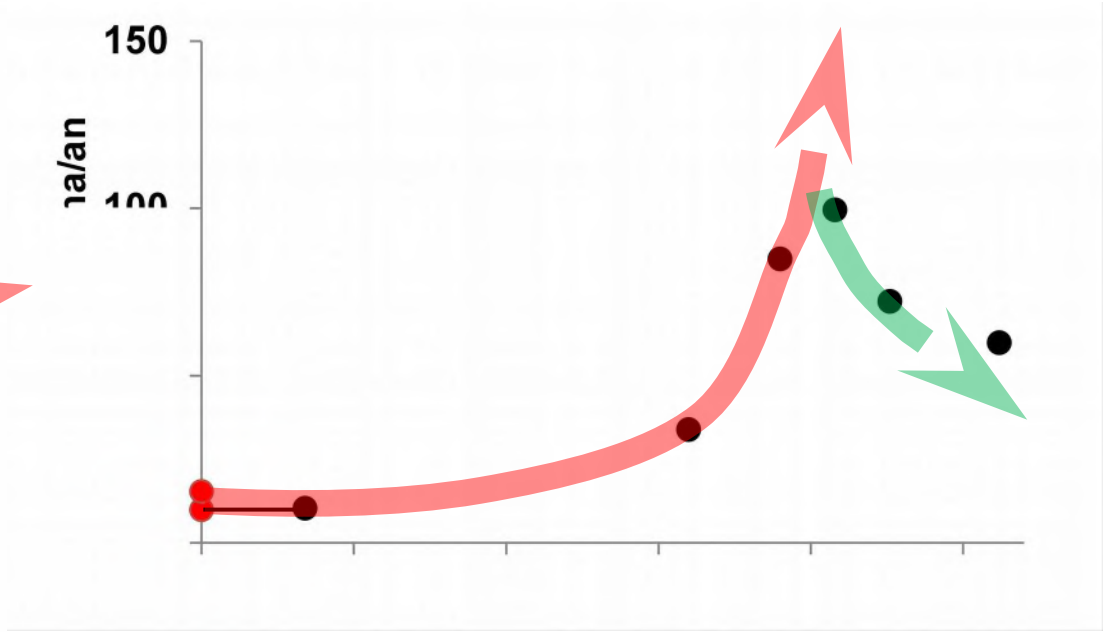






2 tendances évolutives antagonistes





Tendances centrifuges

Intensification et spécialisation de l'agriculture

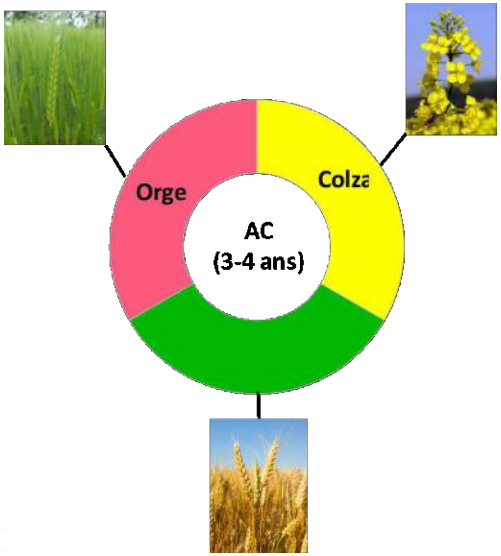
Tendances centripètes

Raisonnement de la fertilisation, agro-environnementales et pratiques alternatives…

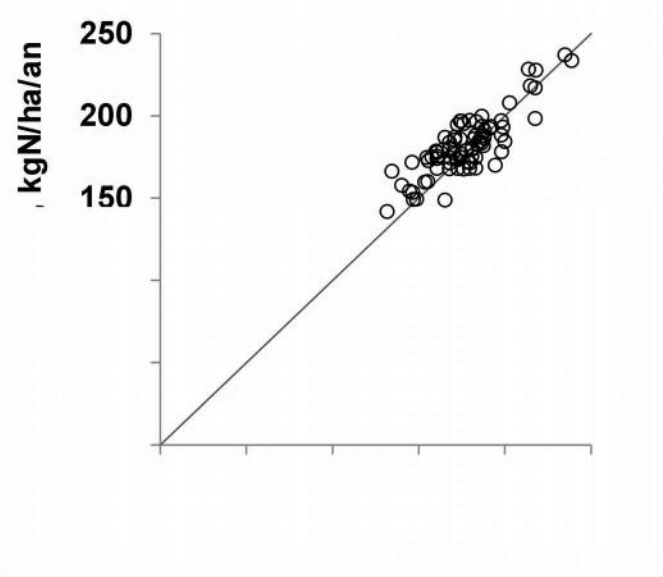
2. Ce que l'on peut attendre de l'Agriculture raisonnée

Relevé des principales rotations culturales conventionnelles et ITK associés

Co-B-Oh, Co-B-Op, Co-B-Mg-B, Co-B-Po-B-OP, …

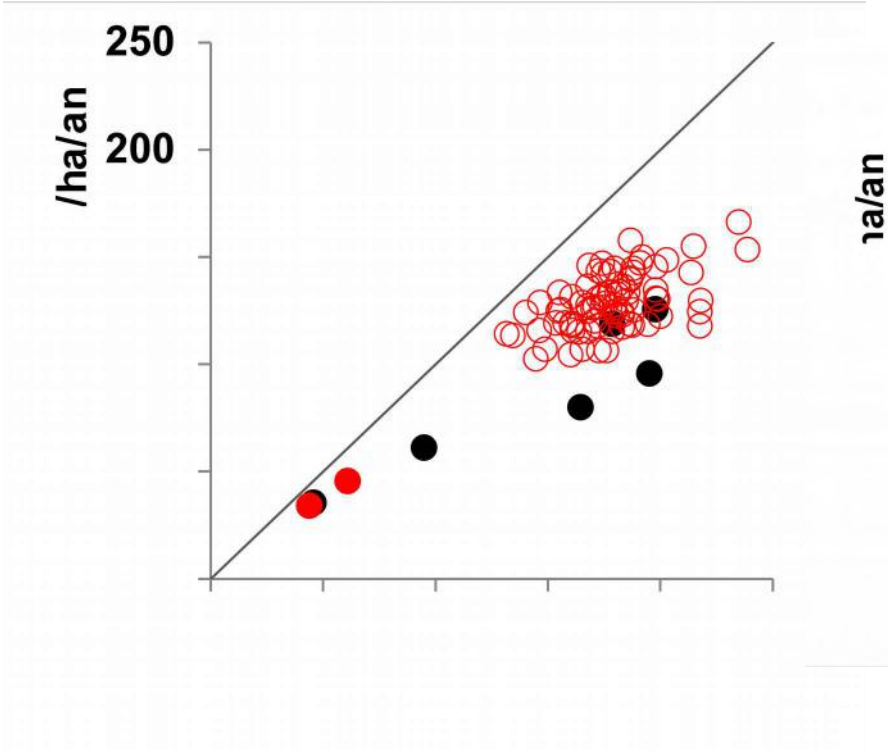


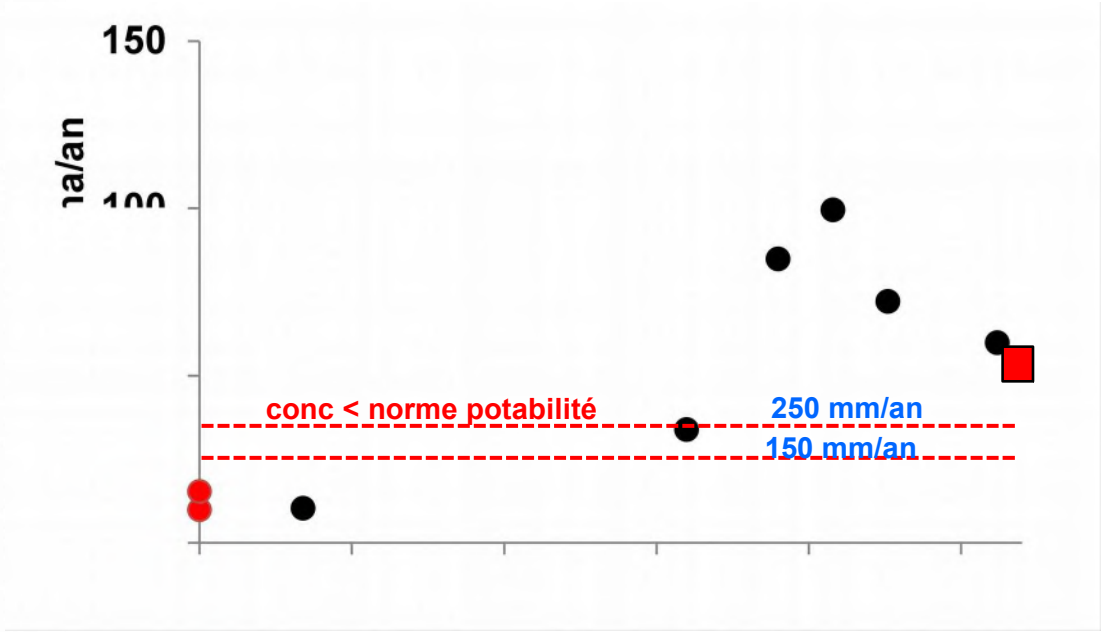
Calcul de la fertilisation équilibrée (prescriptions COMIFER)



Puech, T., C. Schott, C. Mignolet, P. Viennot, et N. Gallois. 2014. Actualisation de la base de données agricoles sur le bassin Seine-Normandie.Rapport d'activite PIREN-Seine Phase 6.

L’équilibre de la fertilisation ne garantit pas un surplus nul.





Les surplus calculés pour les principales rotations et type de sols avec les rendements moyens actuels dans le bassin parisien et sous condition d’équilibre de fertilisation, restent le plus souvent incompatibles avec les exigences de production d’eau souterraine de qualité.

La relation surplus lessivage et le rôle des CIPAN

Entrées = Fertilisation totale

Sorties = Récolte

fertilisation

- **Engrais de synthèse**
- **Engrais organiques**
- **Fixation symbiotique**
- **Dépôt atmosphérique**

Terres arables

Contenu en azote des plantes récoltées

rendement

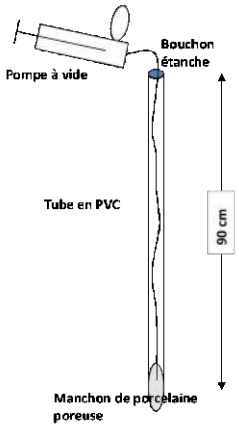
Surplus

= partie des apports au sol non exportée par la récolte
= indicateur de risque de pertes environnementales

Volatilisation (NH3)
Dénitrification (N2, N2O)
Stockage dans la MO du sol

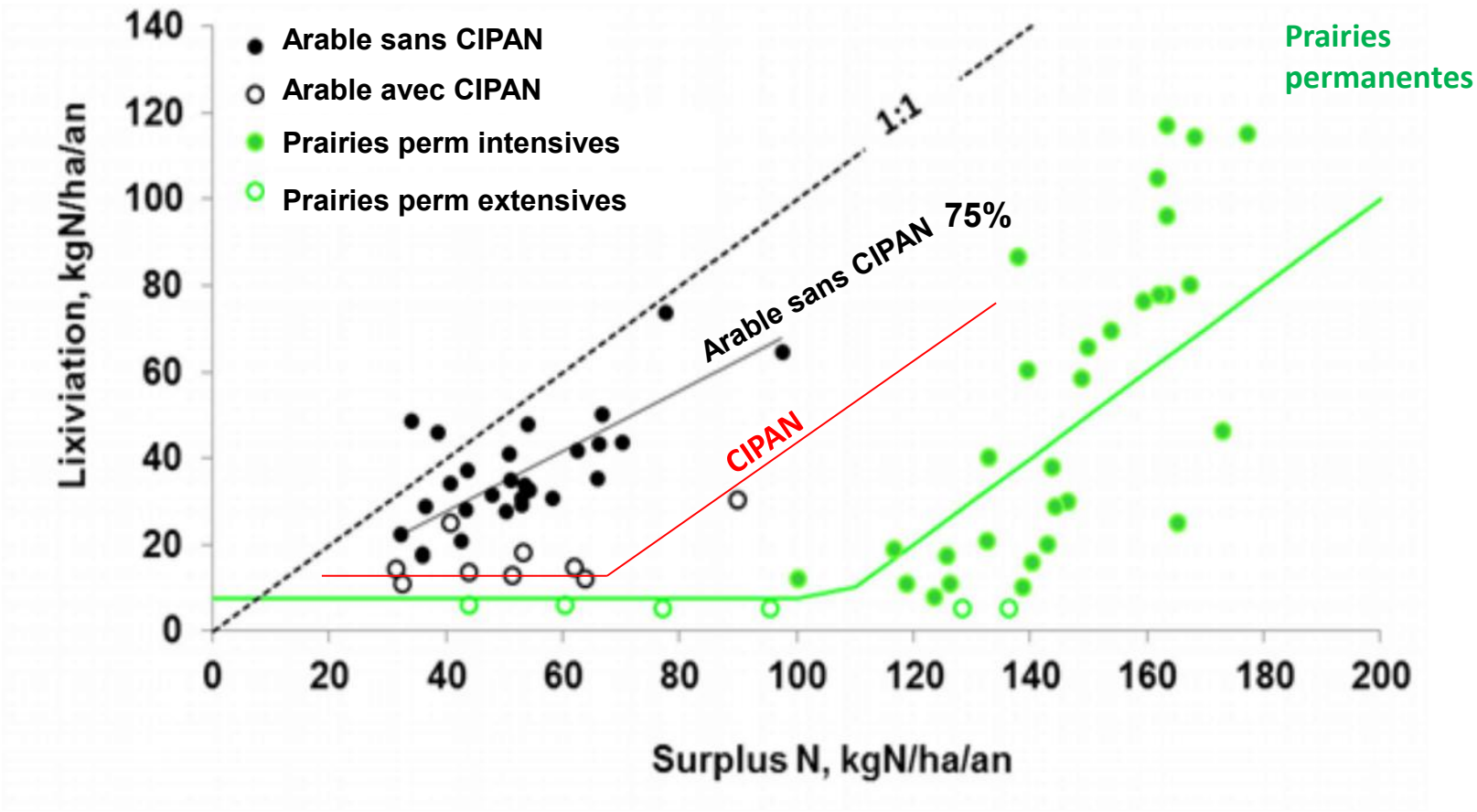
Lixiviation (NO_3^-)

Mesure expérimentale des flux lixiviés



La relation surplus lessivage et le rôle des CIPAN

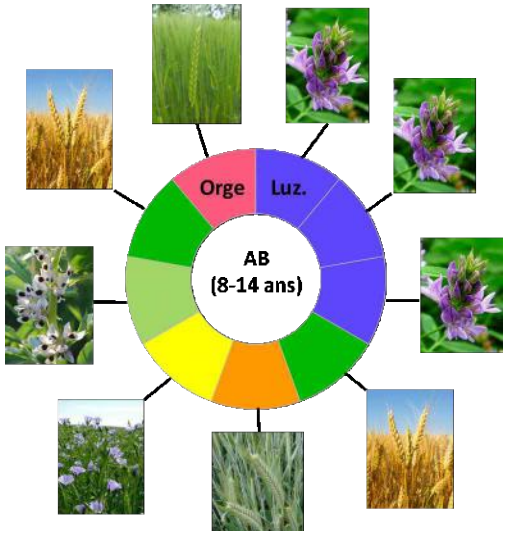
Anglade et al., 2015
Constantin et al, 2010
Vertès, 2010
Billen et al. 2012



3. L'Agriculture biologique

Enquêtes dans 58 exploitations AB Grandes Cultures

Luz-Luz-(Luz)-B-^{Cl}Trit -Fev-Tri-^{Cl}Op , …



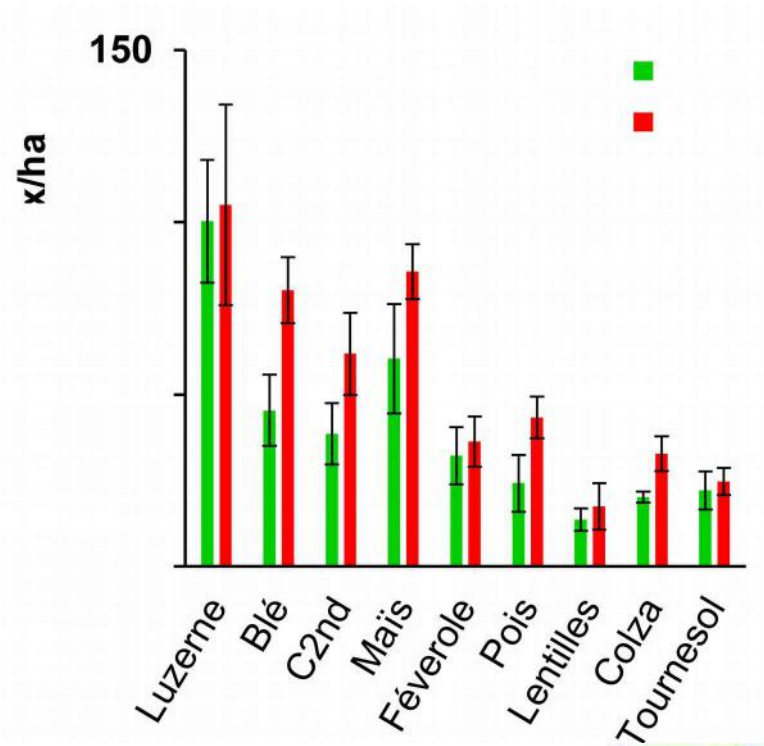
Production:

cf. Co-B-Op conv:

63 tMS/ha/an **61 tMS/an**

123 kgN/ha/an **130 kgN/ha/an**

Les légumineuses fourragères représentent 52% de la récolte totale
(Nécessité d'une reconnexion avec l'élevage)



Fertilisation:

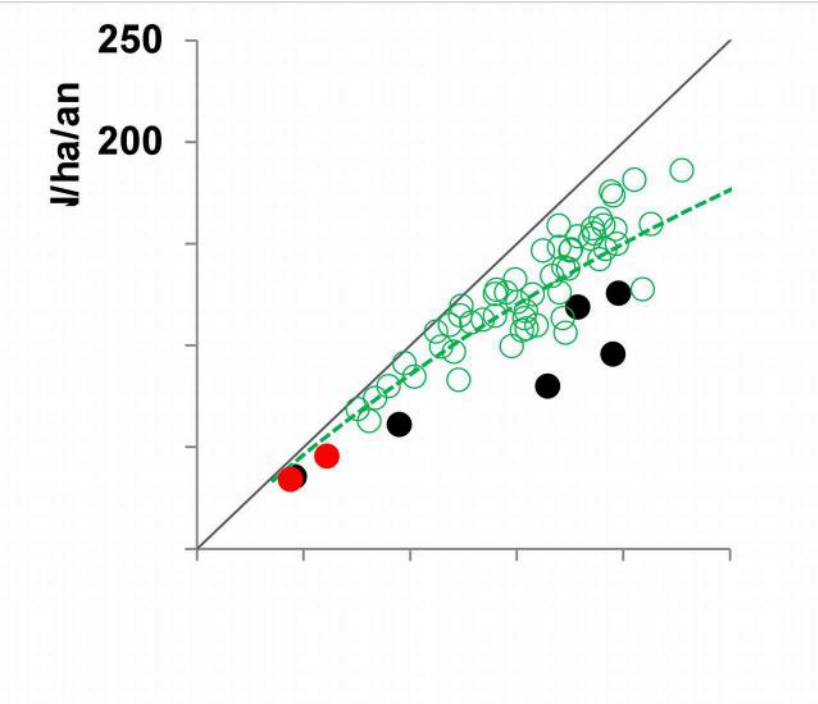
160 kgN/ha/an (70% fixation symbiotique)

cf. Co-B-Op conv:

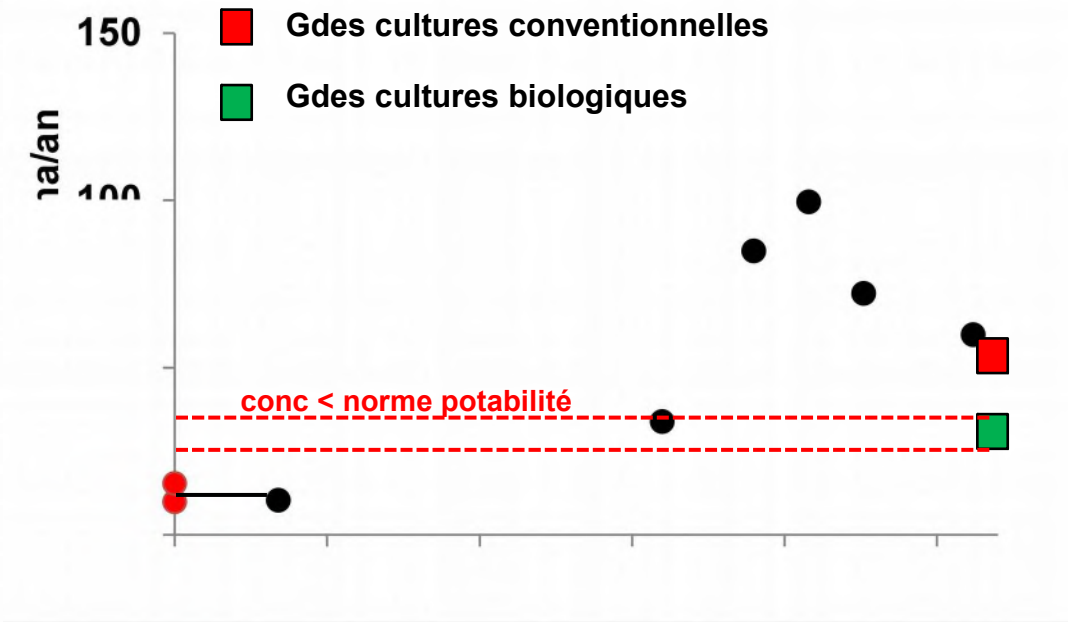
180 kgN/ha/an (90 % synthétique)

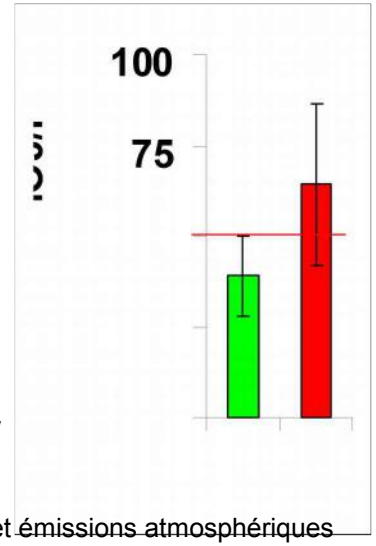
Anglade, J et al. (2015). Agricul Systems

Enquêtes dans les exploitations AB Grandes Cultures



Anglade et al (2015) Agr Syst.





Moyenne des conc sous-racinaires sur l'ensemble des rotations

Marie Benoit. Les fuites d'azote en grandes cultures céréalières. Lixiviation et émissions atmosphériques dans des systèmes biologiques et conventionnels du bassin de la Seine (France). Thèse UPMC. 5 déc 2014.

4. Quels scénarios pour l'agriculture du bassin parisien?

Les marges de manœuvre limitées de l'agriculture raisonnée

Les pratiques actuelles correspondent déjà aux préconisations d'équilibre de la fertilisation

Le seul levier qui reste à actionner est dans la **généralisation des CIPAN**

La possibilité de limiter le lessivage est étroitement liée à l'occurrence des cultures de printemps

Pour une occurrence de 33% des cultures de printemps, et si la fertilisation minérale est réduite de 10 kgN/ha/an, sans modification de rendement , après introduction de CIPAN, le gain en termes de lixiviation est de l'ordre de 30%.

Sans effet sur la contamination en pesticides

L’extension de l’Agriculture biologique nécessite un profond remaniement de l’ensemble de la chaîne agro-alimentaire

Produire autrement c’est produire autre chose !

Plus de la moitié des protéines produites en grande culture bio est constituée de protéines fourragères

Reconnecter les grandes cultures et l’élevage

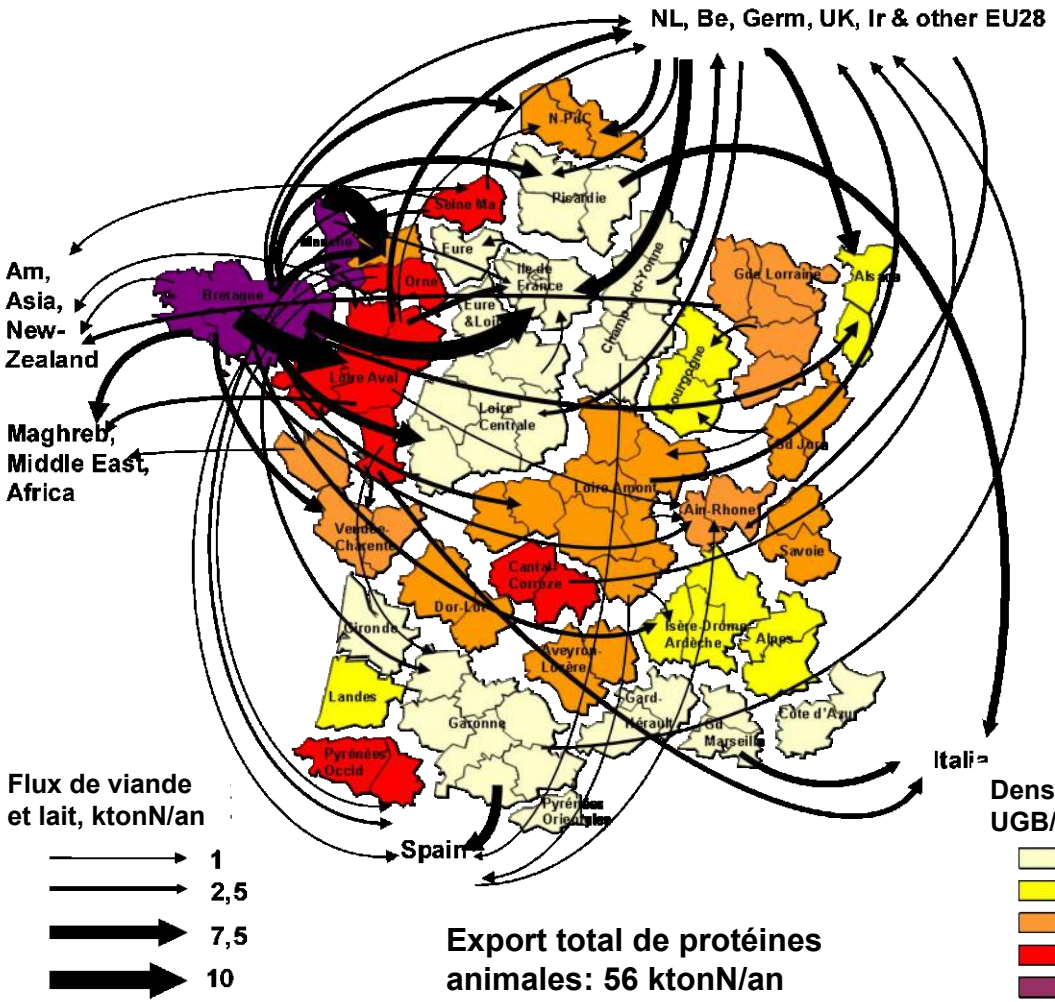
L’existence d’un débouché local pour les productions fourragères est une condition nécessaire pour le développement du bio.
S’affranchir de la dépendance aux importations de soja
Accroître les surfaces toujours en herbe

Redéfinir les besoins en protéines animales

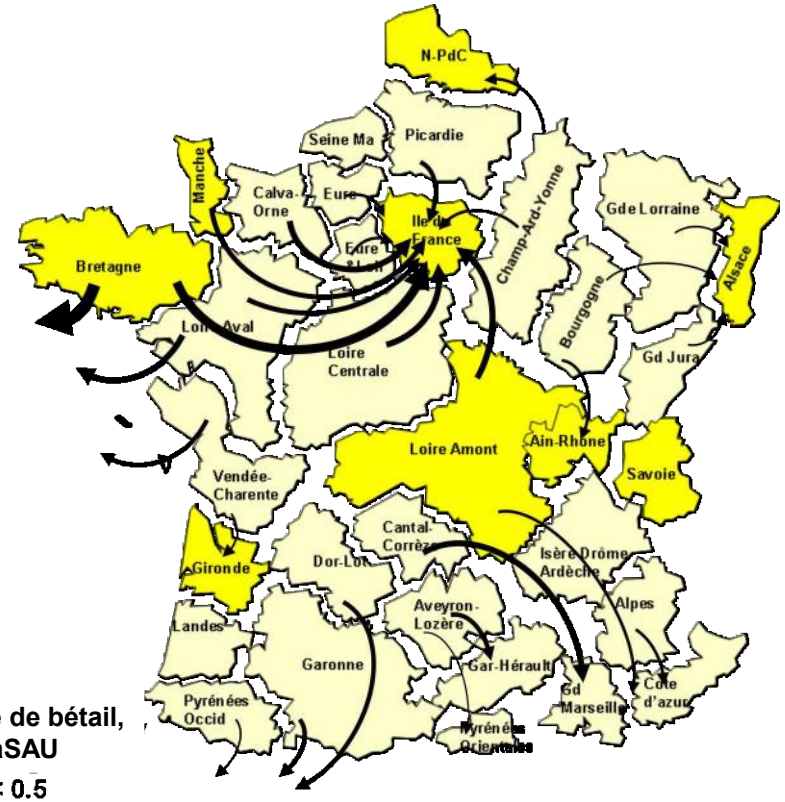
D’un point de vue diététique, la consommation de protéines animale est excessive en Europe
Passer de 65% à 40% de protéines animales dans le régime alimentaire humain est souhaitable et éthique
(= Régime demitarien: déclaration de Barsac http://www.nine-esf.org/barsac-declaration

Un scénario Bio-Local et Demitarien pour la France

Redistribution de l'élevage



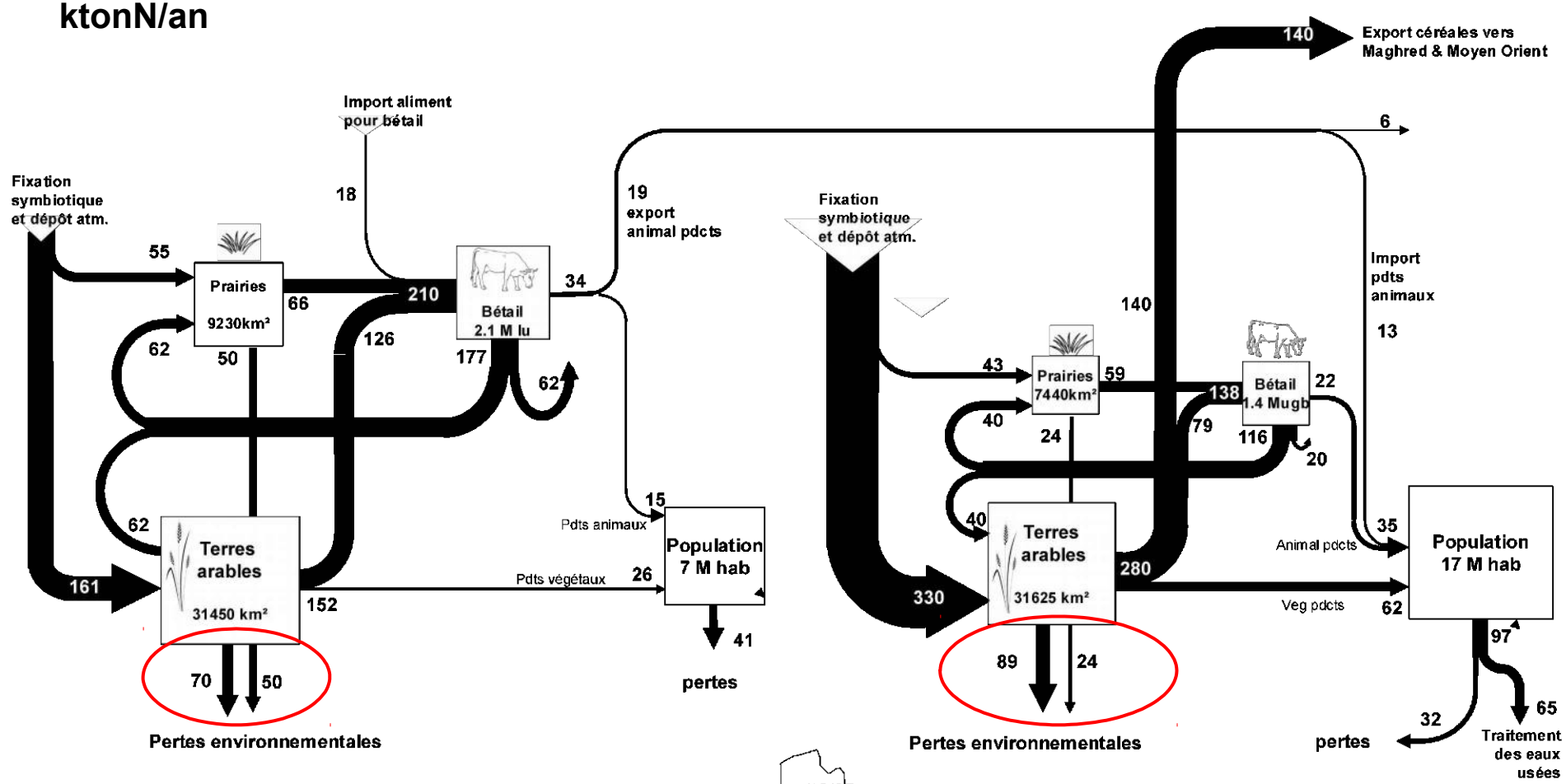
Export total de protéines animales: 56 ktonN/an



Export total de protéines animales: 26 ktonN/an

Le scénario bio-local et demitarien pour le bassin de la Seine

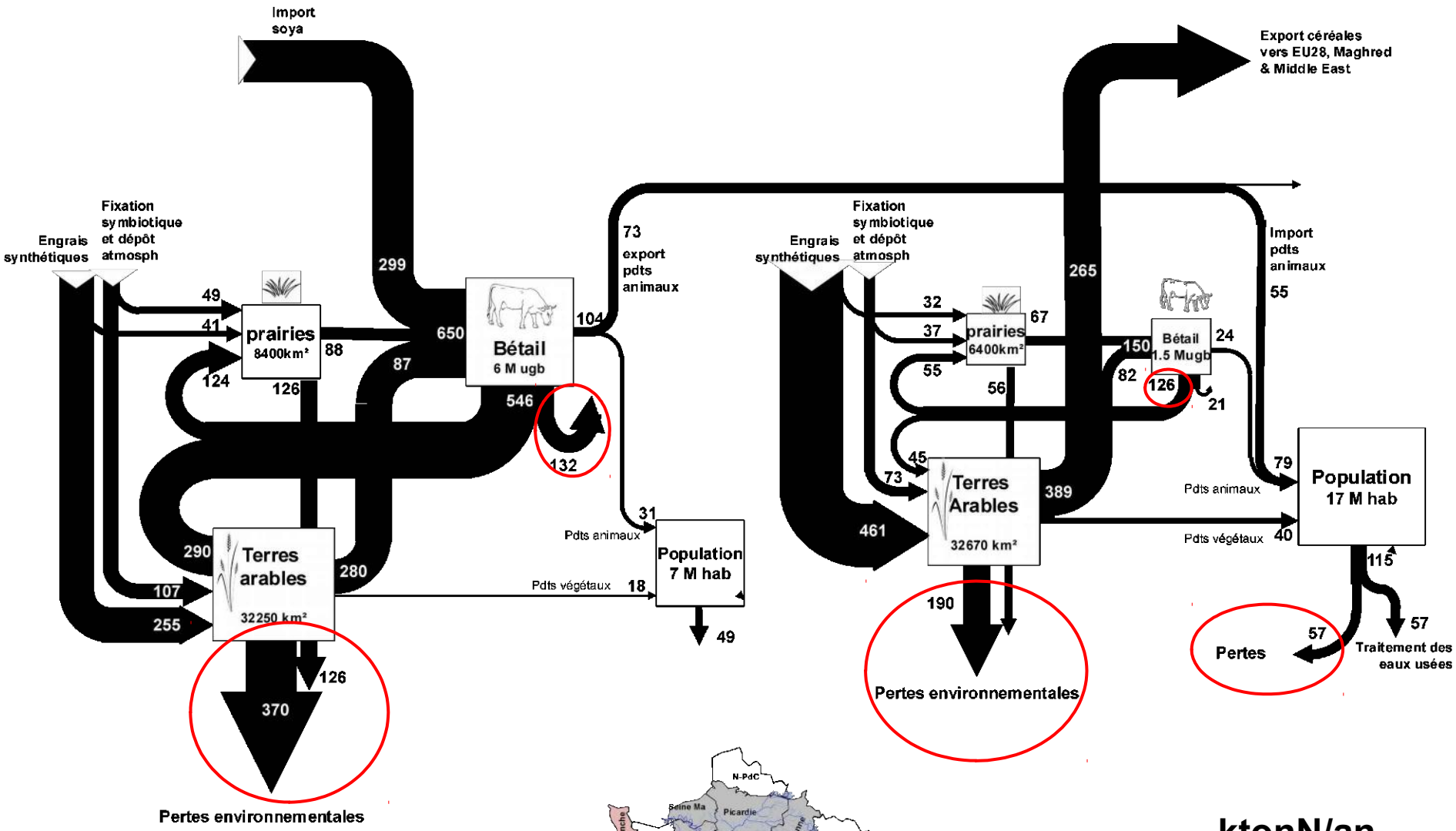
ktonN/an



Grand Ouest
(65200km²)

Bassin de la Seine
(69000km²)

… comparé à la situation actuelle du bassin de la Seine

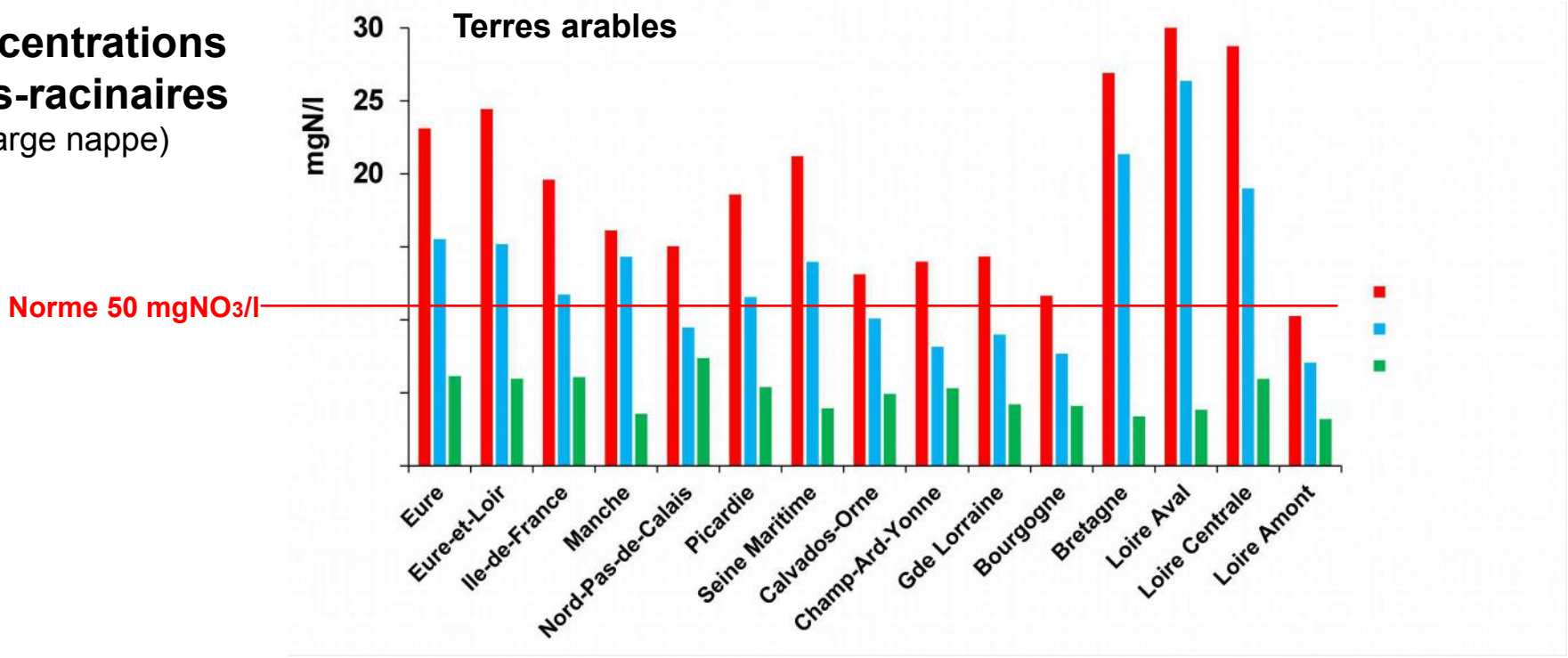


ktonN/an

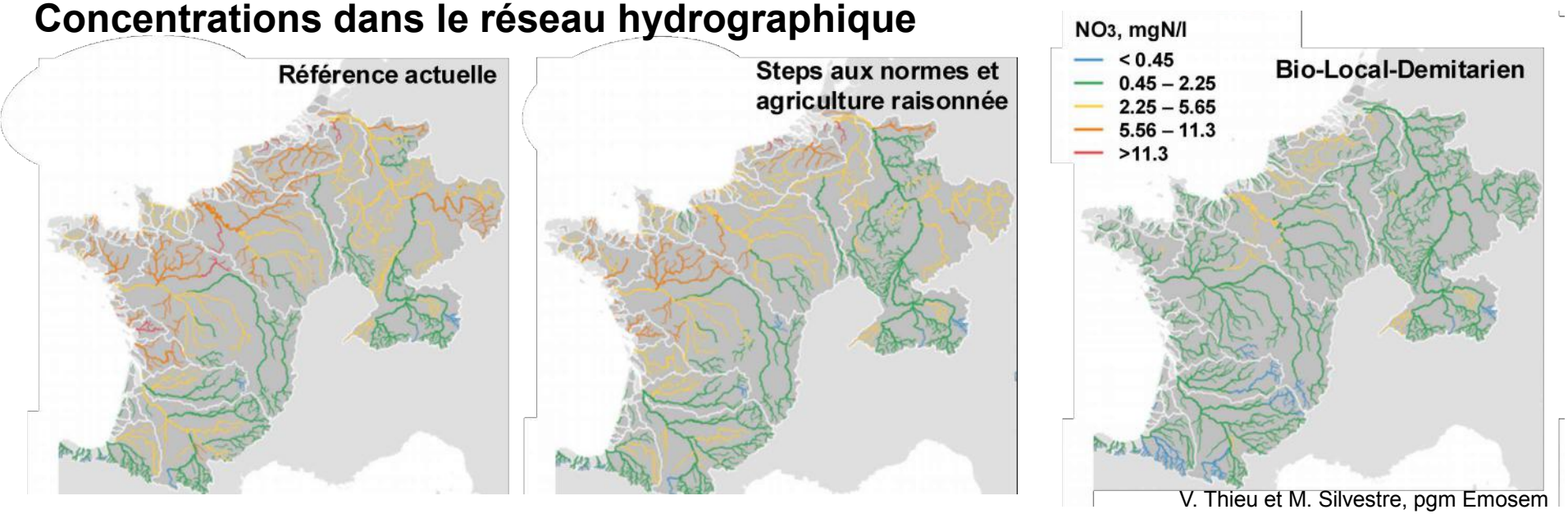
Grand Ouest
(65200km²)

Bassin de la Seine
(69000km²)

Concentrations sous-racinaires
(recharge nappe)



Concentrations dans le réseau hydrographique



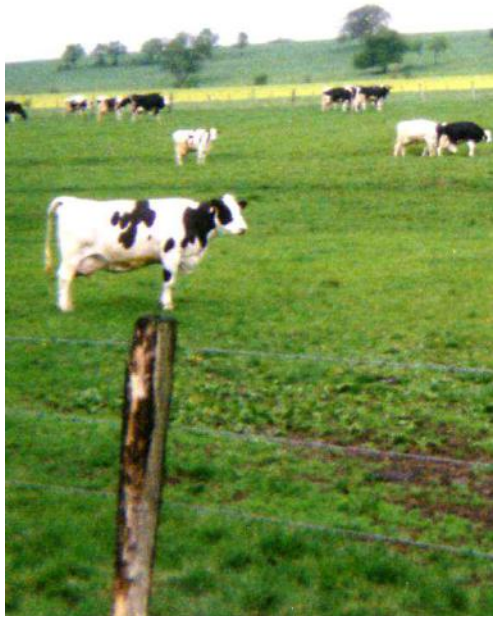
V. Thieu et M. Silvestre, pgm Emosem

Conclusion: Quelle système agro-alimentaire en 2050?

Une agriculture
Moins intensive en azote,
plus centrée sur les besoins locaux,
reconnectée avec l'élevage,
diversifiée pour se passer des pesticides,

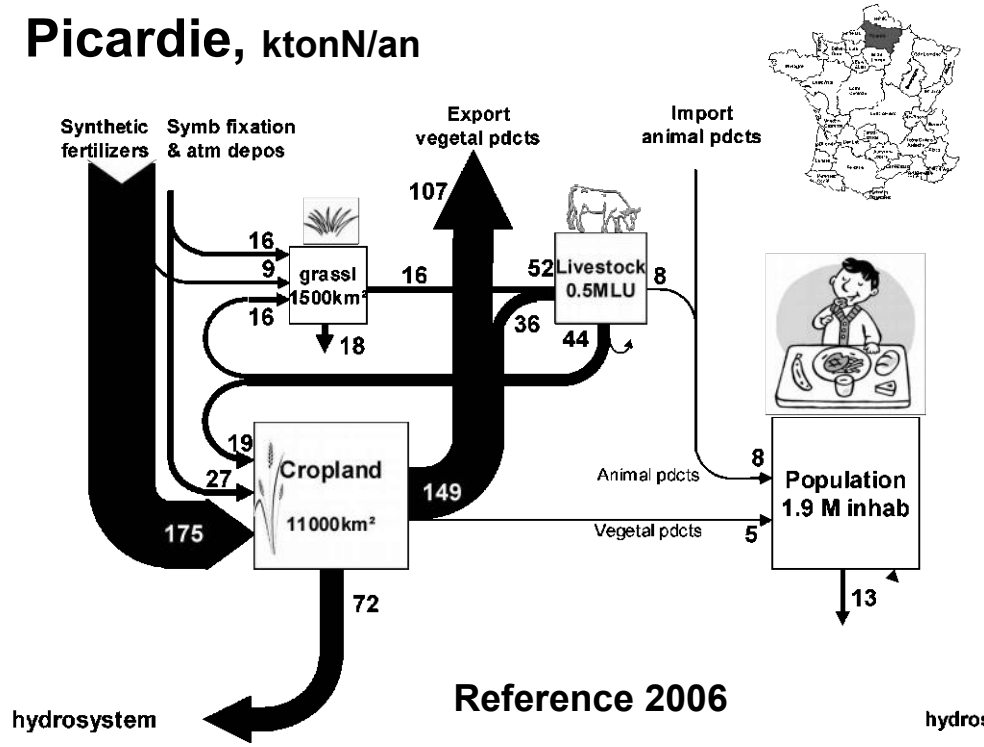
Une alimentation
Moins riche en protéines animales,

permettraient aux territoires français de nourrir localement la population,
tout en produisant une eau de très bonne qualité et en exportant encore (ou en utilisant à des fins énergétiques) une part importante de sa production agricole.



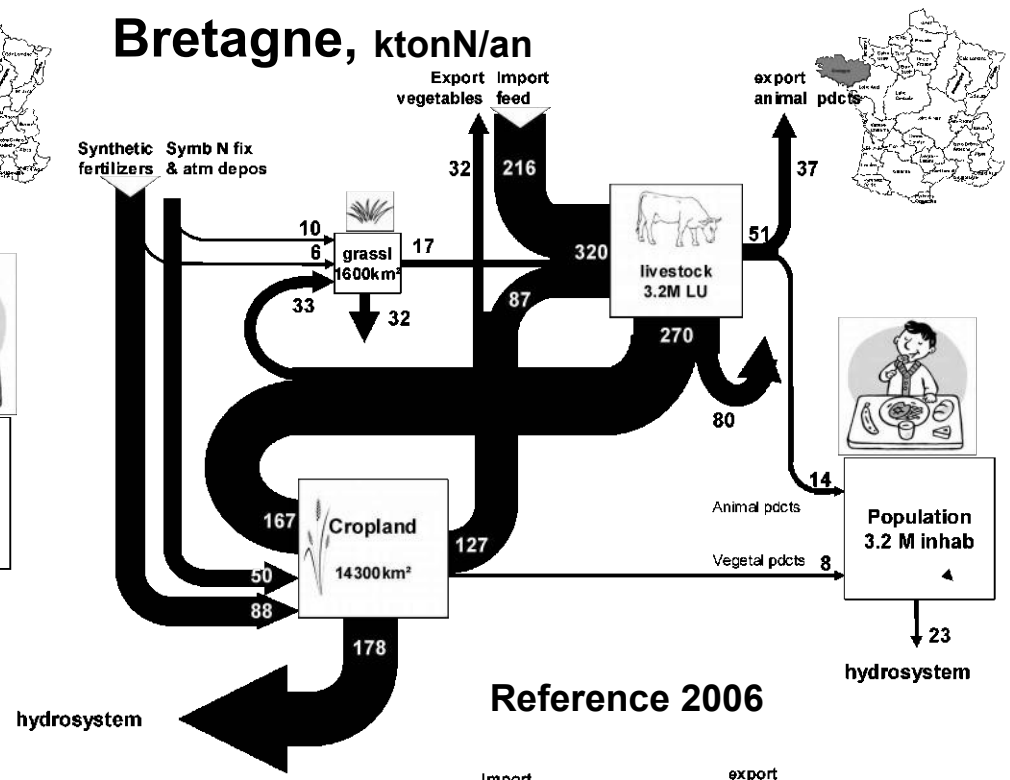
Pour la discussion…

Picardie, ktonN/an

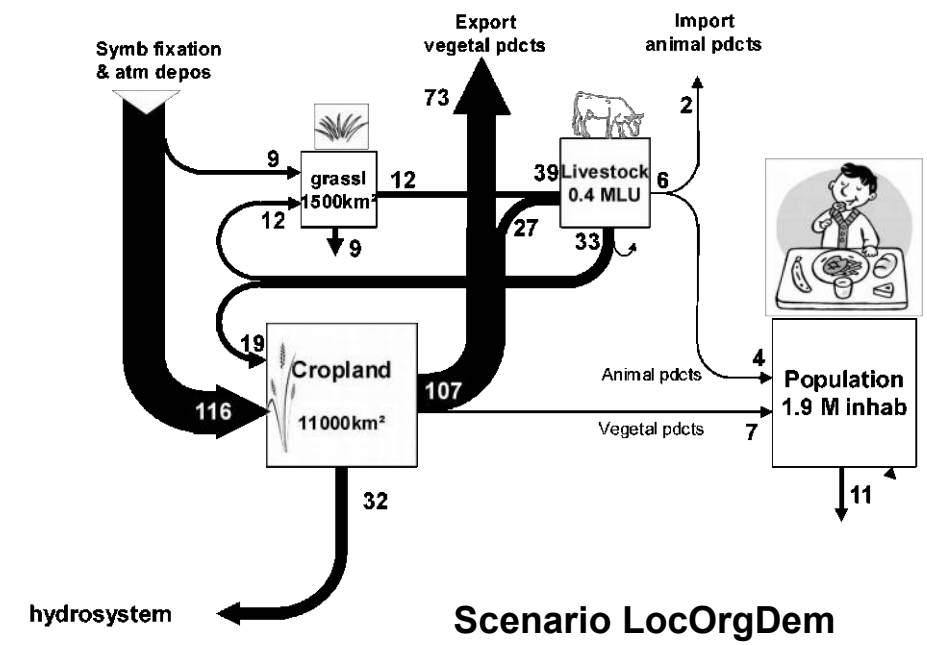


Reference 2006

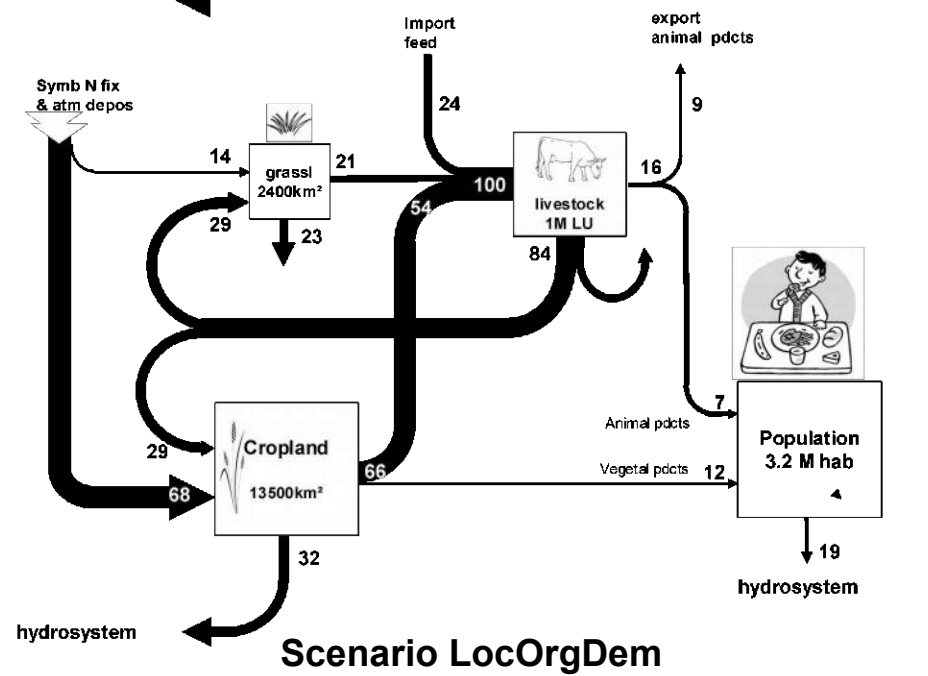
Bretagne, ktonN/an



Reference 2006



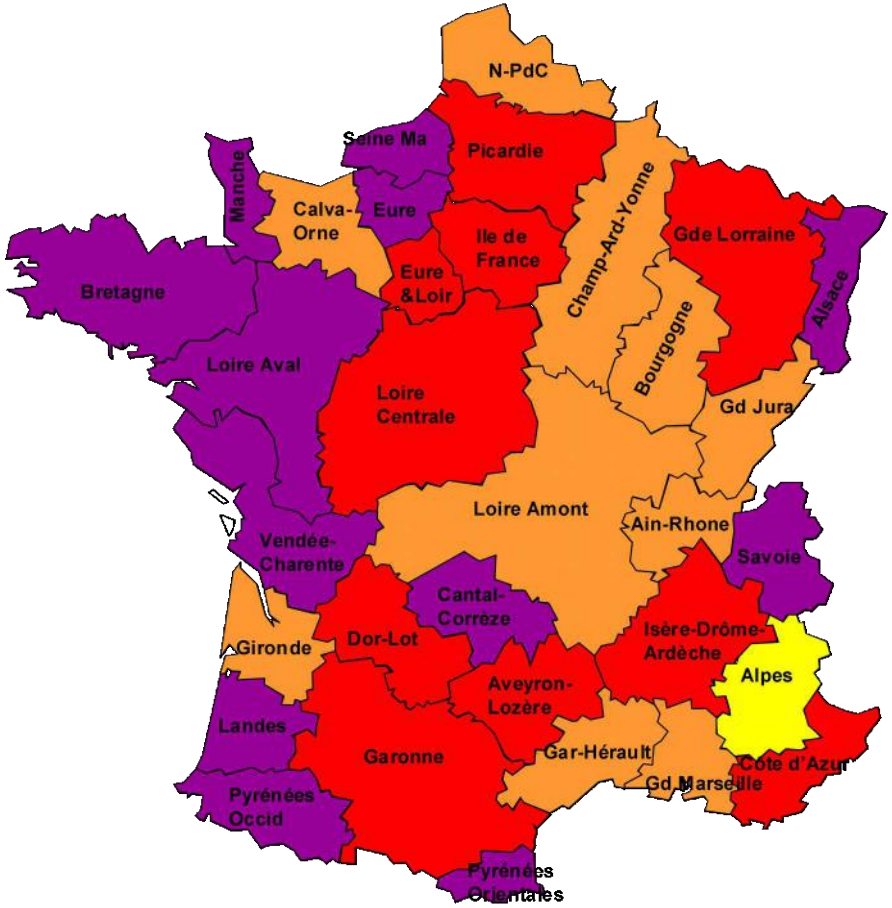
Scenario LocOrgDem



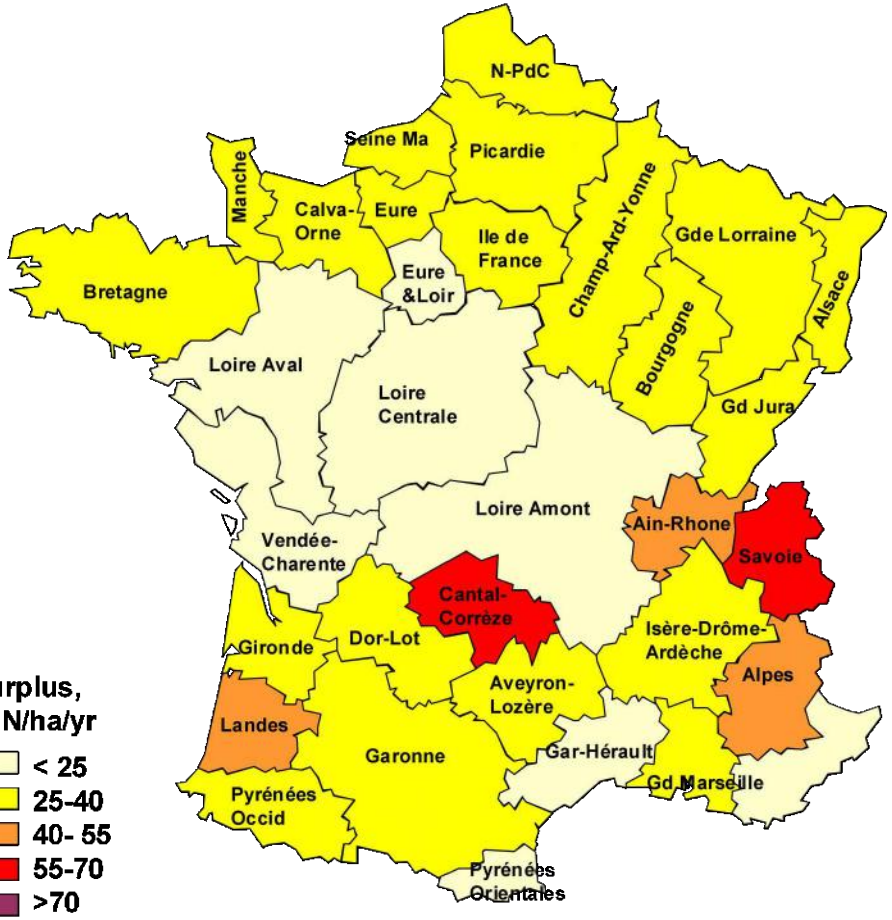
Scenario LocOrgDem

Calcul du surplus azoté des terres arables et de la concentration de recharge des nappes

2006



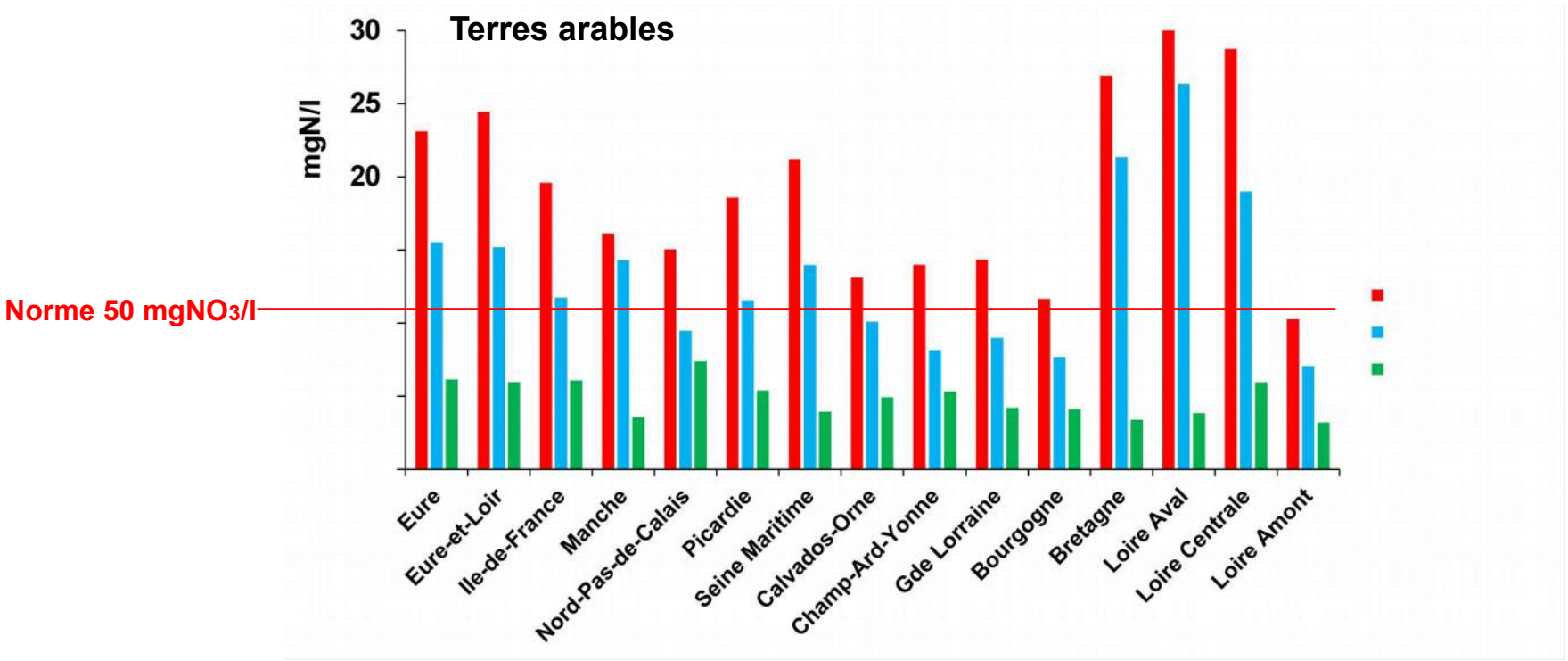
Scn LocOrgDem



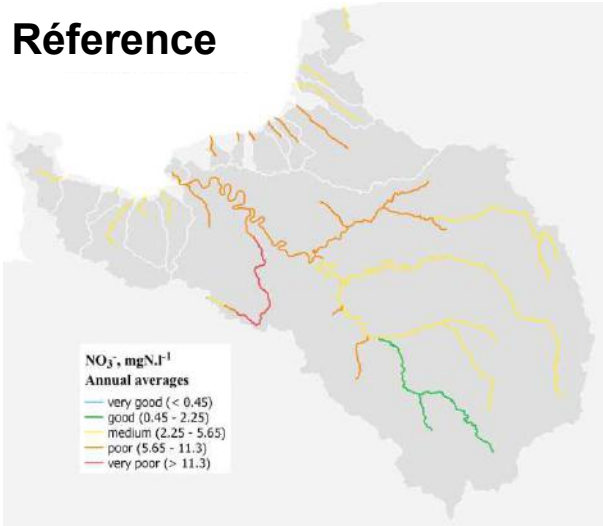
Surplus, kgN/ha/yr

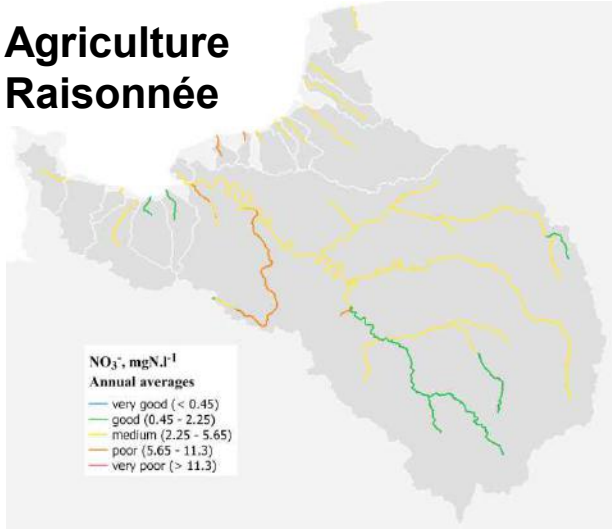
- < 25
- 25-40
- 40- 55
- 55-70
- >70

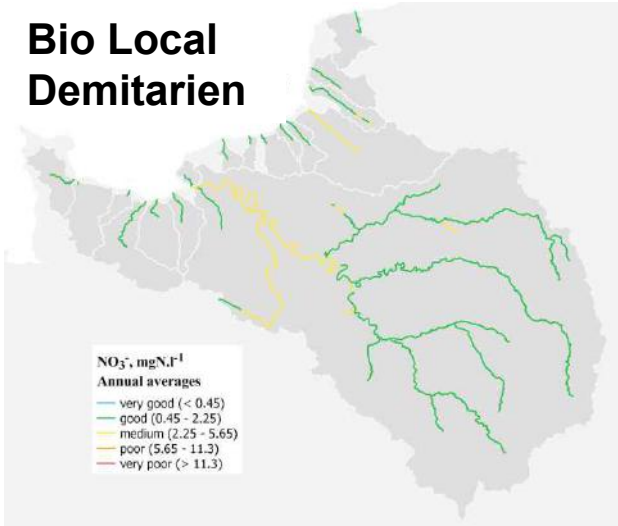
Concentrations sous-racinaires
(recharge nappe)



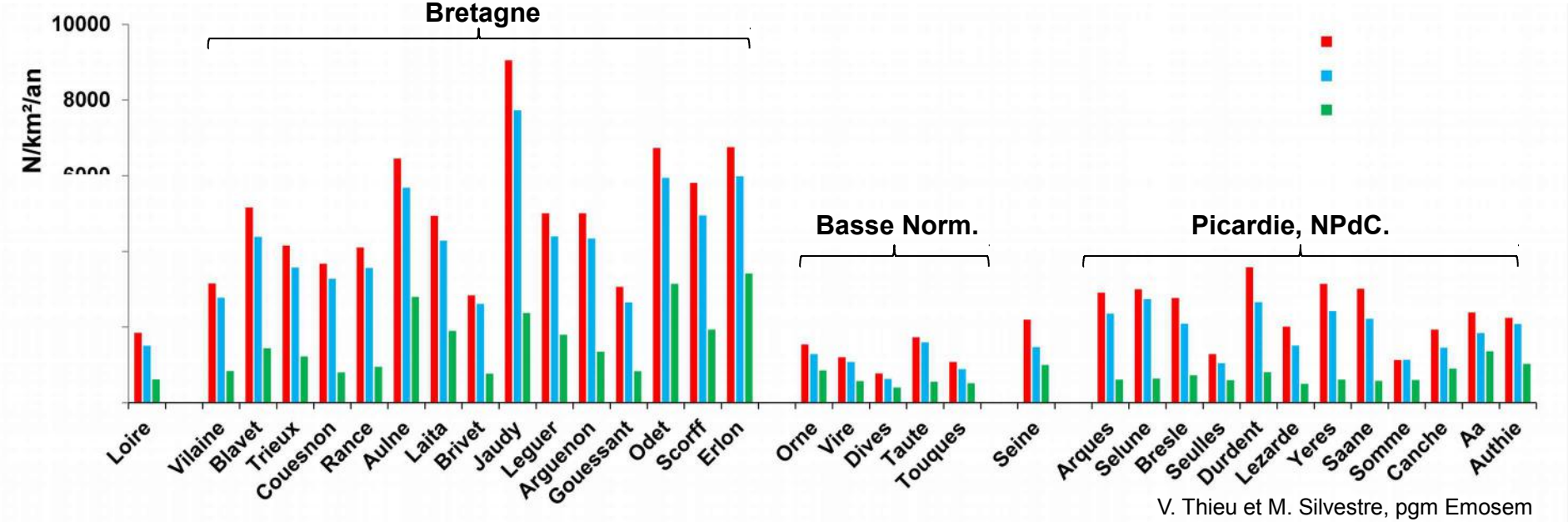
Concentrations en rivière







Flux à la mer



V. Thieu et M. Silvestre, pgm Emosem

« Nourrir le monde »?
Le discours qui légitime l'intensification et la spécialisation de l'agriculture

La population mondiale atteindra 9.5 milliards en 2050
La consommation de protéines animales va s'accroître

1. La production agricole mondiale doit doubler d'ici à 2050.

Pour cela il faut

* soit doubler l'étendue des terres cultivées au détriment des milieux naturels

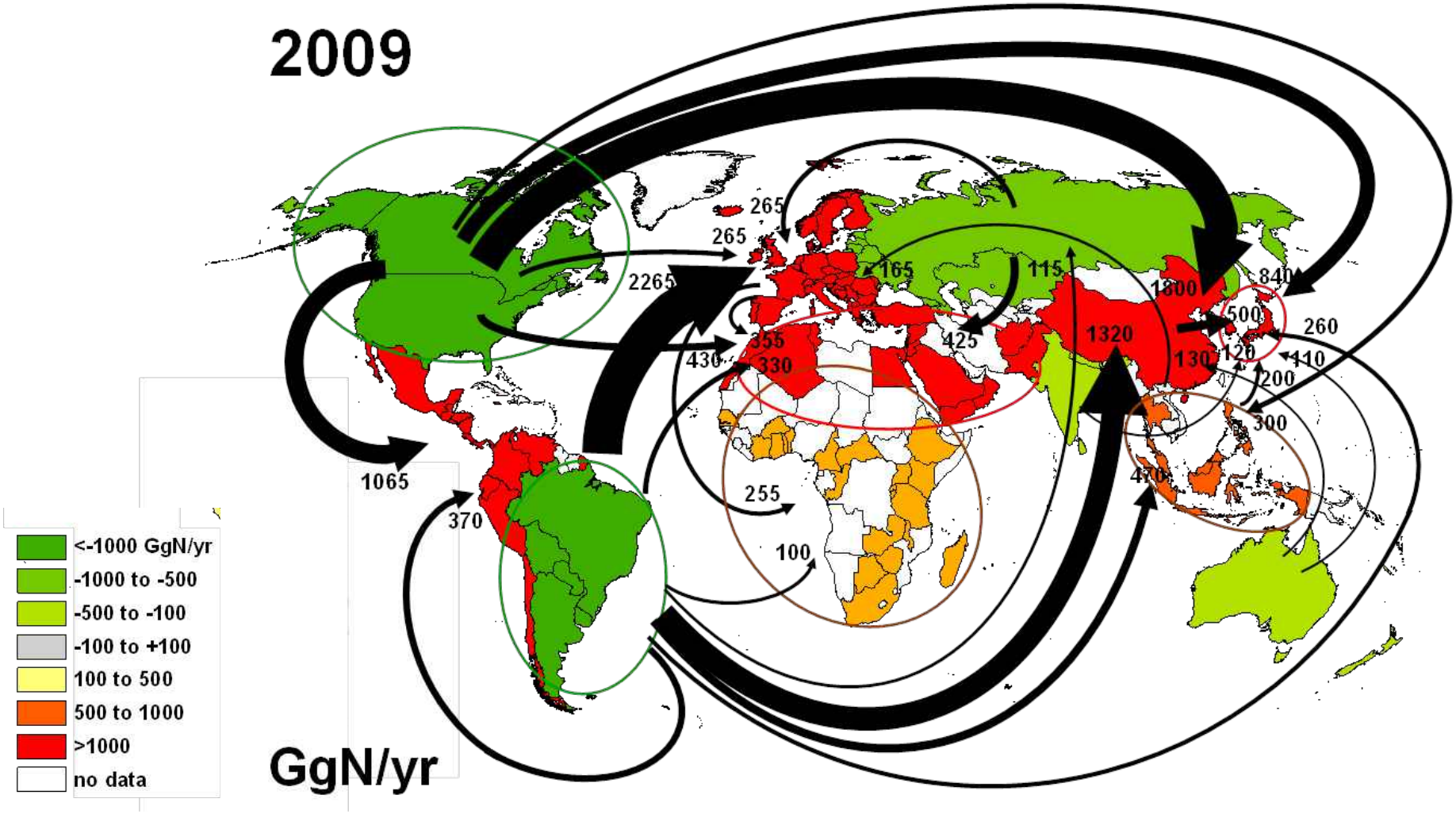
* soit doubler la productivité des surfaces cultivées actuelles (intensifier la fertilisation)

2. Produire chaque denrée dans les régions disposant des meilleures conditions pour le faire et les transporter ensuite vers leur lieu de consommation…

…est plus avantageux pour l'environnement
que de produire de tout partout pour satisfaire localement la demande
compte tenu du faible coût environnemental du transport maritime

Weber & Matthews (2008) Env.Sci.Tech. 42:3508-3513

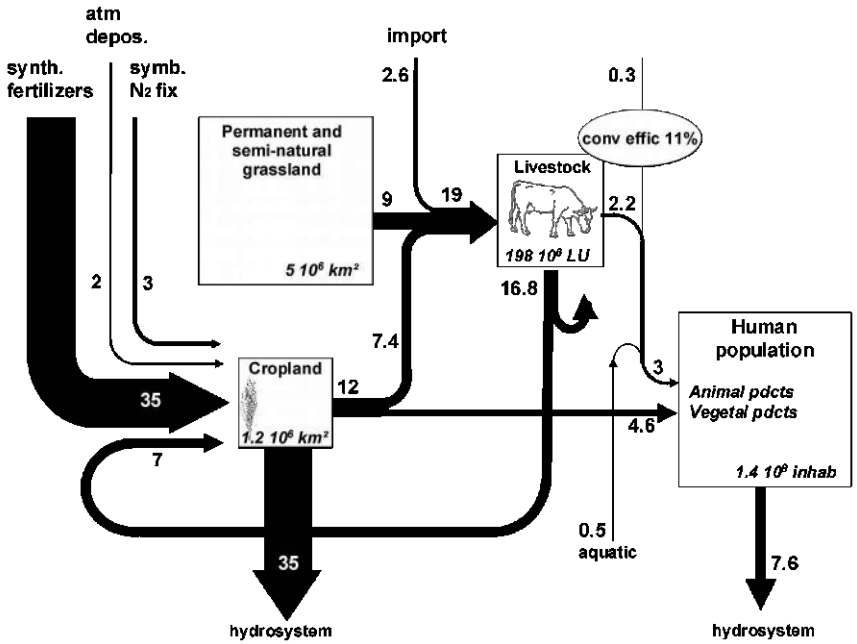
Le système agro-alimentaire est extraordinairement ouvert à l'échelle mondiale…



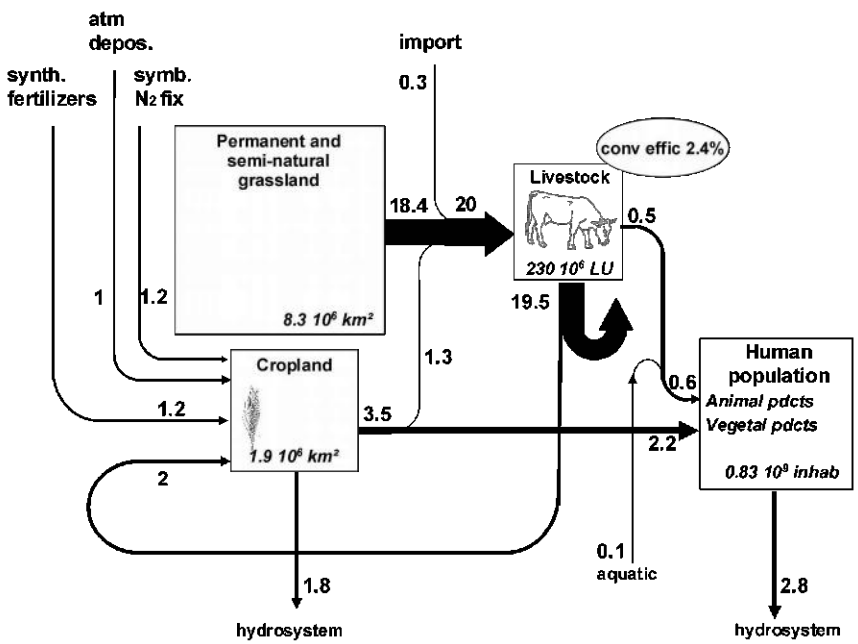
Les échanges internationaux représentent 30% de la production agricole totale

Lassaletta et al (2014), Biogeochemistry

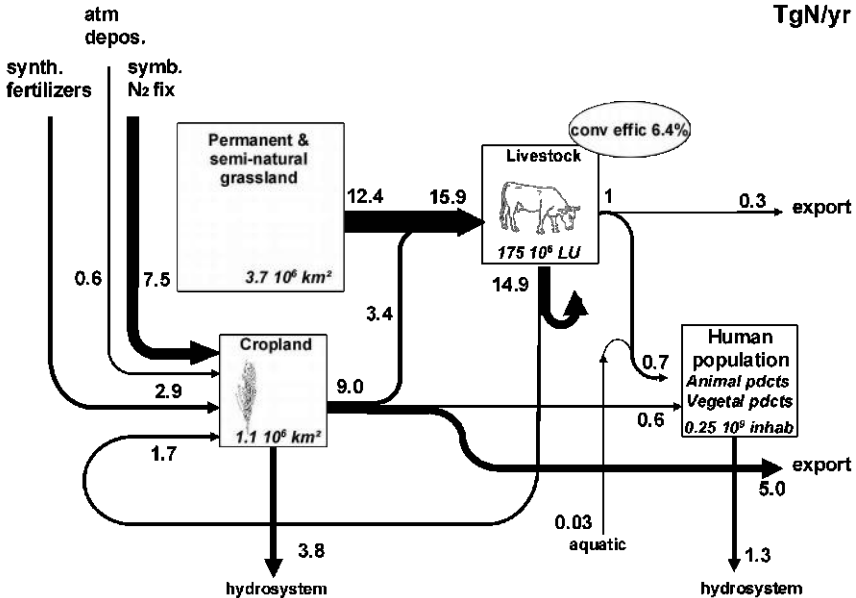
China (2009)

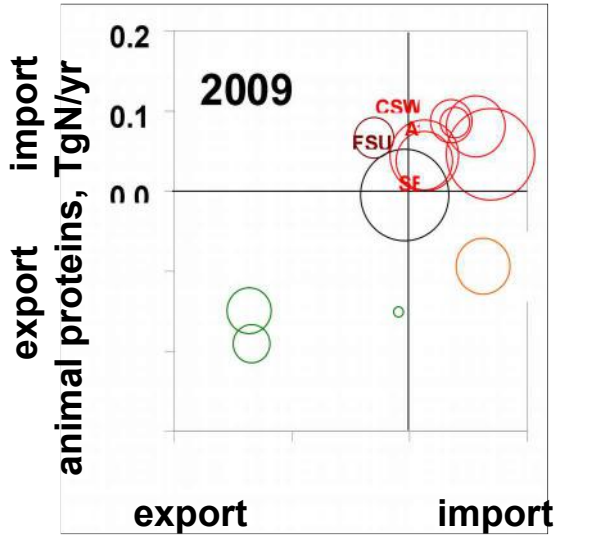


Africa (2009)

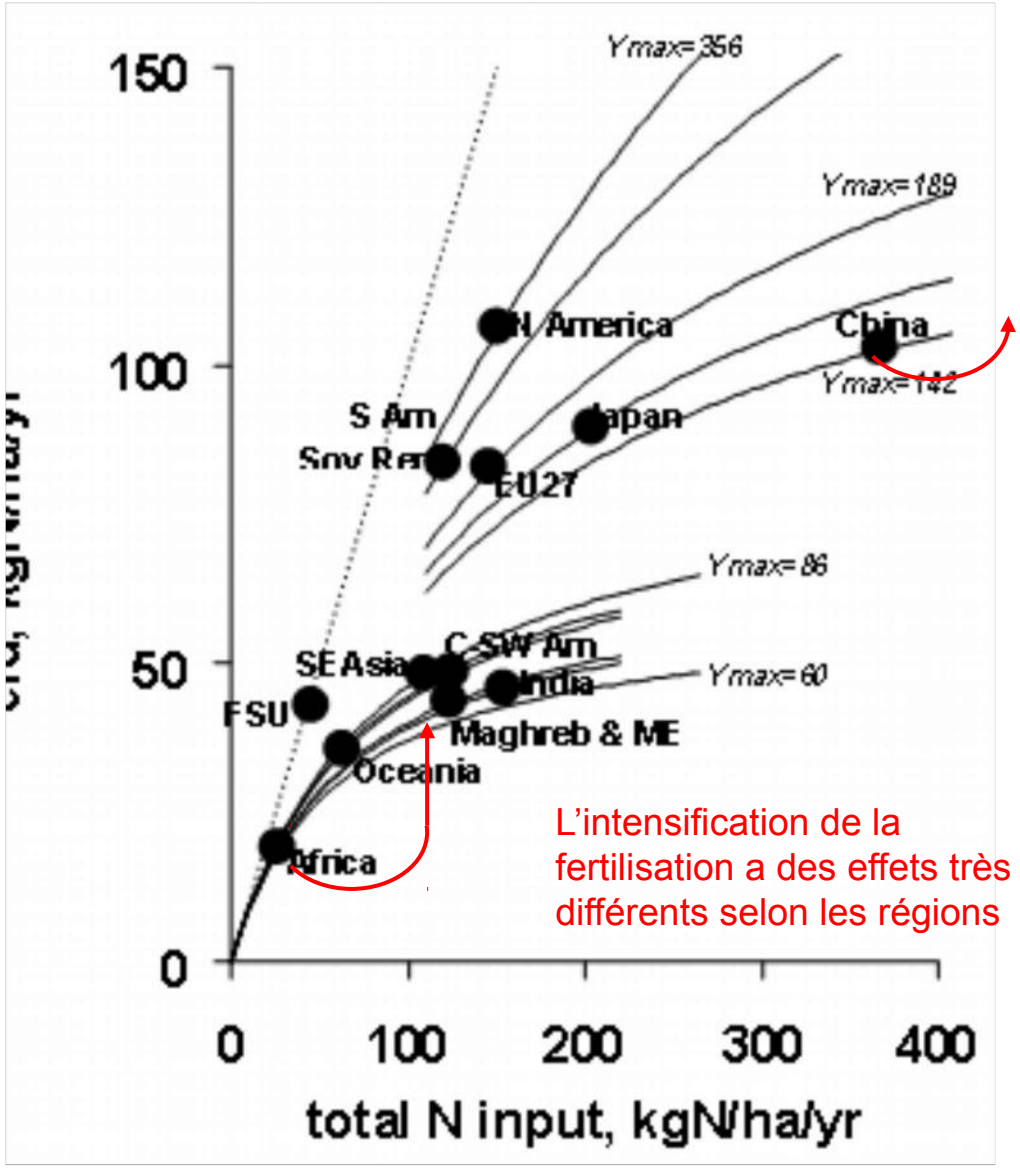


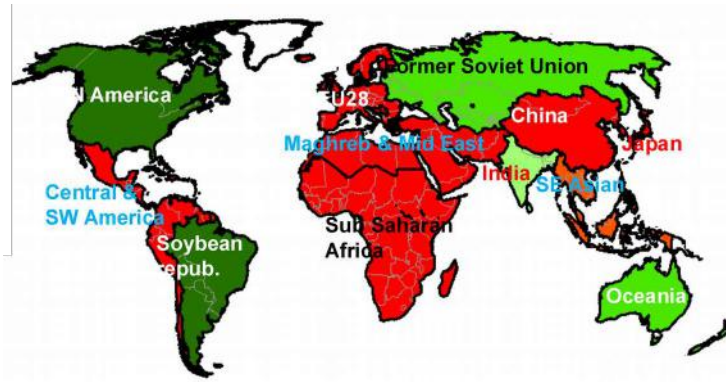
South American Soy countries (2009)





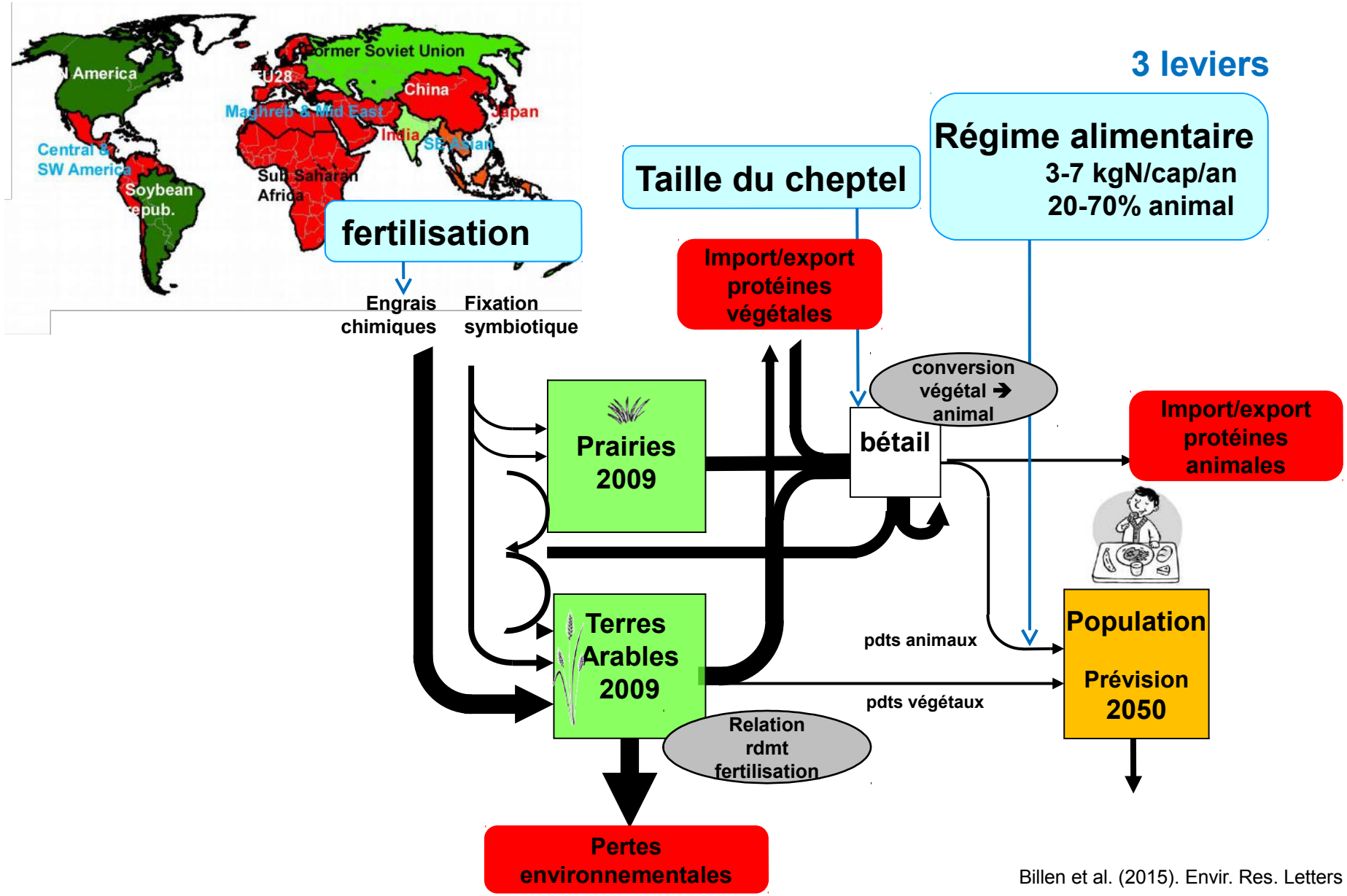
De grandes disparités de potentiel agricole et d'intensification entre régions





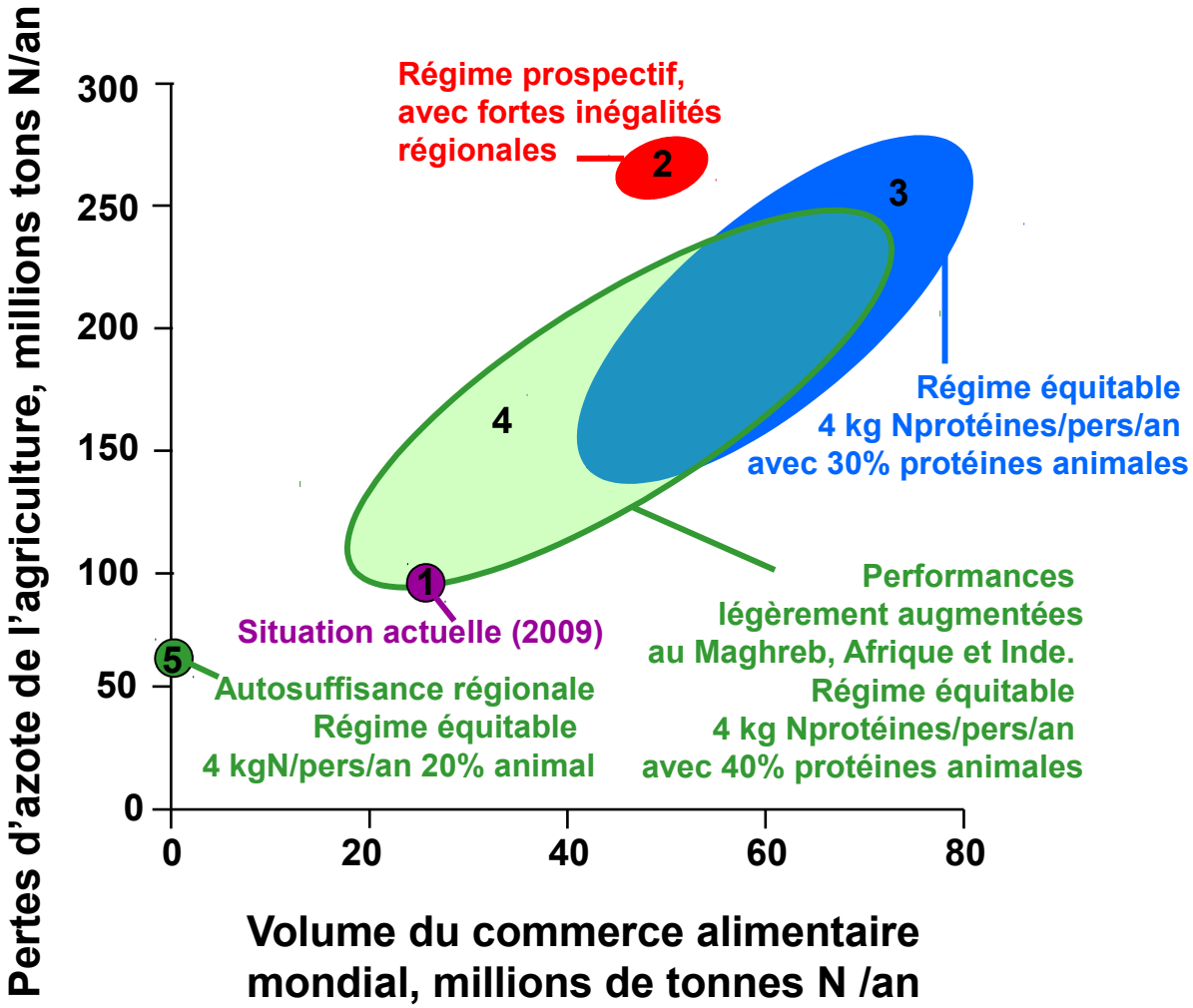
Lassaletta et al. (2014). Environ. Res. Lett.
Billen et al. (2014).Global Food Security

Exploration systématique du 'champ des possibles' par combinaison de scénarios de régime alimentaire, d'intensification et de taille de cheptel dans 12 macro-régions



Billen et al. (2015). Envir. Res. Letters

Parmi $(n^3)^{12}$ combinaisons de scénarios, identifier celles qui peuvent «nourrir le monde»!



1. Il est possible de nourrir la population mondiale prévue en 2050 sans accroissement des surfaces cultivées, ni changement majeur des systèmes de cultures

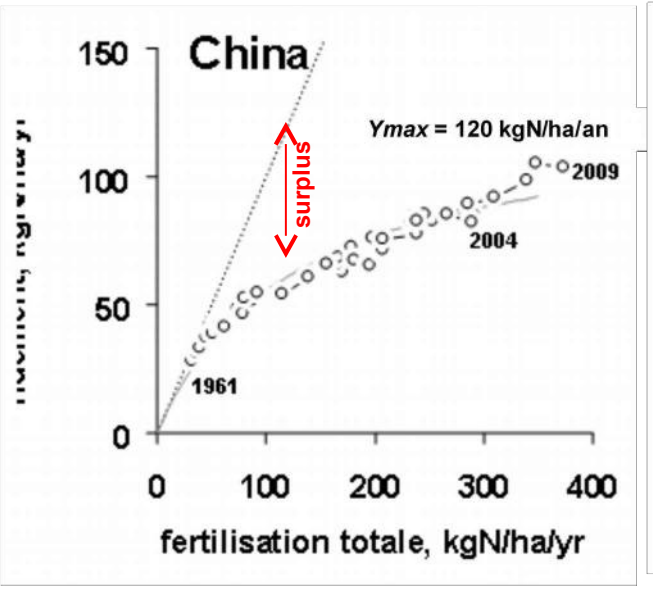
2. Un régime alimentaire équitable ne pourrait dépasser 4 kgN/capita/an avec 30% de protéines animales

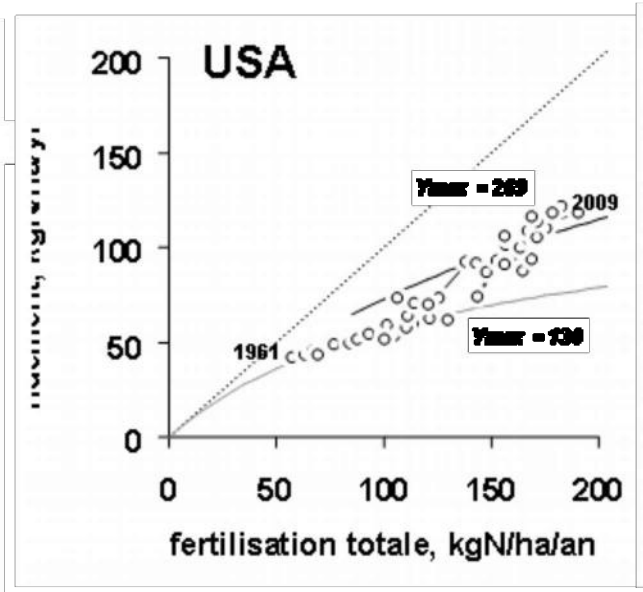
3. Dans tous les cas, accroissement considérable du commerce inter-régional et de la contamination azotée. Toutefois, plus les régions seront proches de l'autonomie alimentaire, plus faible sera la contamination globale.

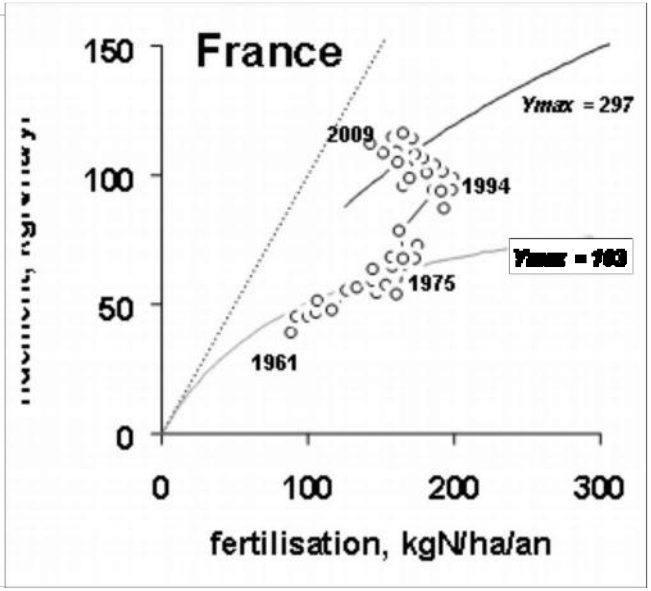
4. L'amélioration des performances agronomiques (Ymax, v-a conv) des 3 régions les plus déficientes (Maghreb/Moy Orient, Afrique SubS et Inde) permettrait de nourrir le monde avec moins de commerce et moins de contamination.

La relation rendement – fertilisation - pertes environnementales

3 types de trajectoires rendement-fertilisation







Lassaletta et al. (2014). Environ. Res. Lett. 9.

LE MEILLEUR DES DÉMONSTRATIONS EN EUROPE

THE BEST OF ALL DEMONSTRATIONS IN EUROPE

Consolider une transition agro-hydrologique:

Arnaud Gobillot et Marc Benoît

Inra SAD, Aster
Mirecourt (Vosges 88)

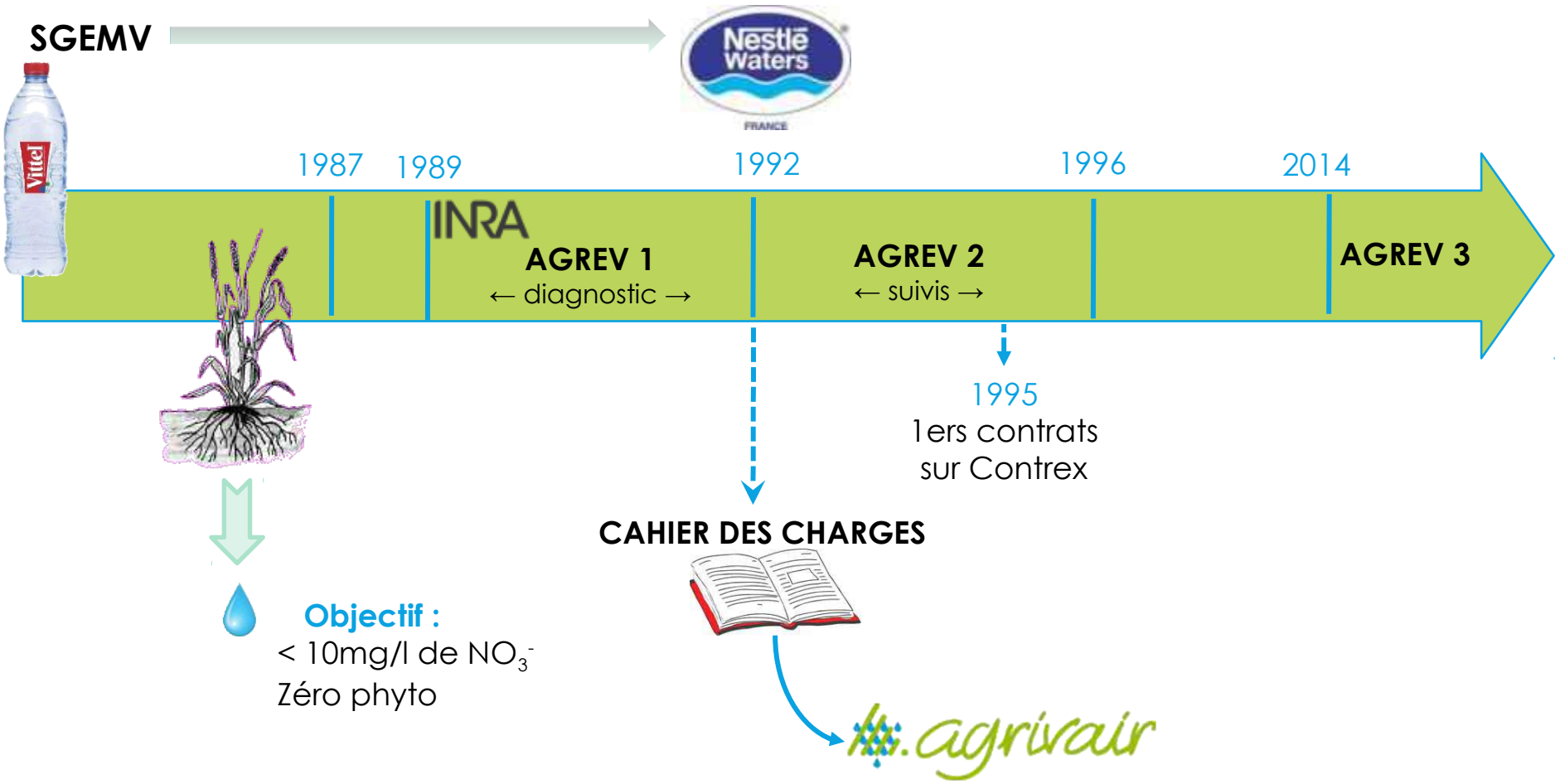
23 & 24 SEPTEMBRE 2015

tech & bio

Une initiative Chambres d'Agriculture

Avec le soutien de UNION EUROPEENNE · L'EUROPE S'ENGAGE en Rhône-Alpes · ONEMA · ÉCOPHYTO RÉDUIRE ET AMÉLIORER L'UTILISATION DES PHYTOS

I. Une recherche action sur l'impluvium depuis 1989



SGEMV : Société Générale des Eaux Minérales de Vittel
AGREV : AGRiculture, Environnement, Vittel (programme de recherche interdisciplinaire)

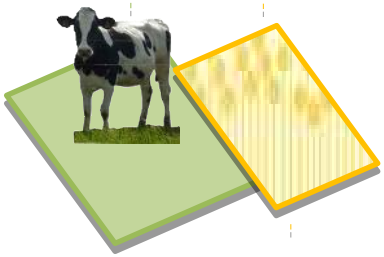
Cahier des charges

1. Supprimer la culture du maïs

2. Composter l'ensemble des déjections animales

3. Ne pas utiliser de produit phytosanitaire

4. Ne pas dépasser 1 UGB/ha de surface fourragère

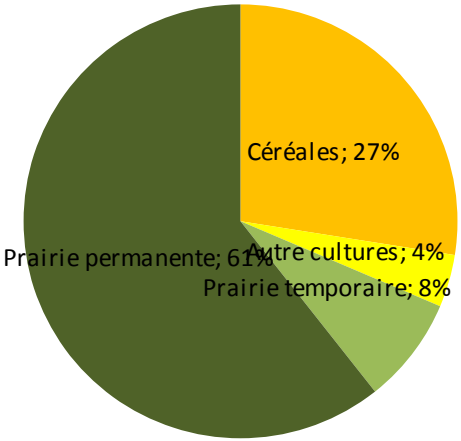


5. Conduire une nouvelle rotation de culture à base de luzerne

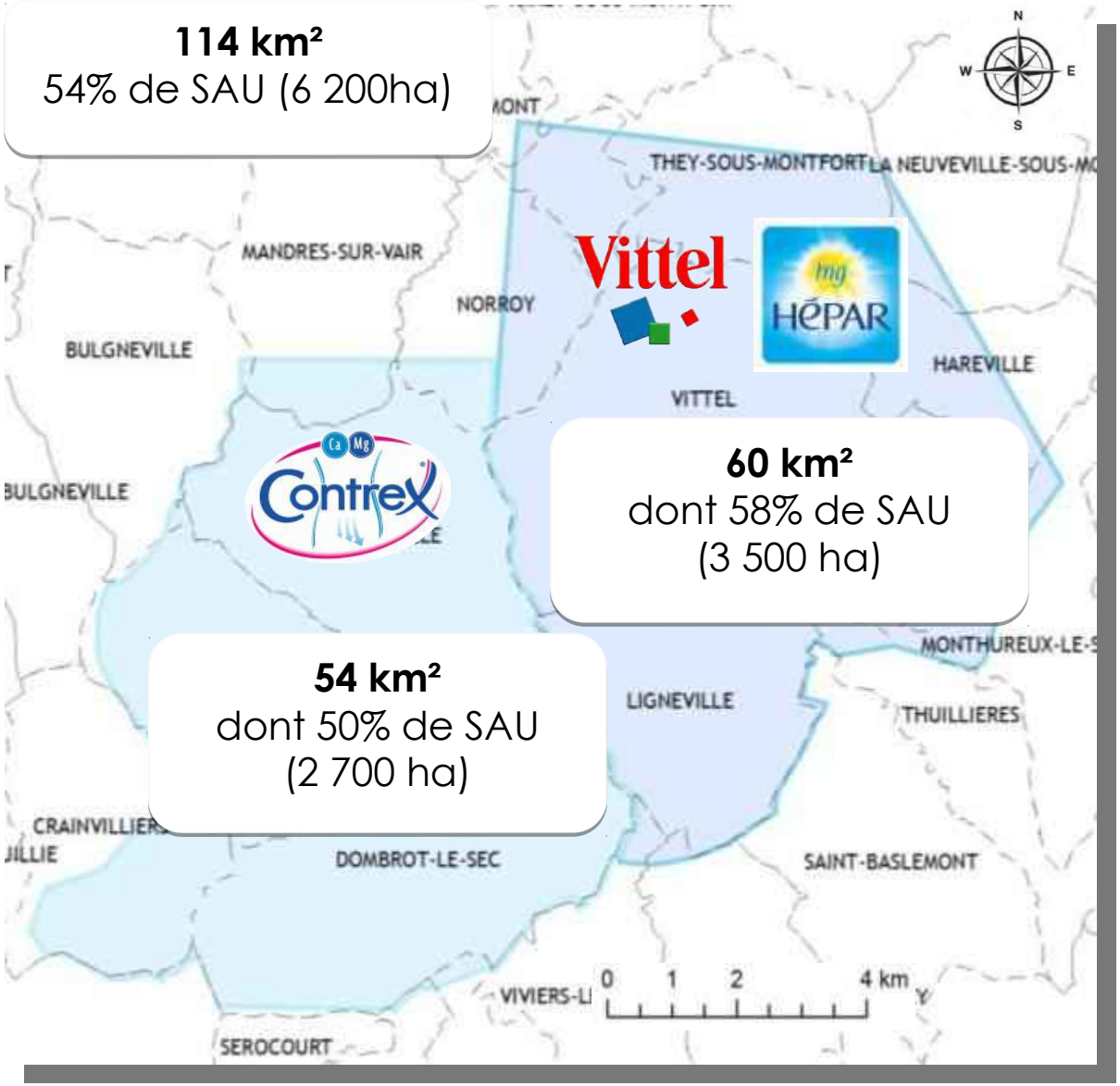
6. Répartition adaptée des effluents organiques sur l'exploitation

Un territoire agricole…

Assollement 2014/2015

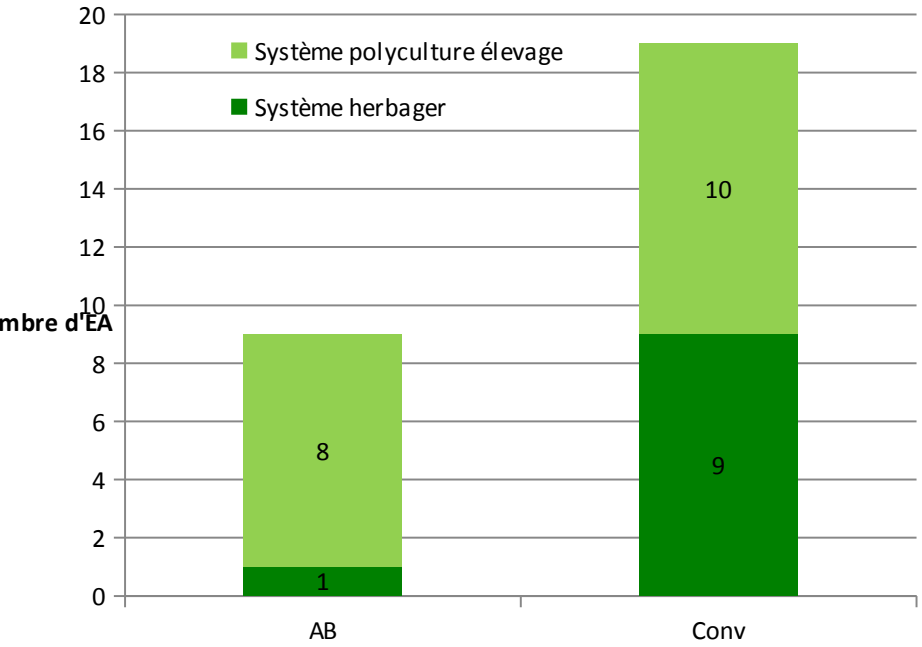


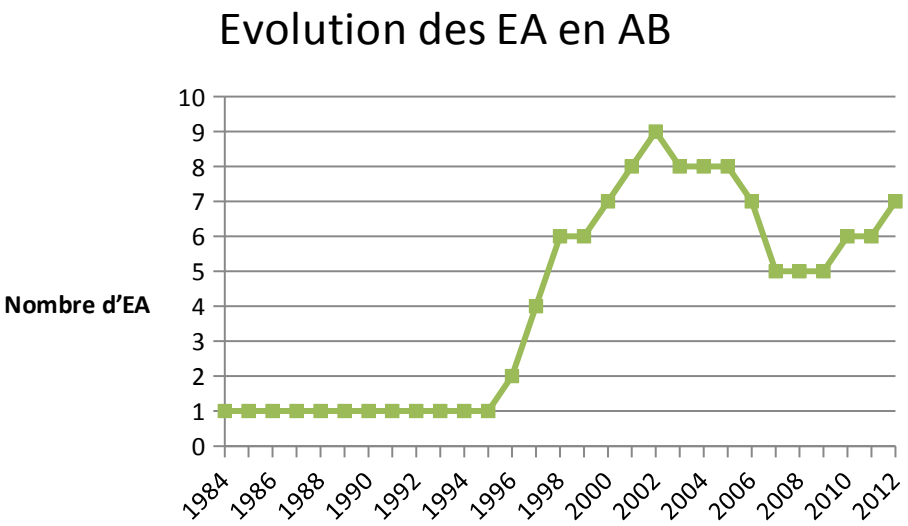
TOTAL



D'après la SAU déclarée en 2010 (RPG)

Une inflexion nette vers l'AB cohérente avec le cahier des charges conventionné

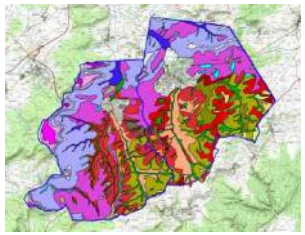




II. Une co-construction de nouvelles pratiques avec les agriculteurs

I. Comparer le cahier des charges actuels et les innovations désirées par les agriculteurs

→ 3 types de sols

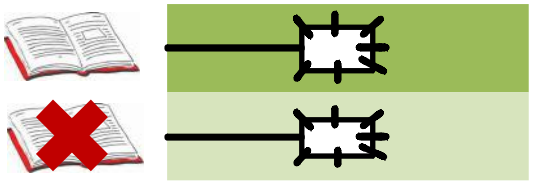


Exploitants Agricoles

→ 4 systèmes de cultures

- Prairie Naturelle
- Prairie Temporaire
- Cultures hivernales
- Cultures printanières

→ 2 configurations

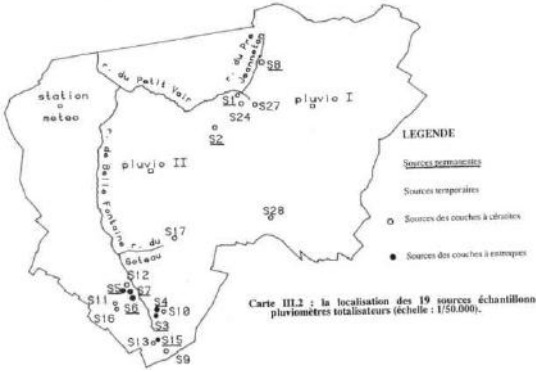


Soit:
- 12 Parcelles
- 2 Sites par parcelles
- 7 bougies par site

168 Bougies

2 352 échantillons

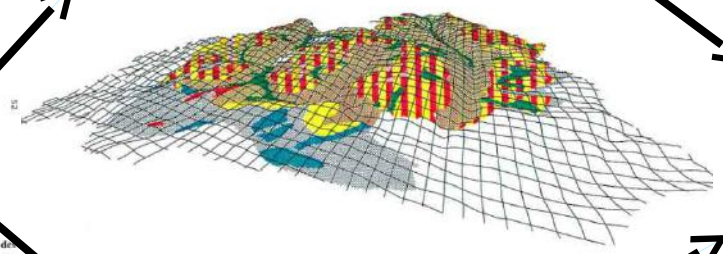
II. Suivi des sources comme indicateur des évolutions de la qualité de l'eau



Carte des sources

18 sources

Carte pédologique en relief

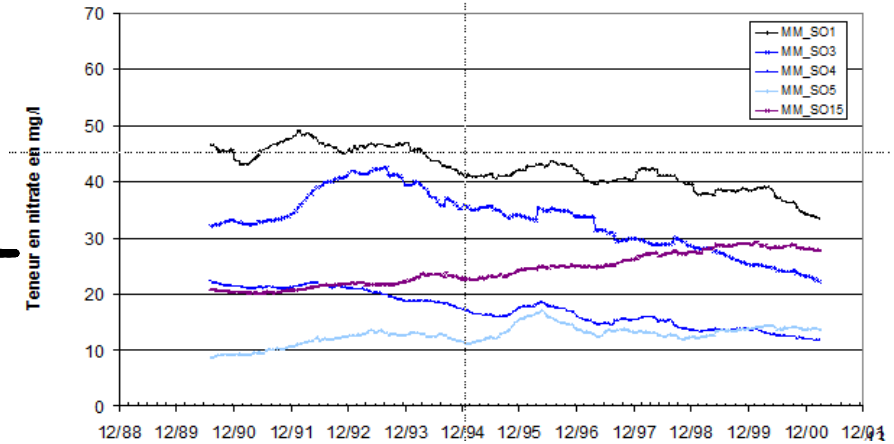


Ou étude BRGM

<u>Surface:</u>
16 à 984 hectares
1/3 de la surface
du territoire de Vittel

- 1 échantillonnage tous les 15 jours
- Mesure de débit bi-annuel

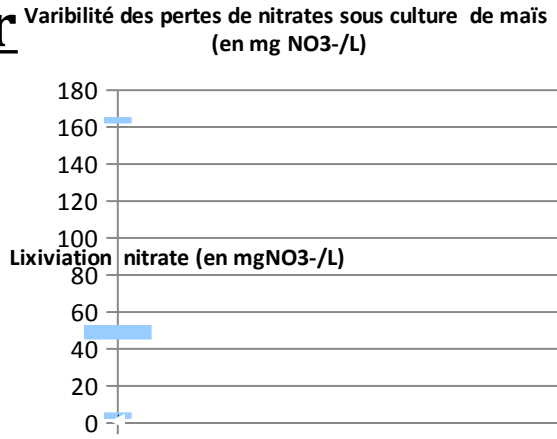
- Modélisation des teneurs en nitrates des sources à partir des informations collectées sous BP



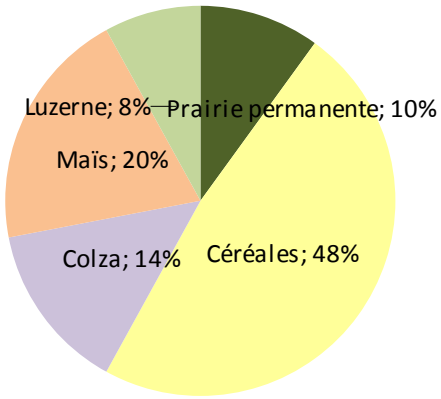
Evolution des concentrations en nitrate de 5 sourcettes (Avril 1989- Avril 2000)

III. Tenir l'objectif de 10 mg NO_3^-/L

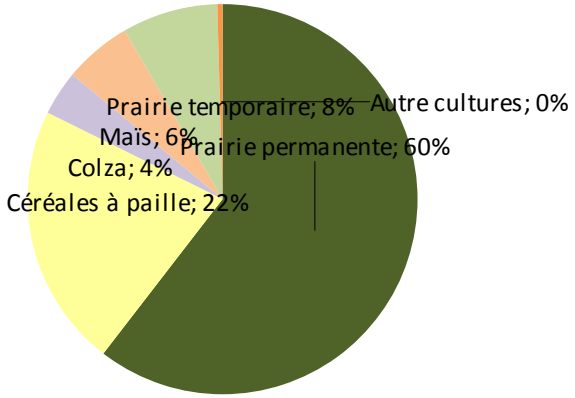
Modifier l'assolement: le changement majeur



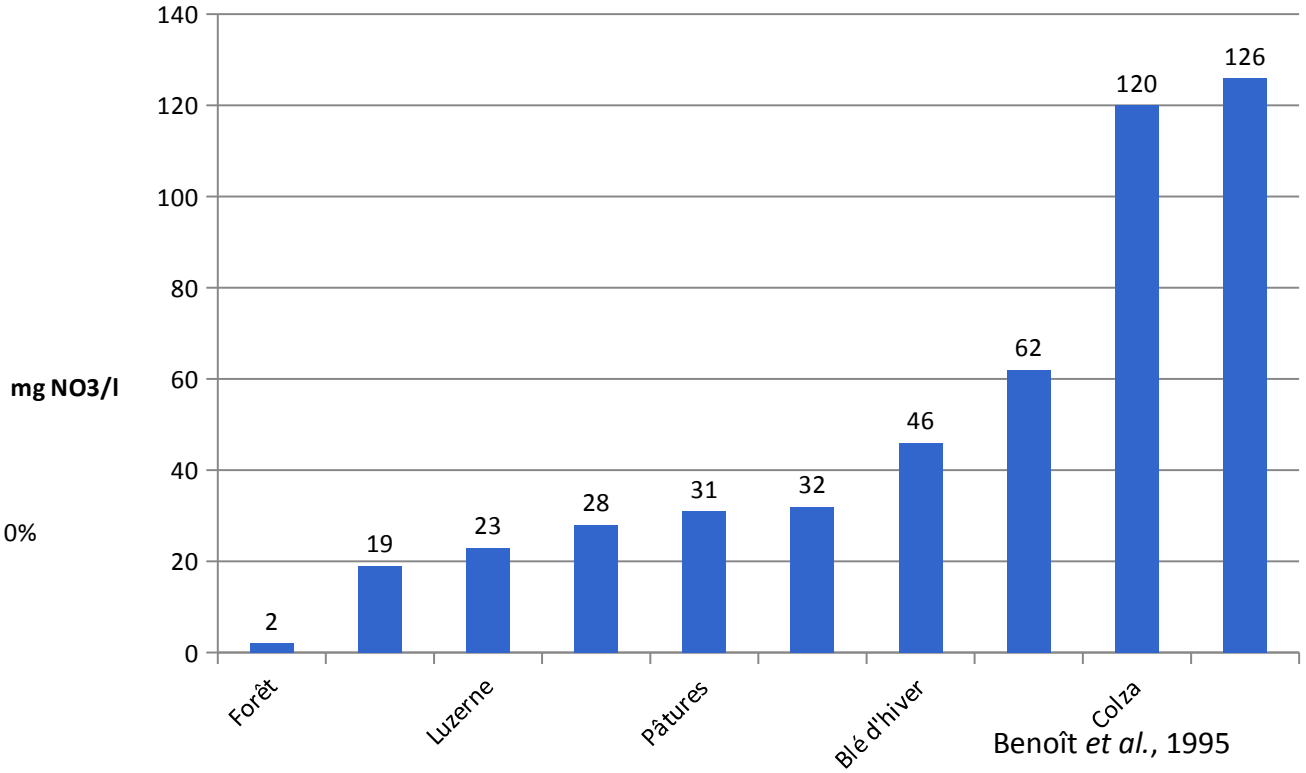
Assollement Vittel 1991



Assollement 2014/2015



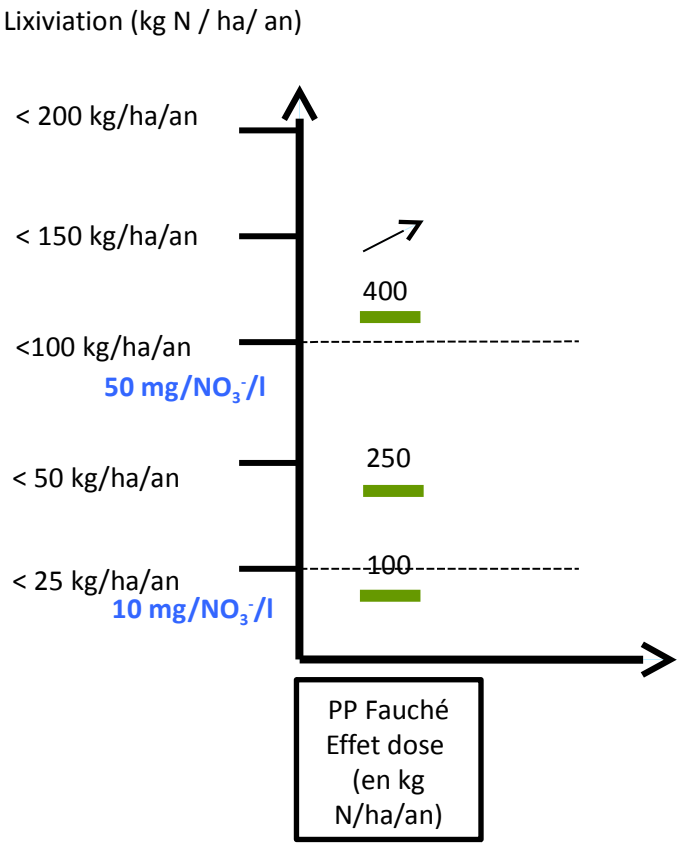
Moyenne mg NO3/l par type de couvert (1989 -1992):

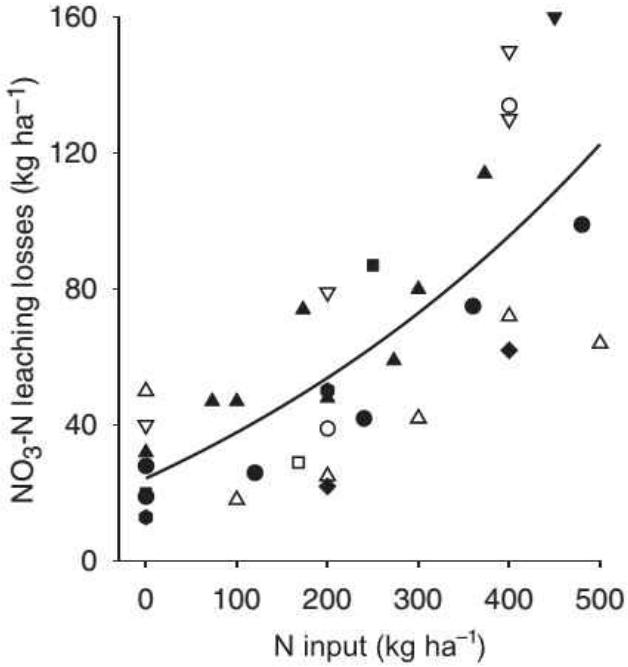


Benoît *et al.*, 1995

La prairie

→ Fertilisation azotée pratiquée



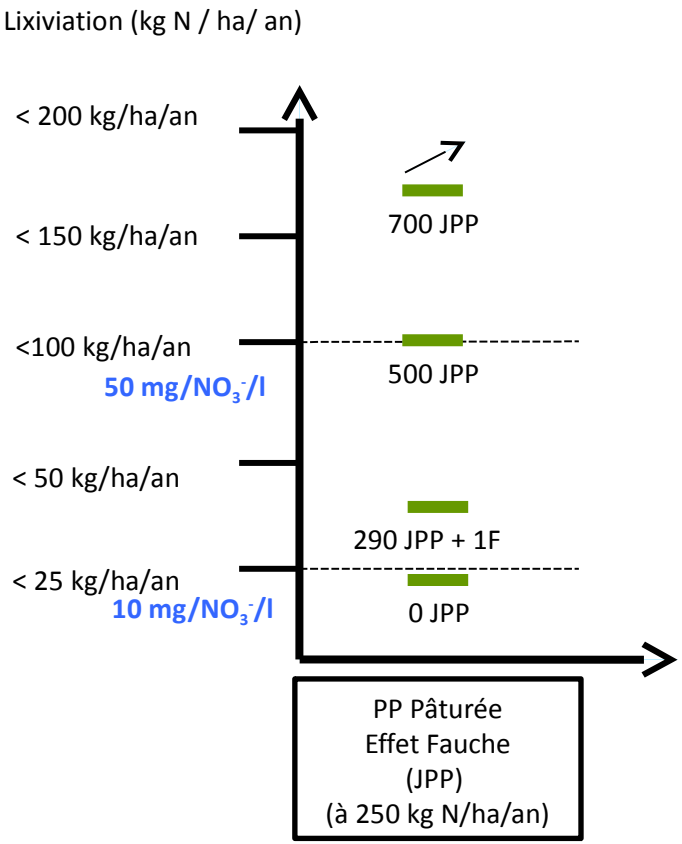


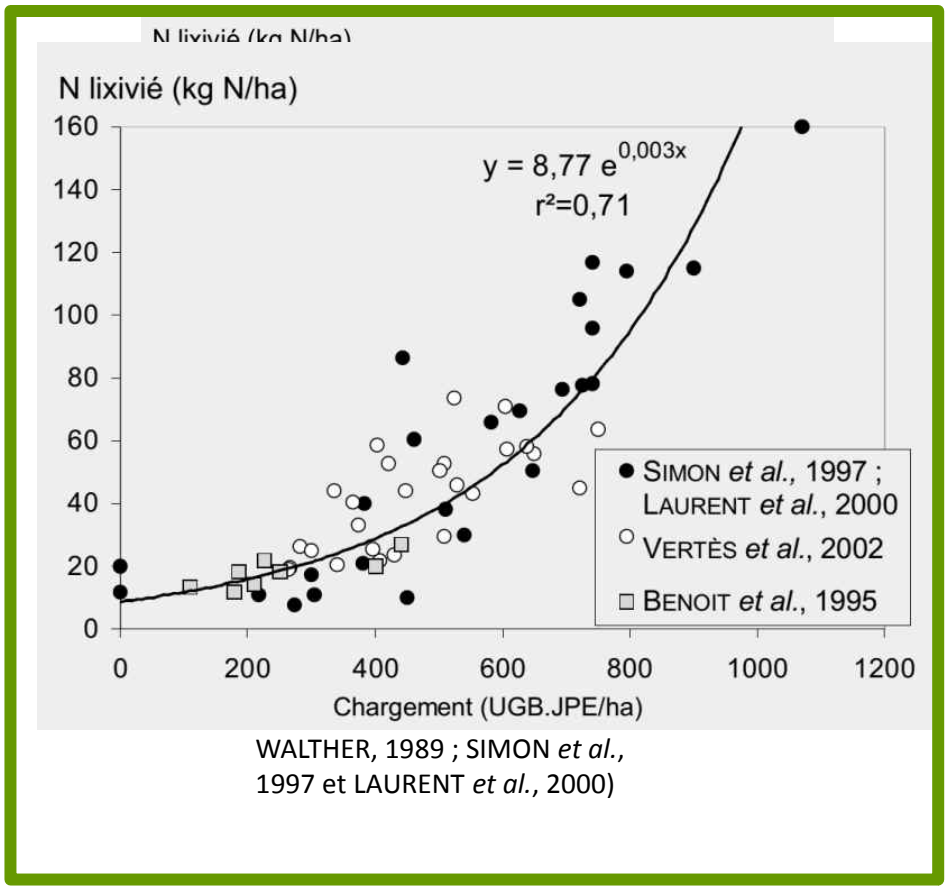
Wachendorf et al. 2004

Vertès et al. 2007
Laurent et al. 2000
Simond et al. 1997

→ Proportion de fauche

→ Niveau de chargement du pâturage et notamment du nombre de journées de pâturage





WALTHER, 1989 ; SIMON *et al.*, 1997 et LAURENT *et al.*, 2000)

→ Epoque de l'apport des engrais

→ Taux de trèfle

Decau and Salette, 1994
Vertès et al. 2007
Laurent et al. 2000

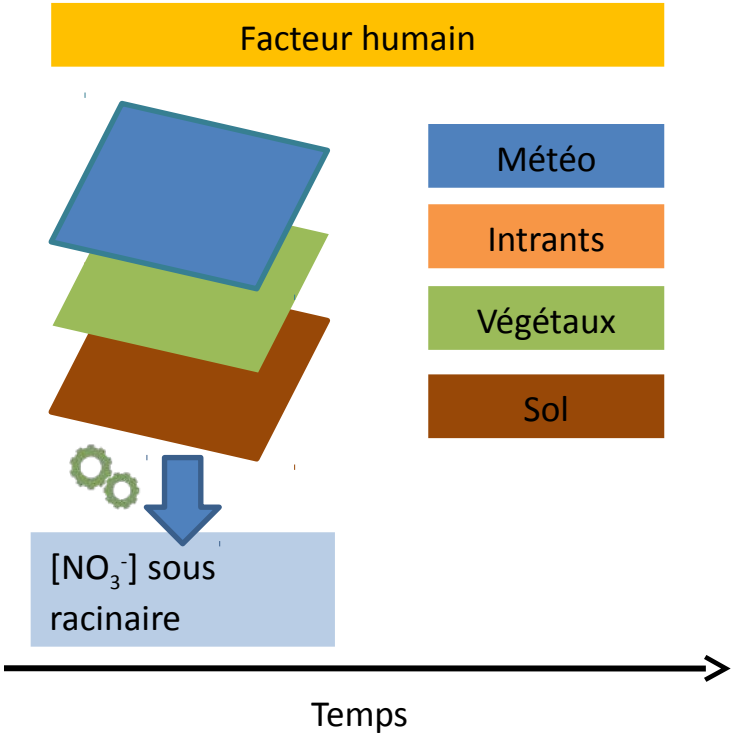
IV. Comment tenir sur le long terme ?

Constat d'un changement:

Intensification de la production

Croisière ou retraite proche

- Intérêt de la praire
- Distorsion entre le respect des pratiques à l'intérieur et à l'extérieur de l'impluvium
- Introduction de la culture de maïs
- Doses et dates d'épandages
- Compostage
- Chargement
- Utilisation de produit phytosanitaire



… C'était: Consolider une transition agro-hydrologique:

Arnaud Gobillot, Marc Benoît,

Inra SAD, Aster
Mirecourt (Vosges 88)

Bibliographie

Benoit M. (1994) : "Risques de pollution des eaux sous prairies et sous culture. Influence des pratiques d'apport d'engrais de ferme", Fourrages, 140, 407-420

Laurent F., Vertes F., Farrugia A., Kerveillant P. (2000) : “Effet de la conduite de la prairie pâturée sur la lixiviation du nitrate. Propositions pour une maîtrise du risque à la parcelles”, Fourrages, 164, 397-419

Le Gall A., Cabaret M.M. (2002) : Mise au point de systèmes laitiers productifs et respectueux de l’environnement. Compte rendu de l’expérimentation conduite à la station de Crécom de 1995 à 1998. Compte-rendu n° 2023301.

Simon J.C., Peyraud J.L., Decau M.L., Delaby L., Delagarde R. (1996) : "Gestion de l'azote dans les systèmes prairiaux pâturés permanents ou de longue durée", *Maîtrise de l'azote dans les agrosystèmes*, Reims, 19-20 novembre 1996, *Les colloques de l'INRA*, n°83, 201-216

Vertès F., Simon J.C., Giovanni R., Grignani C., Corson M., Durand P., Peyraud JL.2007 .Flux de nitrate dans les élevages bovins et qualité de l’eau : variabilité des phénomènes et diversité des conditions

Vertès F., Simon J.C., Le corre L., Decau M.L. (1997) : “Les flux d’azote au paturage. II- Etude des flux et de leurs effets sur le lessivage”, Fourrages, 151, 263-280

Wachendorf M., Buchter M., Trott H., Taube F. (2004) : “Performance and environmental effects of forage production on sandy soils. II. Impact of defoliation system and nitrogen input on nitrate leaching losses”, Grass and Forage Science, 59, 56-68.

Site internet:

http://www.afpf-asso.fr
http://www7.inra.fr/vittel/index.htm

Résumé:
Le programme de recherche AGREV (Agriculture-Environnement Vittel), démarré depuis 1989, a initié des solutions pour préserver la qualité des ressources en eau souterraine au sein de l'impluvium de Vittel-Contrexéville (Vosges). L'installation de dispositifs de mesures et l'étude territorialisée des pratiques des agriculteurs, sur les 11 000 hectares de l'impluvium, ont été les deux dispositifs agronomiques au cœur de l'innovation technique. La transition agro-hydrologique proposée s'est appuyée sur une innovation de rupture concernant: (i) la gestion des effluents, (ii) le choix des systèmes de culture, (iii) le chargement au pâturage, et (iv) l'arrêt de l’utilisation de tout produit phytosanitaire. A travers la présentation des résultats mesurés sous différents systèmes de culture et des actions menées par la société Agrivair (Filiale de Nestlé Waters), nous tacherons de montrer en quoi le pari passé a permis de concilier performance économique des exploitations agricoles et qualité de l'eau. L'enjeu actuel est de consolider cette transition agro-hydrologique.

Comparaison AB et Conventionnel

Auteur: Koepf, 1973; Kristensen et al., 1994, Kristensen et al., 1994, Larramendy, 2003

- Charge en azote généralement faible
- Maximise l'utilisation d'engrais vert
- Nombre d'animaux d'une ferme biologique est limité par la production de fourrage

Auteur: Powlson *et al.*, 1989 ; Bergström et Kirchman, 1999, Scheller et Vogtman, 1995, Østergaard *et al.*, 1995, Kristensen *et al.*, 1994; Barry *et al.* (1993)

- Utilisation d'engrais organiques (déjections animales, engrais verts, résidus de récolte) implique une désynchronisation entre les besoins en azote des plantes et la fourniture en azote du sol.
- Niveaux de nitrates sont en moyenne plus élevés en Agriculture Biologique (1300 parcelles)
- Agriculture conventionnelle sans élevage, présente des teneurs en azote du sol significativement plus basse