

ESCAPADE

<http://www.n-escapade.fr/>

Partenaires

ECOSYS, INRA-AgroParisTech, Grignon
SAS, INRA-AgroCampus, Rennes
ASTER, INRA, Mirecourt
SOLS, INRA, Orléans
MaIAGE, INRA, Jouy-en Josas
PEGASE, INRA-AgroCampus, Rennes
FIRE : METIS, UPMC-CNRS, Paris
IRSTEA, Antony
MinesParisTech, Fontainebleau
ECOLAB, CNRS-UPS-INPT, Toulouse
ARVALIS-Institut du Végétal, Boigneville
TERRENA, Angers
TRISKALIA, Landerneau

Sous-contractants

INRA-Transfert, Paris
CERFACS, Toulouse
LISIC, Calais
BEF, INRA, Nancy
BIA, INRA, Toulouse
CESBIO, Toulouse
LISA, CNRS-UP7-UP12, Créteil
Terres Inovia, Grignon

Evaluation de Scénarios sur la Cascade de l'Azote dans les Paysages Agricoles et moDElisation territoriale

1^{er} février 2013 – 31 juillet 2017

Coord. Jean-Louis Drouet (INRA ECOSYS Grignon)

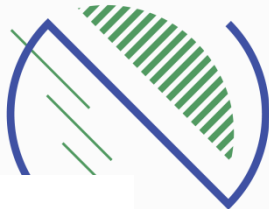


ANR-12-AGRO-0003

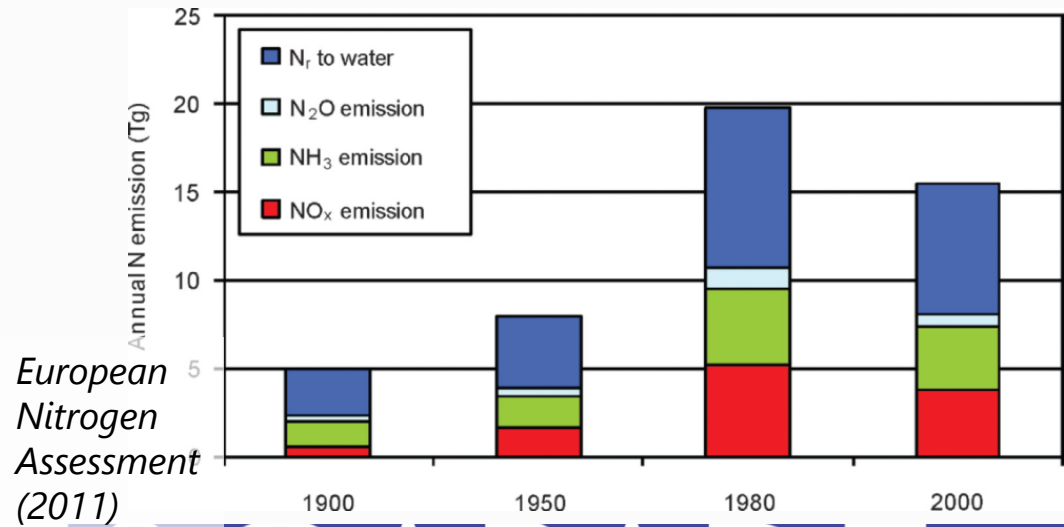
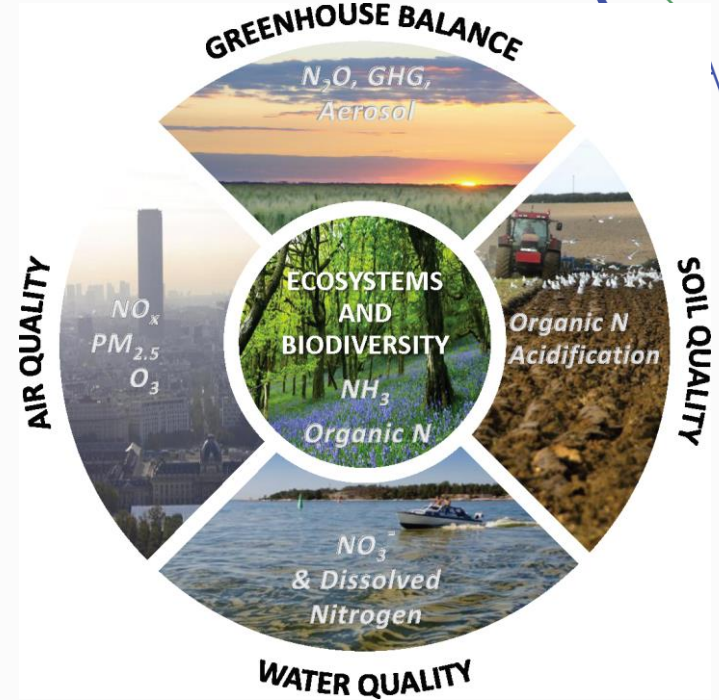
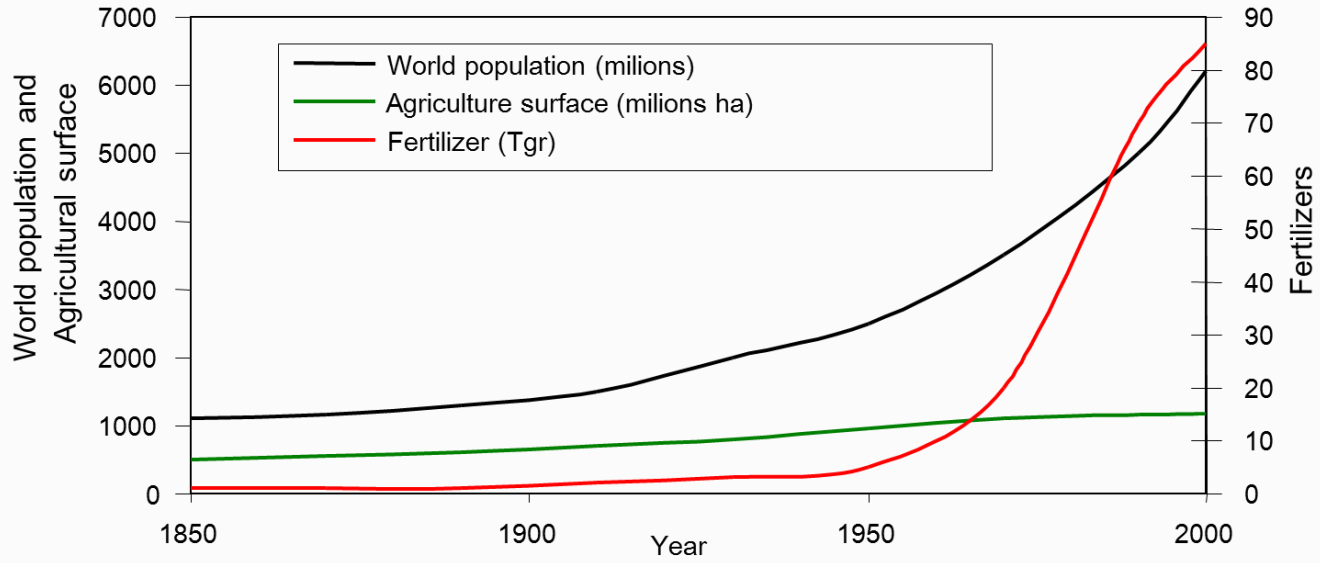
Rencontres du GIS GC-HP2E – 17 janvier 2017 – Paris



Enjeux de l'azote en agriculture



SCAPADE



European Nitrogen Assessment (2011)

Multi-polluants : N₂O, NO_x, NH₃, NO₃⁻...

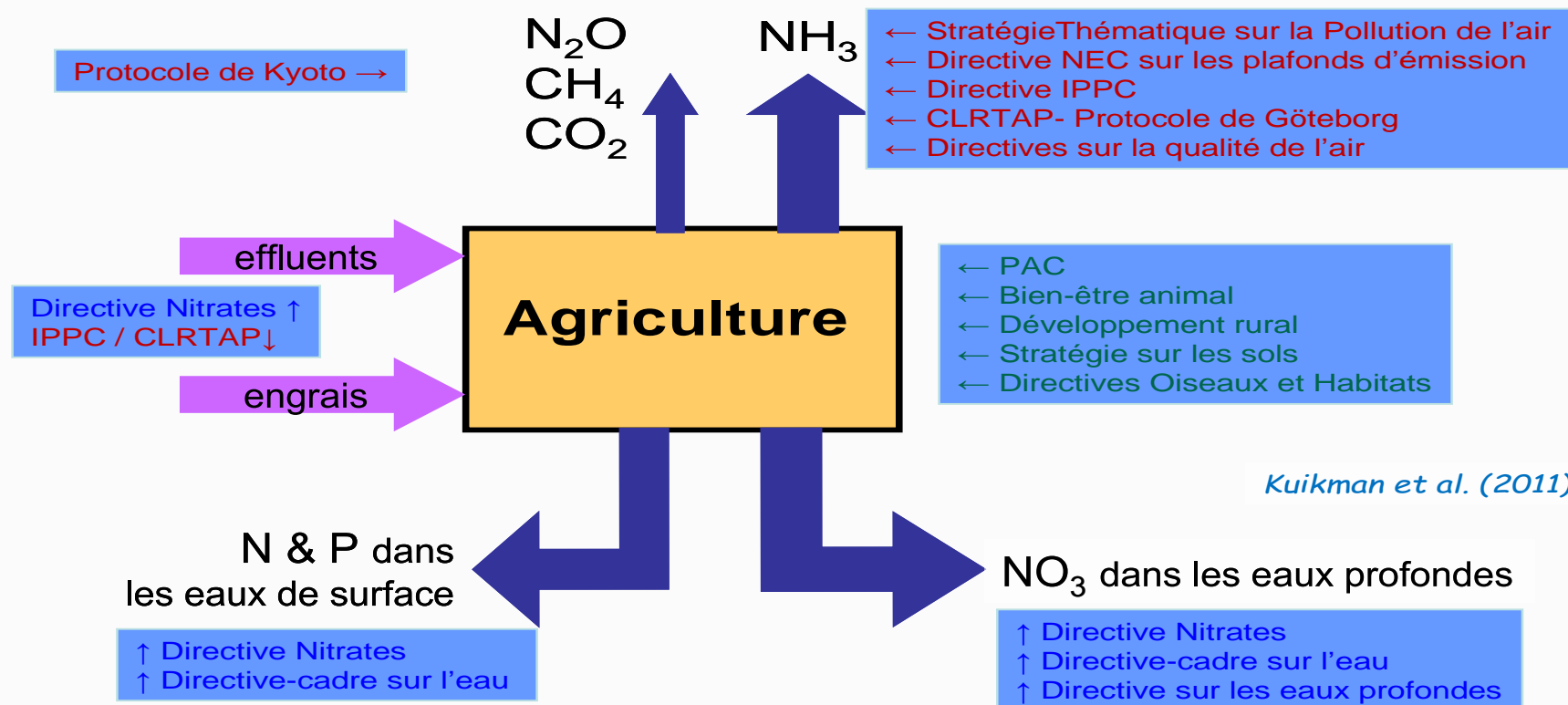
Multi-sources : agriculture, fossile, naturel

Multi-récepteurs : cultures, prairies, forêts, cours d'eau, humains...

Multi-impacts : GHG, air, sols, eaux, biodiversité, santé...

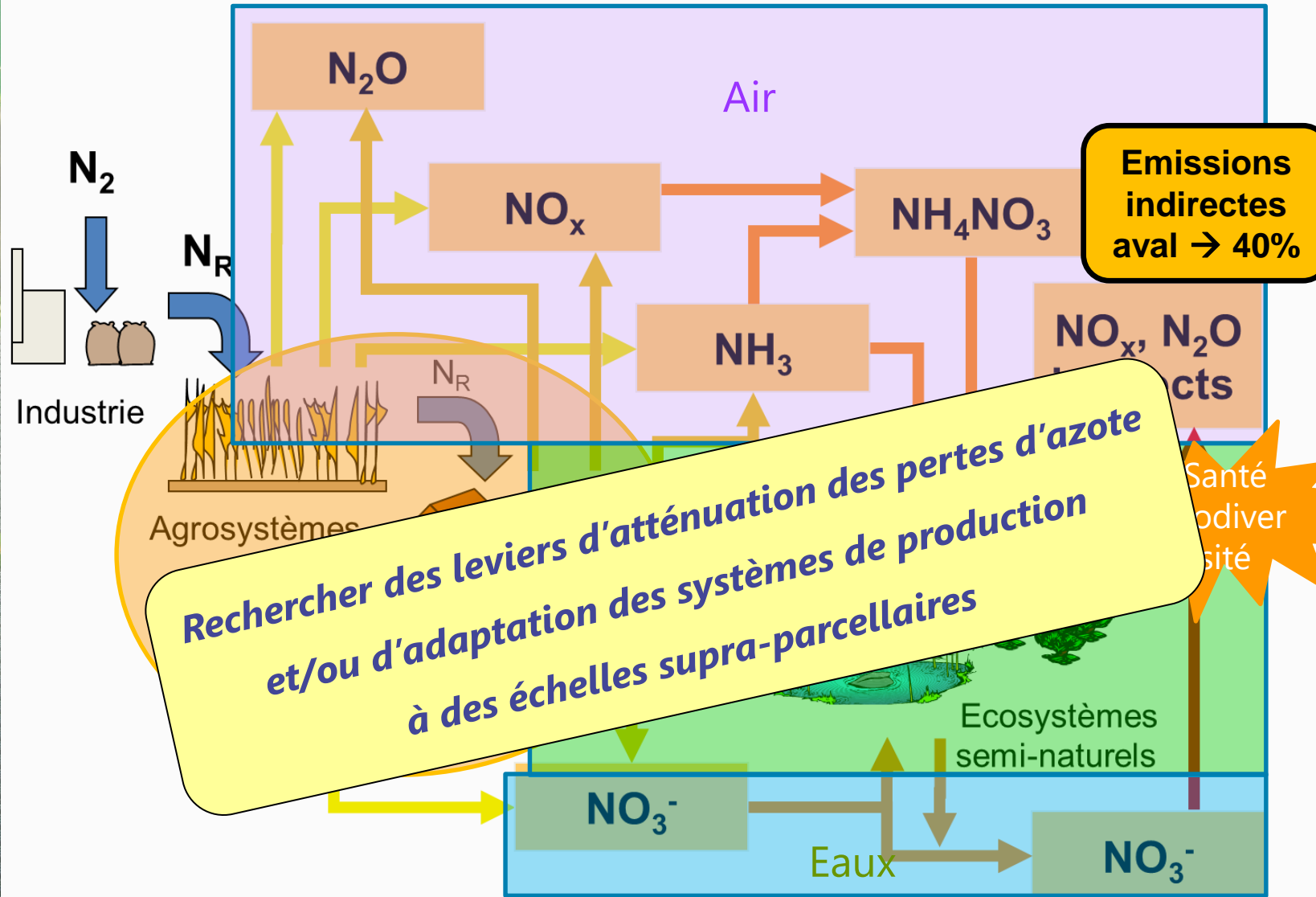


Politiques mises en œuvre sur l'azote



Mais des approches par **éléments** (C, N, P), par **espèces** (NO₃⁻, NH₃, NO, N₂O...)
par **milieux** (eaux et sols, agro-écosystèmes, air) par **processus**
par **disciplines** plus ou moins cloisonnées, par **secteurs**
à des **échelles** variées
... d'où des politiques **disjointes** et parfois **antagonistes**
→ **Nécessité d'approches plus intégrées**

Cascade de l'azote dans les paysages ruraux



Paysage

- ✓ Ensemble de **sources** (activités **anthropiques** : bâtiments d'élevage, parcelles cultivées...) et de **puits** d'azote (zones **semi-naturelles** : prairies permanentes, bandes enherbées, haies, forêts, fossés, cours d'eau...)
- ✓ De **distribution hétérogène** et d'**intensités variables**
- ✓ En **interaction spatiale** et **temporelle**
- **Système complexe**
- **Processus nombreux**
- **Impacts multiples**

Objectifs d'ESCAPADE



➤ Evaluer les effets de la gestion N, des conditions de sol et de climat et de la structure du paysage sur la cascade N et les pertes d'N

- ✓ 2 échelles : sites expérimentaux (3-50 km²) et territoires englobants (1000-2000 km²) (x 4)
- ✓ scénarios – observations – modélisations

➤ Proposer des stratégies d'atténuation des pertes N et d'adaptation des agroécosystèmes

Leviers à différentes échelles :

- ✓ parcelles et bâtiments d'élevage : apports N, alimentation...
- ✓ exploitations agricoles : successions culturales, cultures intermédiaires...
- ✓ sites instrumentés : zones tampons, haies...
- ✓ territoires englobants : relocalisations des activités agricoles...

➤ Construire un partenariat interdisciplinaire

recherche – développement – action



ESCAPADE

Vision sur 4 sites et territoires contrastés

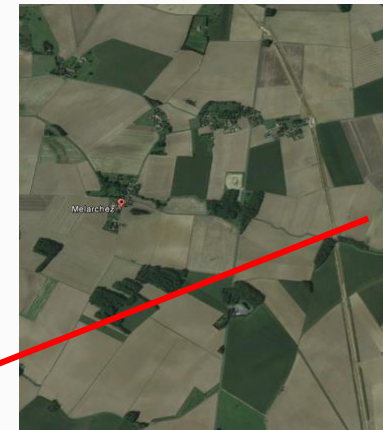


Kervidy-Naizin (4.9 km²)
(C. Flechard, SAS)
→ **Blavet** (2029 km²)
Climat tempéré humide
Sol cristallin
Elevage intensif + hors-sol,
forts excédents d'N
Suivi hydro intensif depuis 1992



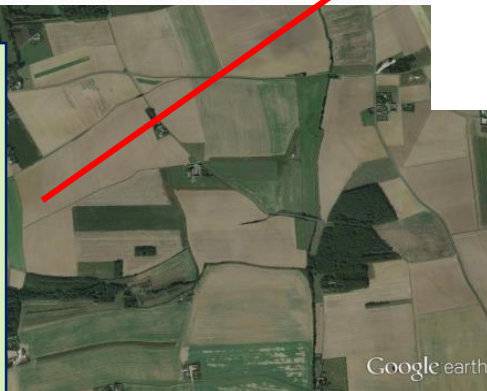
T1
(F. Laurent, ARVALIS)
Scenarios
Gestion N
Motifs paysagers

Avenelles (50 km²)
(G. Tallec, IRSTEA,
J. Garnier, METIS)
→ **Grand Morin** (1200 km²)
Climat semi-continentale
Sol marneux
Polycultures-forêt
Elevage extensif
Suivi depuis 1962



T4 & T5
(P. Cellier & J.L. Drouet, ECOSYS)
Collecte et gestion
des données
Sites

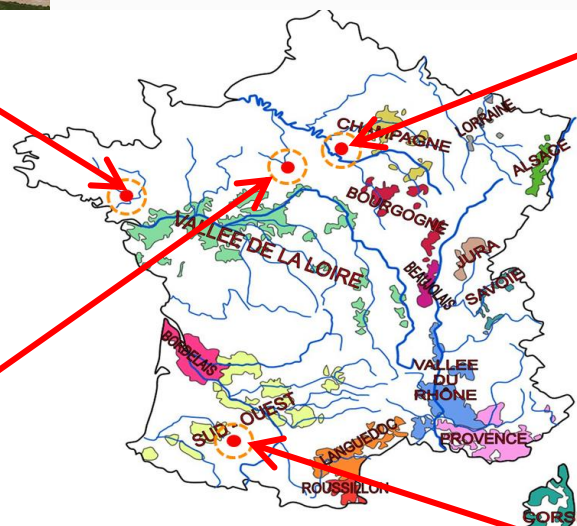
OS² (10 km²)
(C. Hénault, C. Pasquier, USS)
→ **Haut-Loir**
Climat semi-continentale
Sol sédimentaire drainé
Polycultures
Suivi depuis 2008



T3
(G. Billen, METIS)
Modélisation cascade N
Territoires
(qqz 100 km²)

T2
(P. Durand, SAS)
Modélisation cascade N
Sites
(3-50 km²)

Auradé (3.2 km²)
(A. Probst, ECOLAB)
→ **Save** (1115 km²)
Climat tempéré sec,
forte contrainte hydrique
Substrat imperméable
Polycultures
Suivi depuis 1982

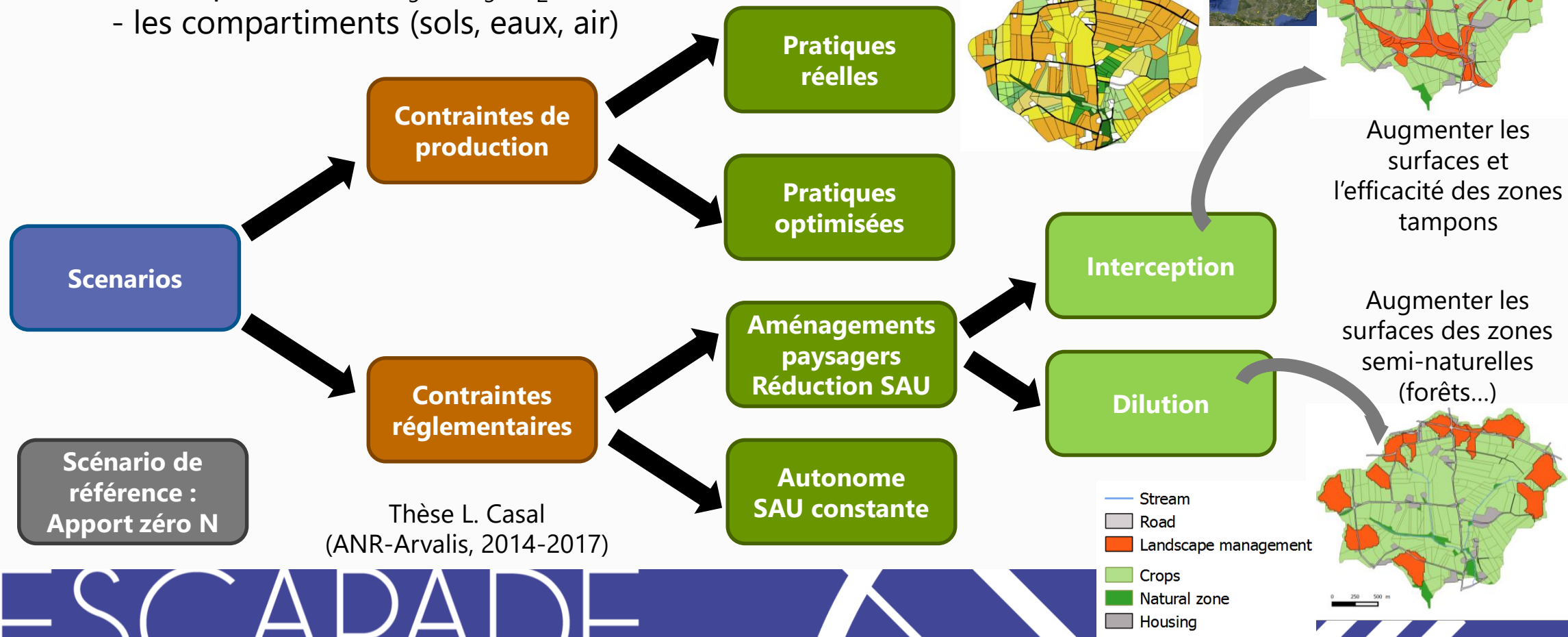


Scénarios de gestion de l'azote et des paysages

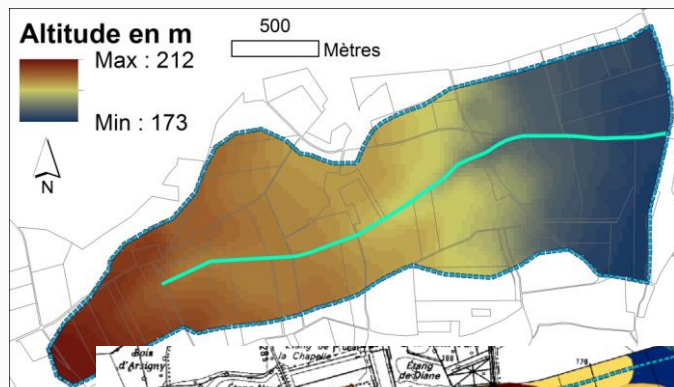


➤ **Evaluer des leviers aux échelles parcelle-exploitation-site-territoire** pour

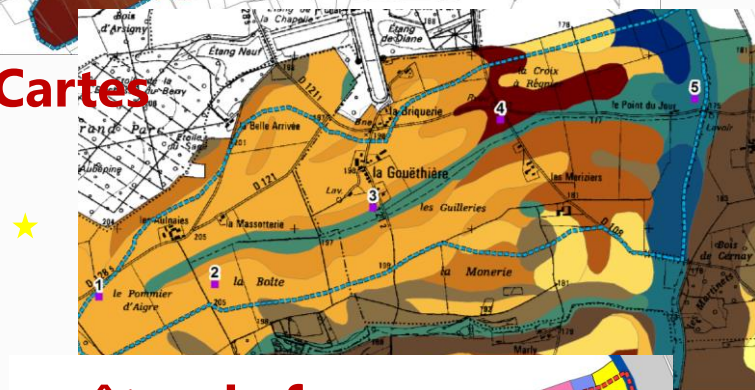
- ✓ augmenter la NUE et la rétention/capture d'N par les paysages
- ✓ réduire les pertes d'N et les transferts de pollution entre :
 - les zones cultivées et les zones semi-naturelles
 - les espèces Nr (NO_3 , NH_3 , N_2O)
 - les compartiments (sols, eaux, air)



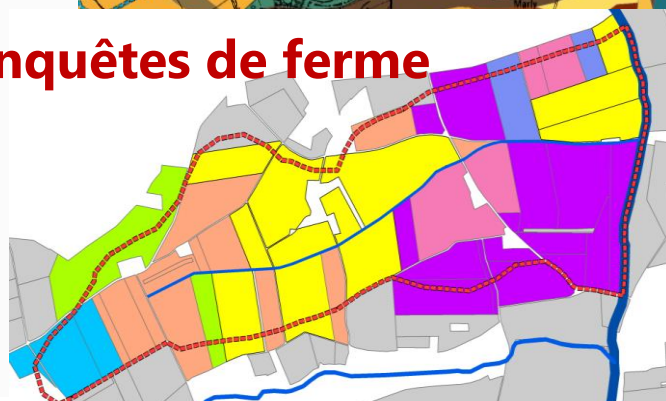
Collecte de données sur 4 sites contrastés



Cartes



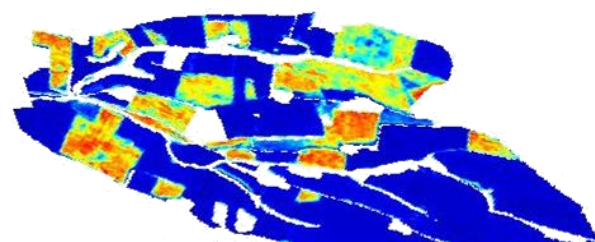
Enquêtes de ferme



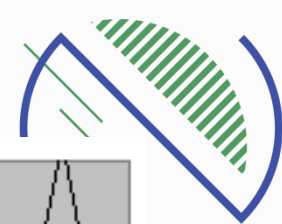
Mesures biophysiques



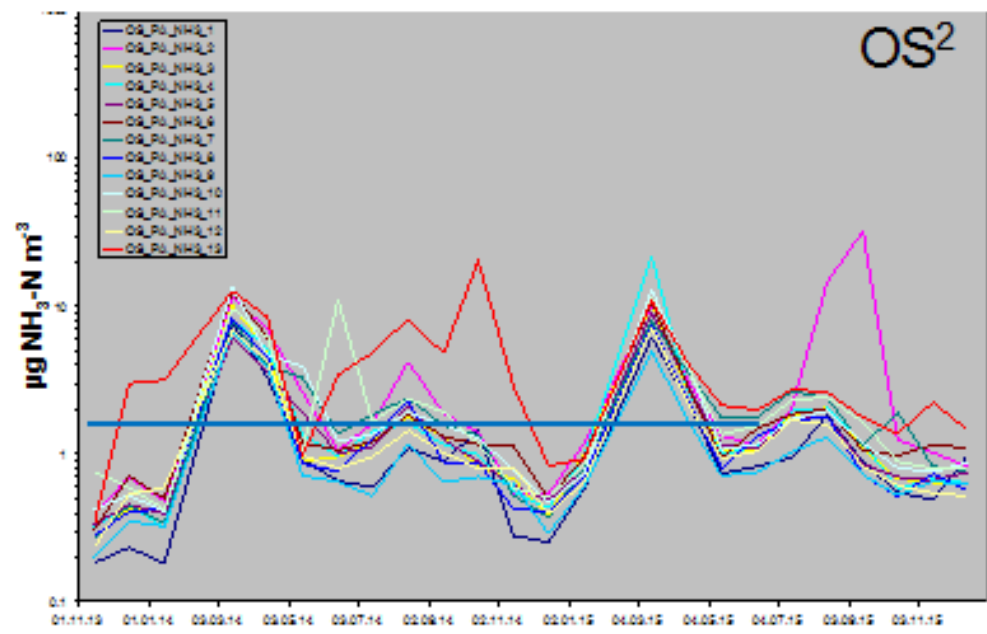
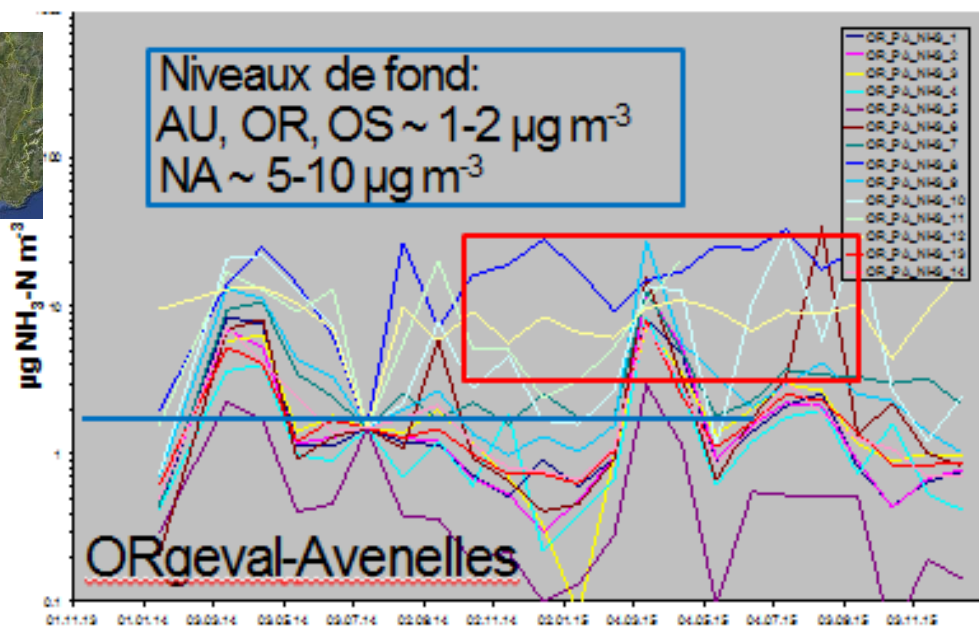
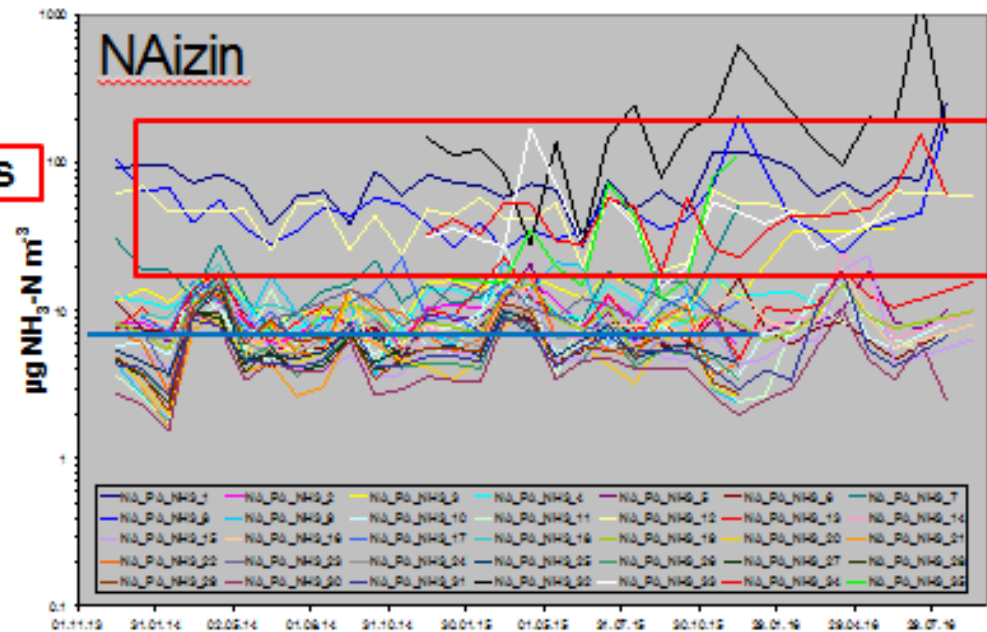
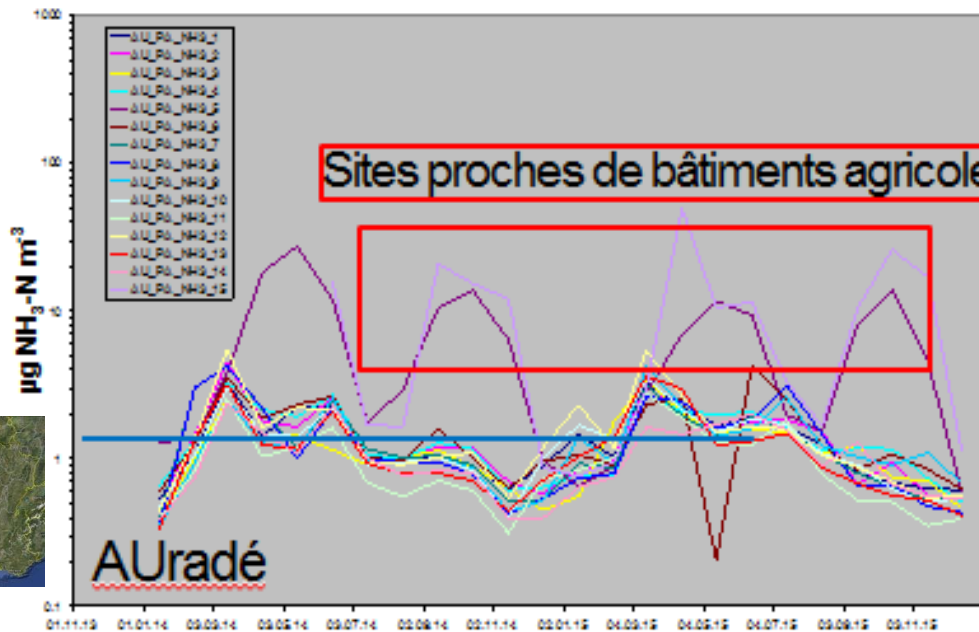
Téledétection



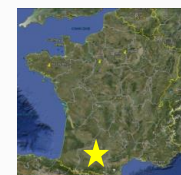
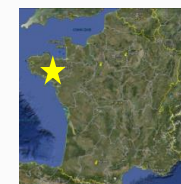
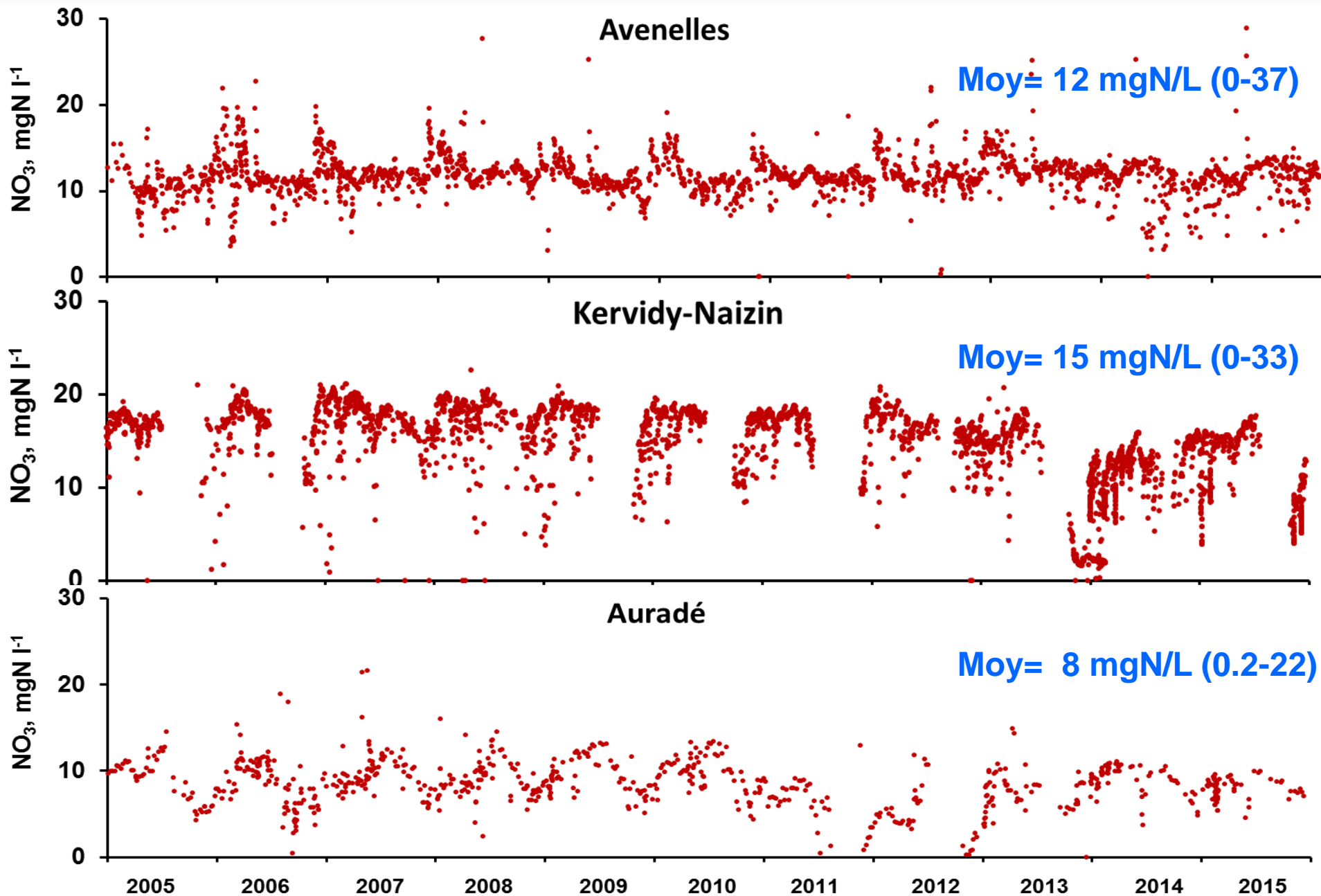
Evolution des concentrations en NH_3 sur les 4 sites



APADÉ



Evolution des concentrations en NO_3 sur les 4 sites



Modélisation intégrée de la cascade N dans les sites



NitroScape

(Duretz et al., 2011)

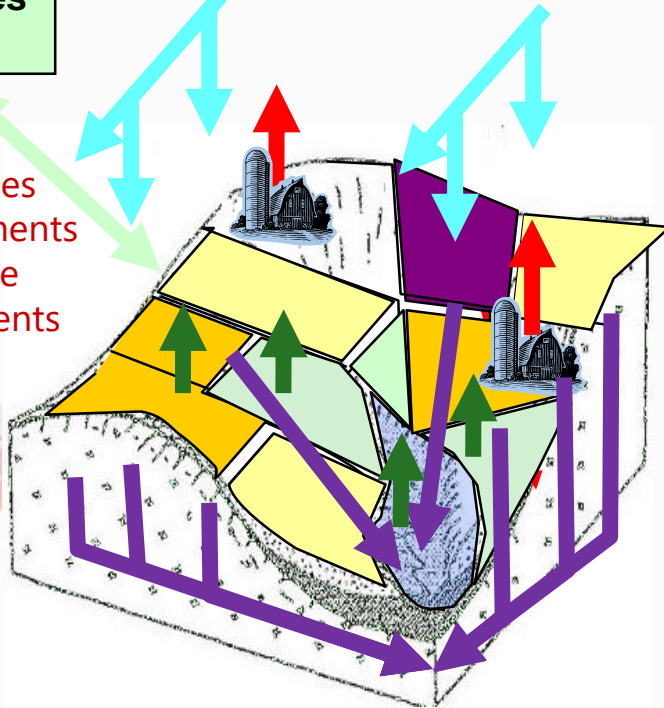
Emission, dispersion, transfert
et dépôt atmosphérique
(FIDES-3D-Surfatm)

Base de données
spatialisées

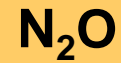
Emissions par les
animaux en bâtiments
et les zones de
stockage d'effluents
(FarmEF)



Transferts et
transformations
dans le sol et
la végétation
(CERES-EGC)



Transfert hydrologique (TNT)



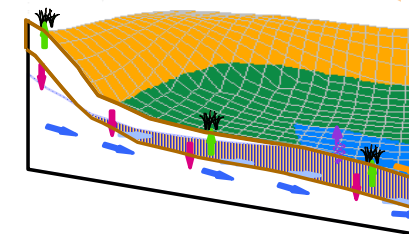
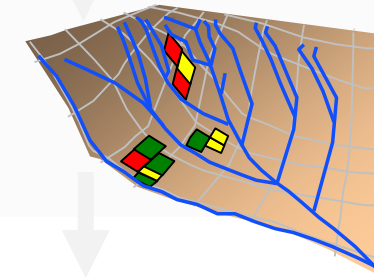
Couplage modèles
élémentaires

Casimod'N

(Moreau et al., 2013)



Stratégie des éleveurs (Melodie)
- assolement (Tournesol)
- itinéraires techniques (Fumigène)

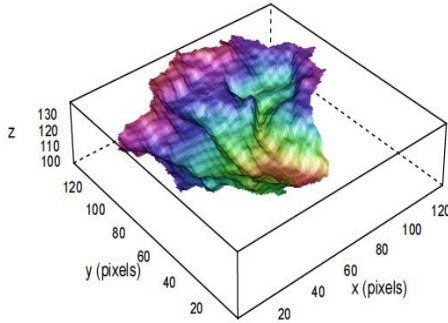
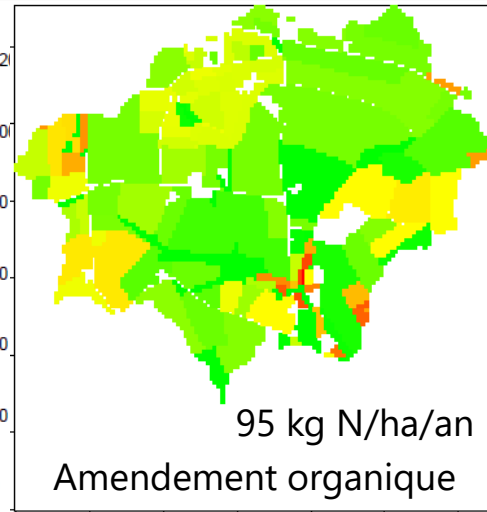
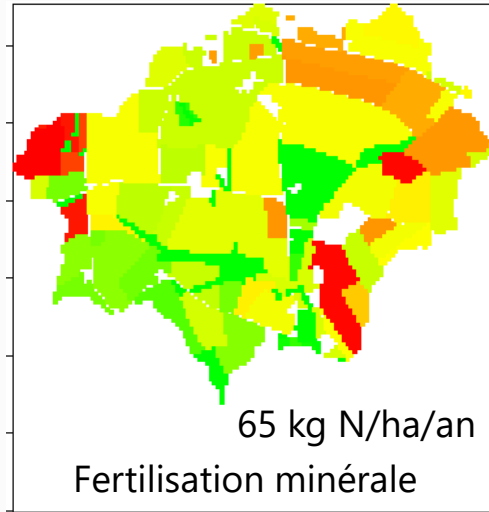


Transfert hydrologique et
Modélisation des cultures (TNT2)

Application des modèles aux sites

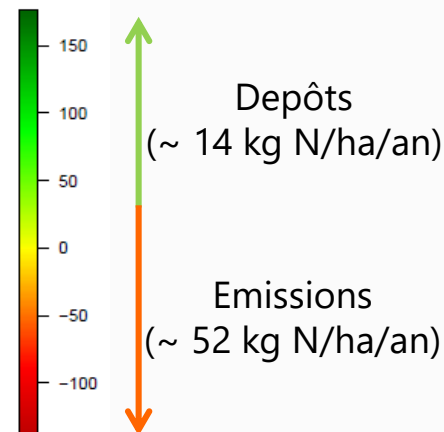
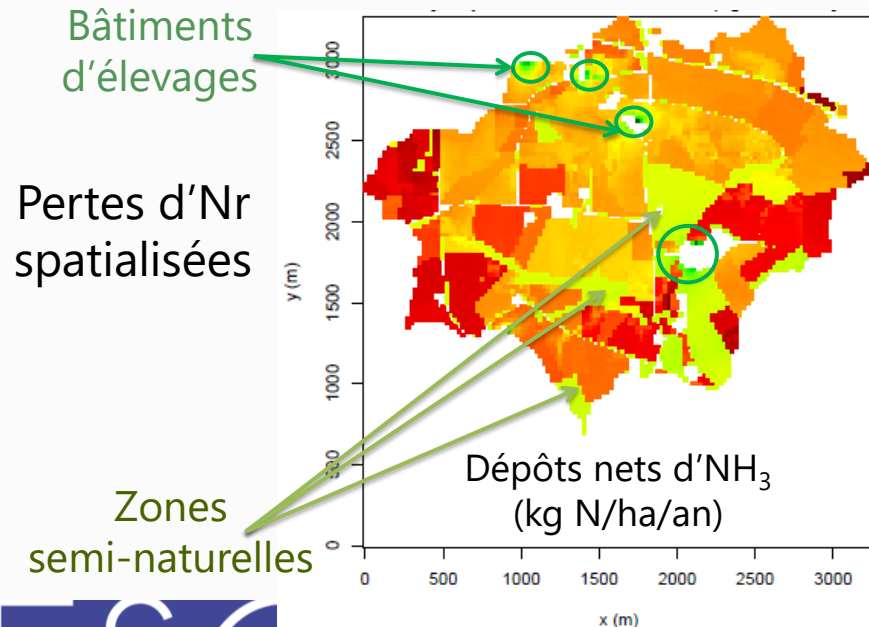


Données d'entrée spatialisées

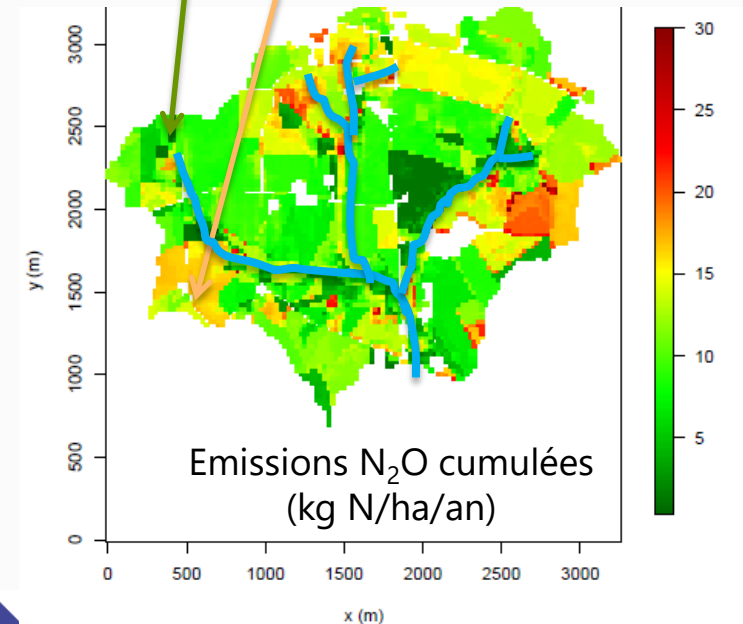


Zones fertilisées en tête de bassin:
N₂O direct 12 kg N/ha/an

Zones semi-naturelles de bas-fond:
N₂O indirect 4 kg N/ha/an



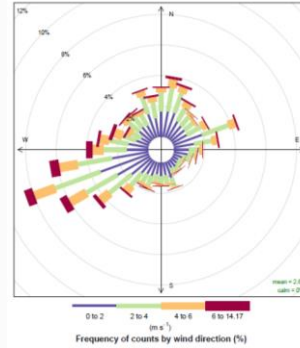
Postdoc
C. Benhamou
(ANR, 2014-2017)



Evaluation des modèles sur les sites



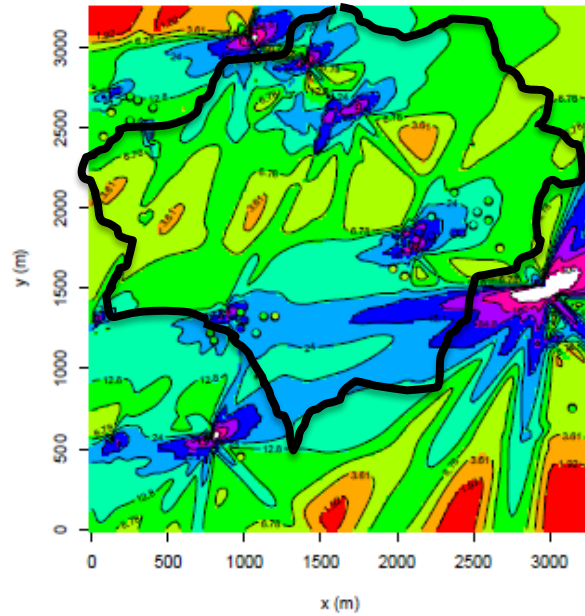
Distributions spatiales des concentrations en NH_3



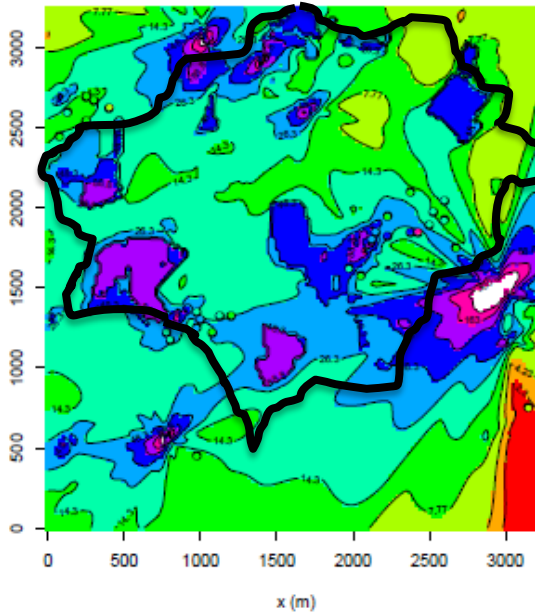
Rose des vents

Moyennes mensuelles simulées (cartes) vs. valeurs observées par badges passifs (points)

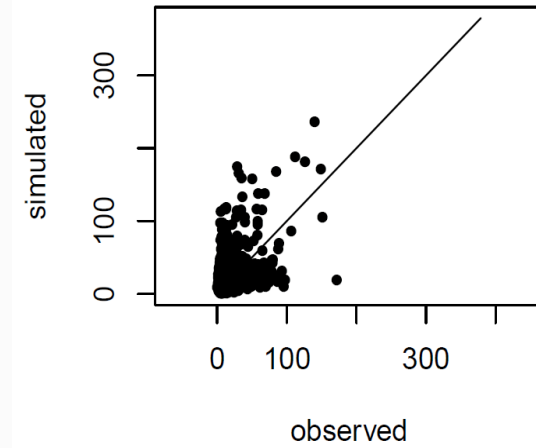
08/07/2015 - 21/07/2015



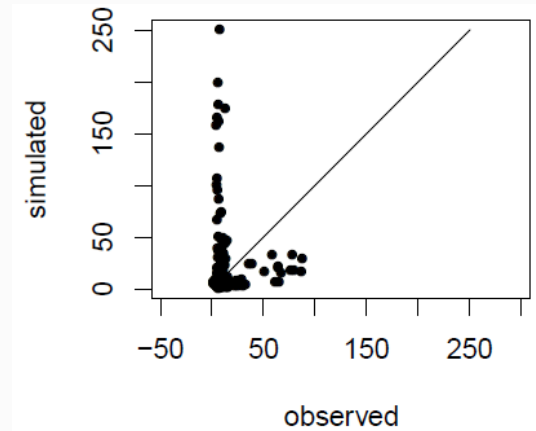
01/04/2015 - 05/05/2015



$\mu\text{g}/\text{m}^3$



Fides-Surfatm
(2008 et
2014-2015)

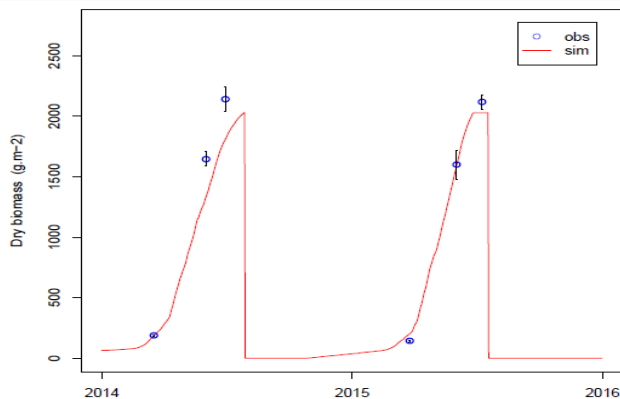


OPS
2008

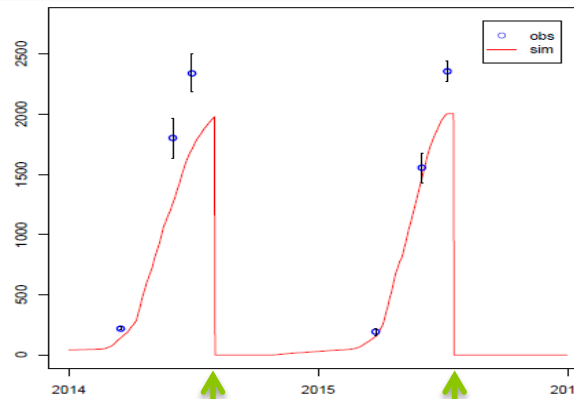
Evaluation des modèles sur les sites



Biomasse sèche (g/m²) Site 5



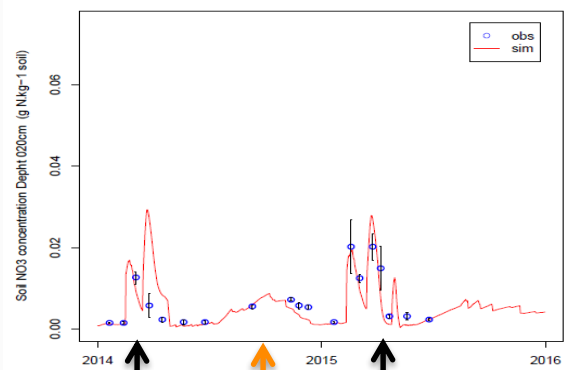
Site 6



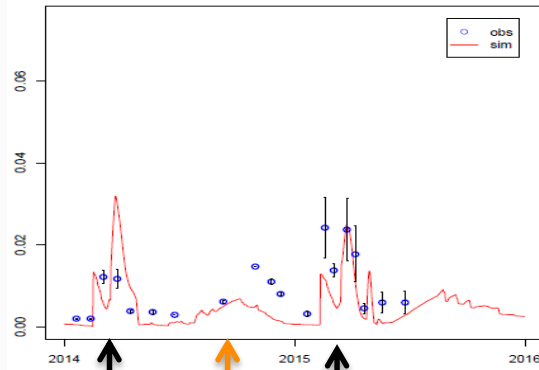
Rendements sous-estimés



[NO₃] (g N/kg Sol), Prof. 20 cm Site 5

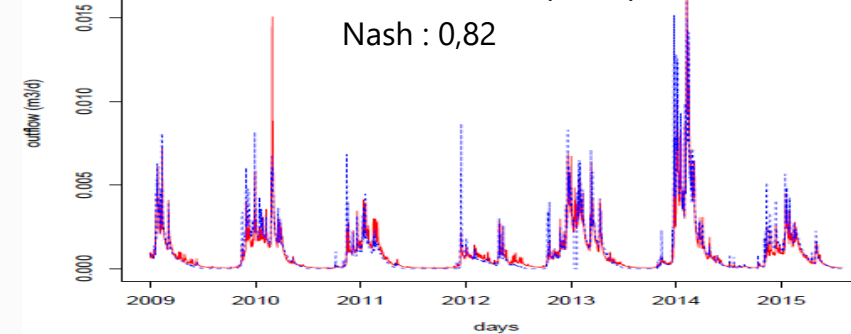


Site 6

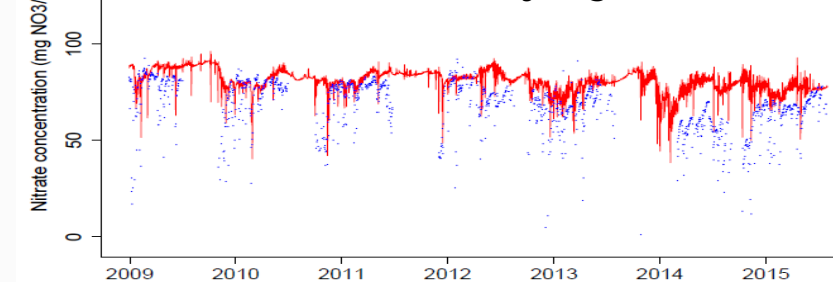


Apports et Minéralisation des résidus

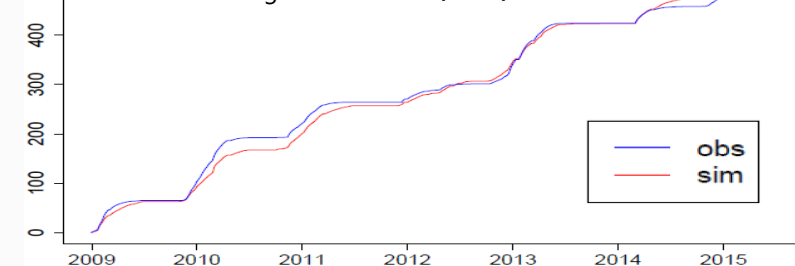
Débit d'eau à l'exutoire (m³/s)



Concentration NO₃ (mg/l)



Flux NO₃ cumulés (ton)

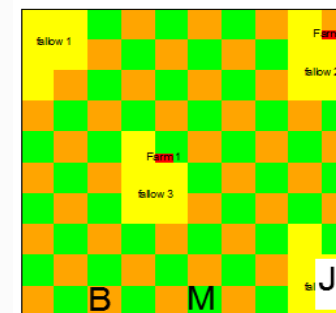


Analyse de sensibilité de modèles complexes



ESCAPADE

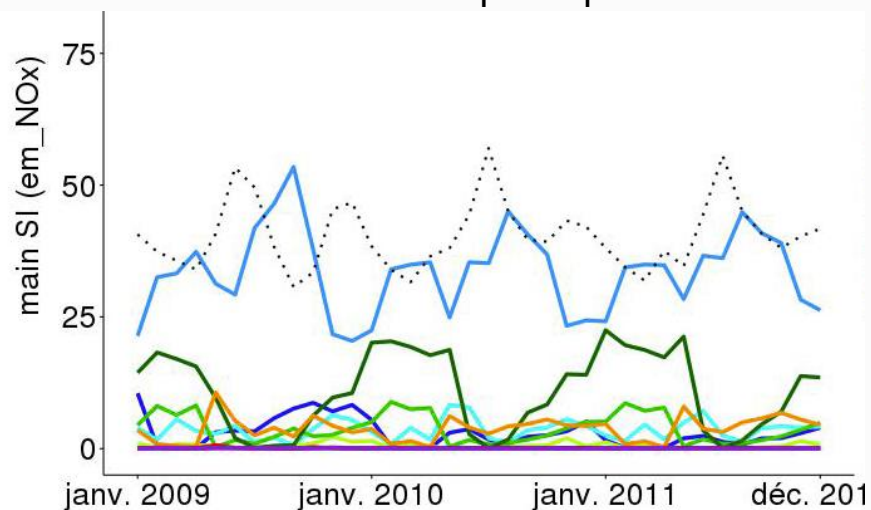
- Maïs
- Blé
- Zones non cultivées
- Fermes :



Paysage virtuel de 70x70 mailles de 25 x 25 m²

- **Hiérarchiser les effets des facteurs d'entrée (résolution spatiale, paramètres physico-chimiques, pratiques agricoles)**
- **Aider à échantillonner les mesures terrain spatialement et temporellement**
 - analyse sur modèles élémentaires, modèle intégré ?
 - gestion des facteurs quantitatifs / qualitatifs ?
 - gestion des entrées / sorties spatialisées ?

Emissions de NO_x par les surfaces
Indice de sensibilité principaux

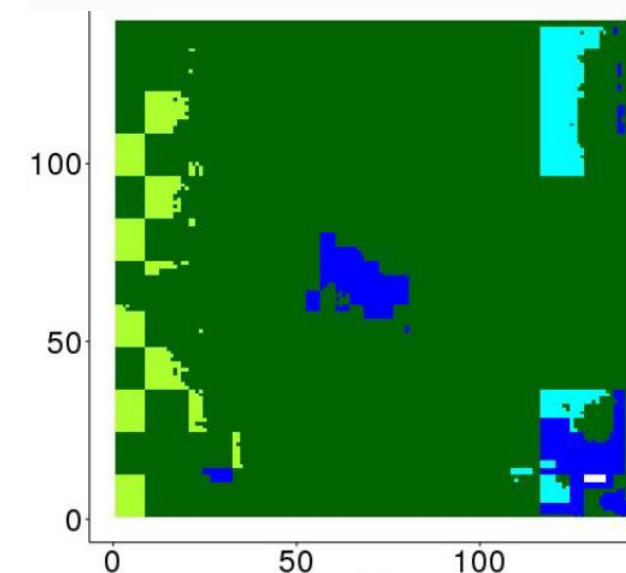


Postdoc J. Ferrer-Savall (ANR, 2016)

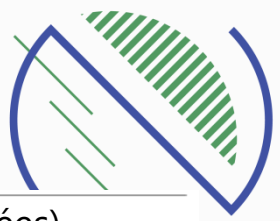
Facteur d'entrée

- Taille de maille horizontale
- Epaisseur de couche de sol
- Transmissivité latérale du sol
- Décroissance de la transmissivité du sol
- Profondeur de la couche de surface de sol
- Porosité totale de la couche de surface de sol
- Rapport microporosité / macroporosité du sol
- Profondeur de la couche intermédiaire de sol
- Rapport de microporosité
- Type de fertilisation N
- Apport de fertilisants N

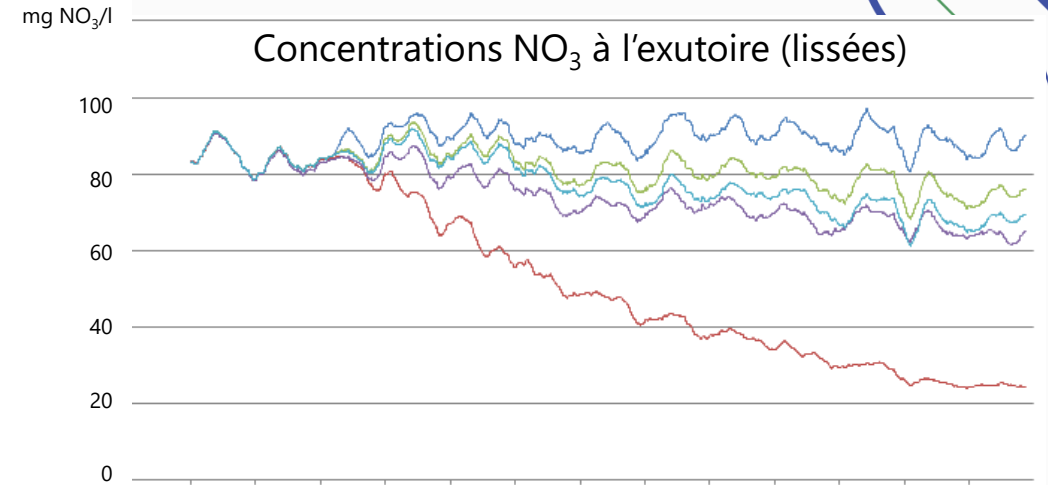
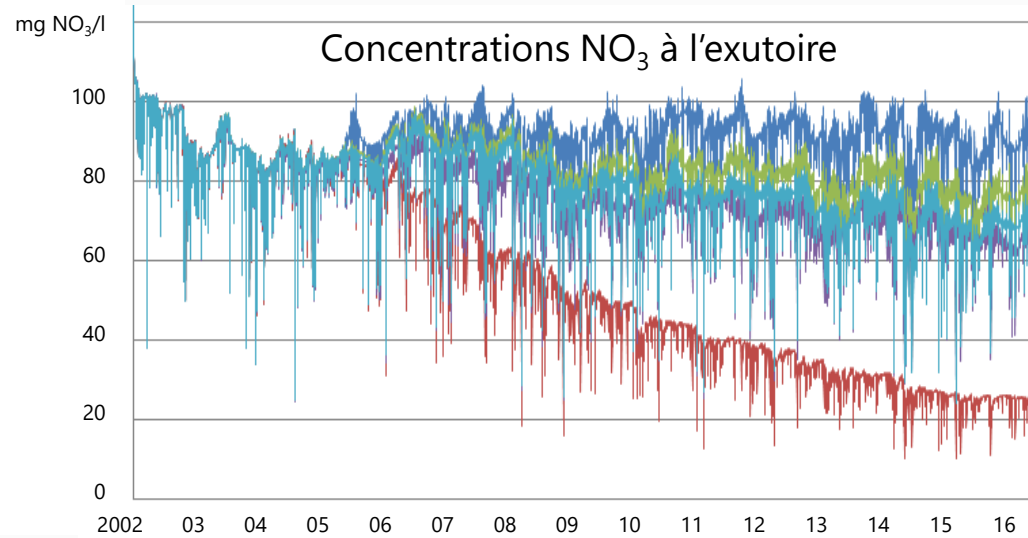
NO₃⁻ du sol
à 60 cm de profondeur



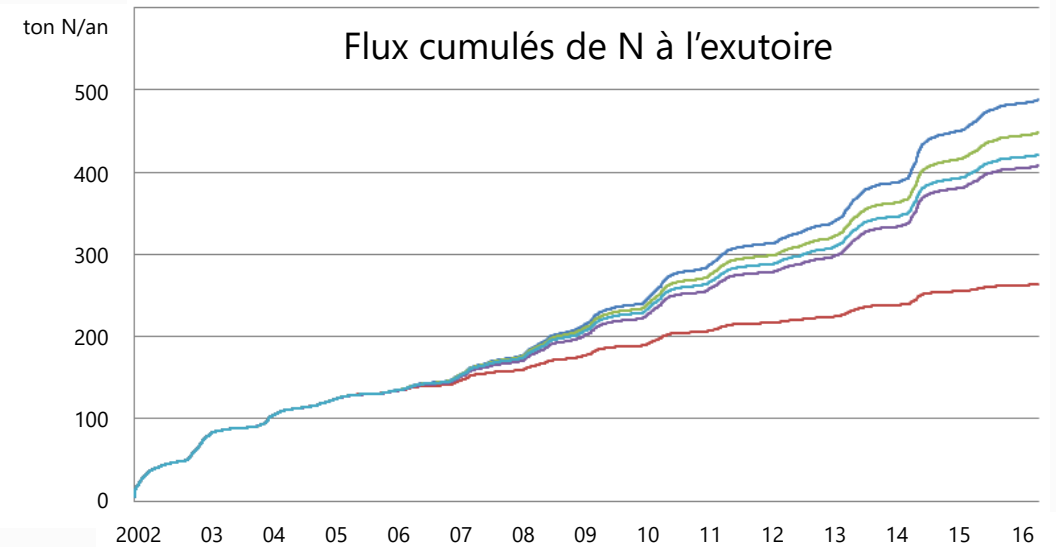
Evaluation des scénarios – Premiers résultats



IDE



- Pratiques réelles (observées)
- Scénario témoin (prairie)
- Pratiques optimisées
- Scénario d'interception
- Scénario de dilution

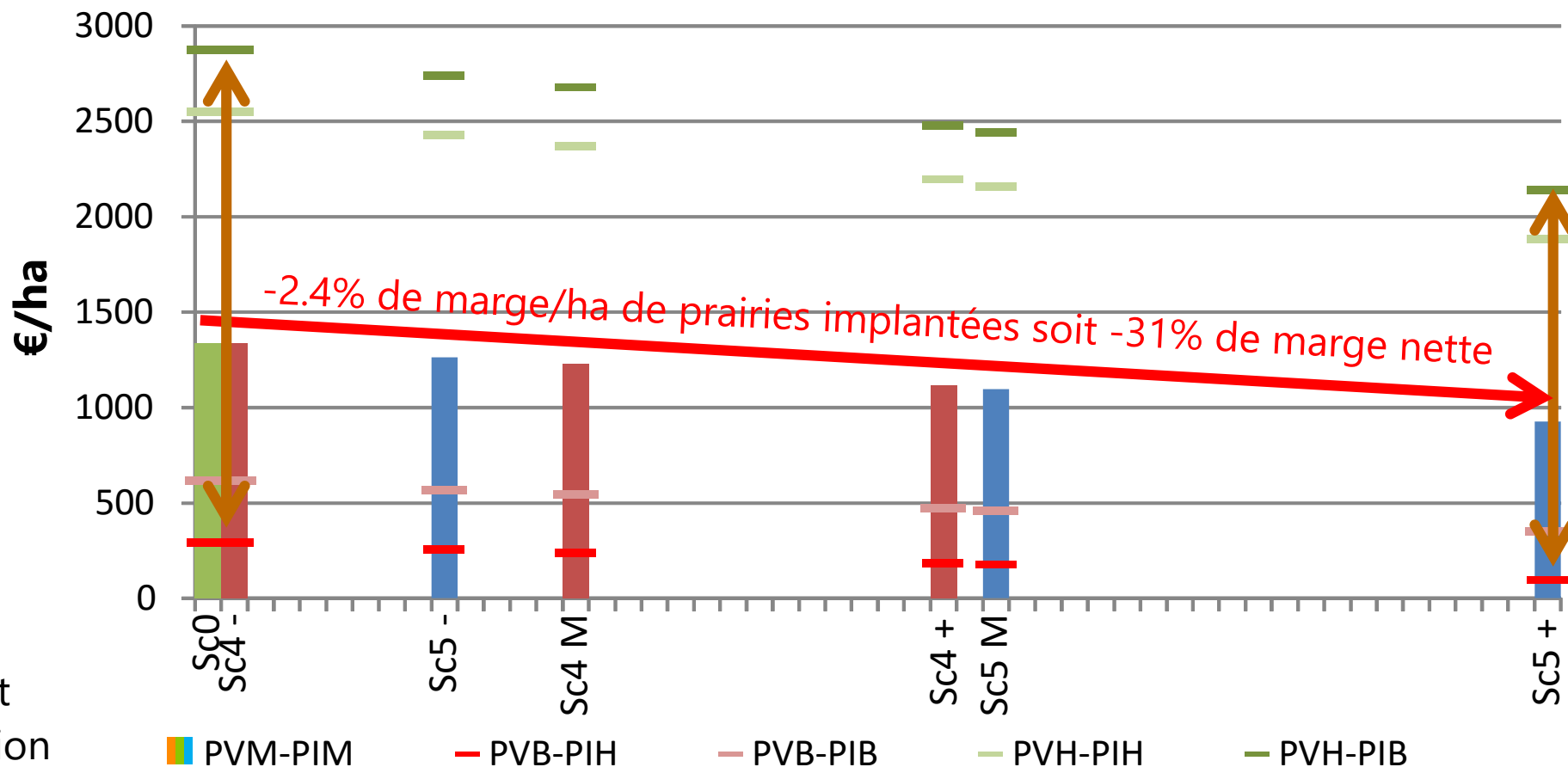
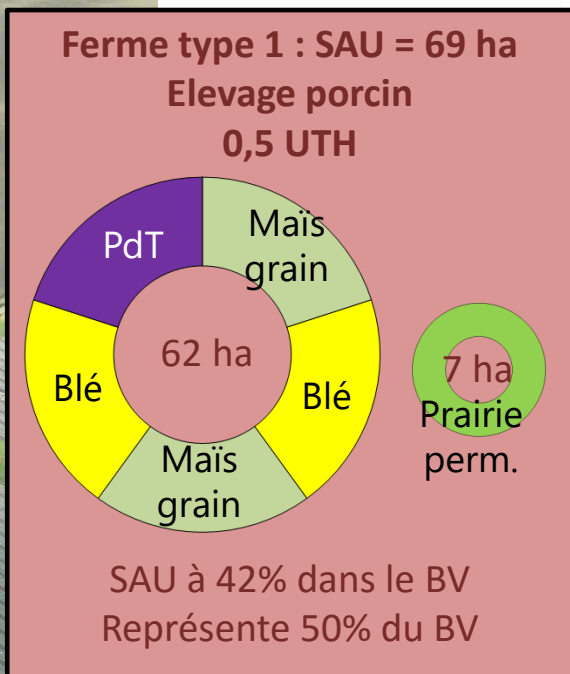


Thèse L. Casal
(ANR-Arvalis, 2014-2017)

Analyse technico-économique des scénarios de gestion N



Marge nette d'exploitation (€/ha) pour une ferme-type de Naizin



- Sc0 : FT de départ
- Sc4 : Sc interception
- Sc5 : Sc dilution

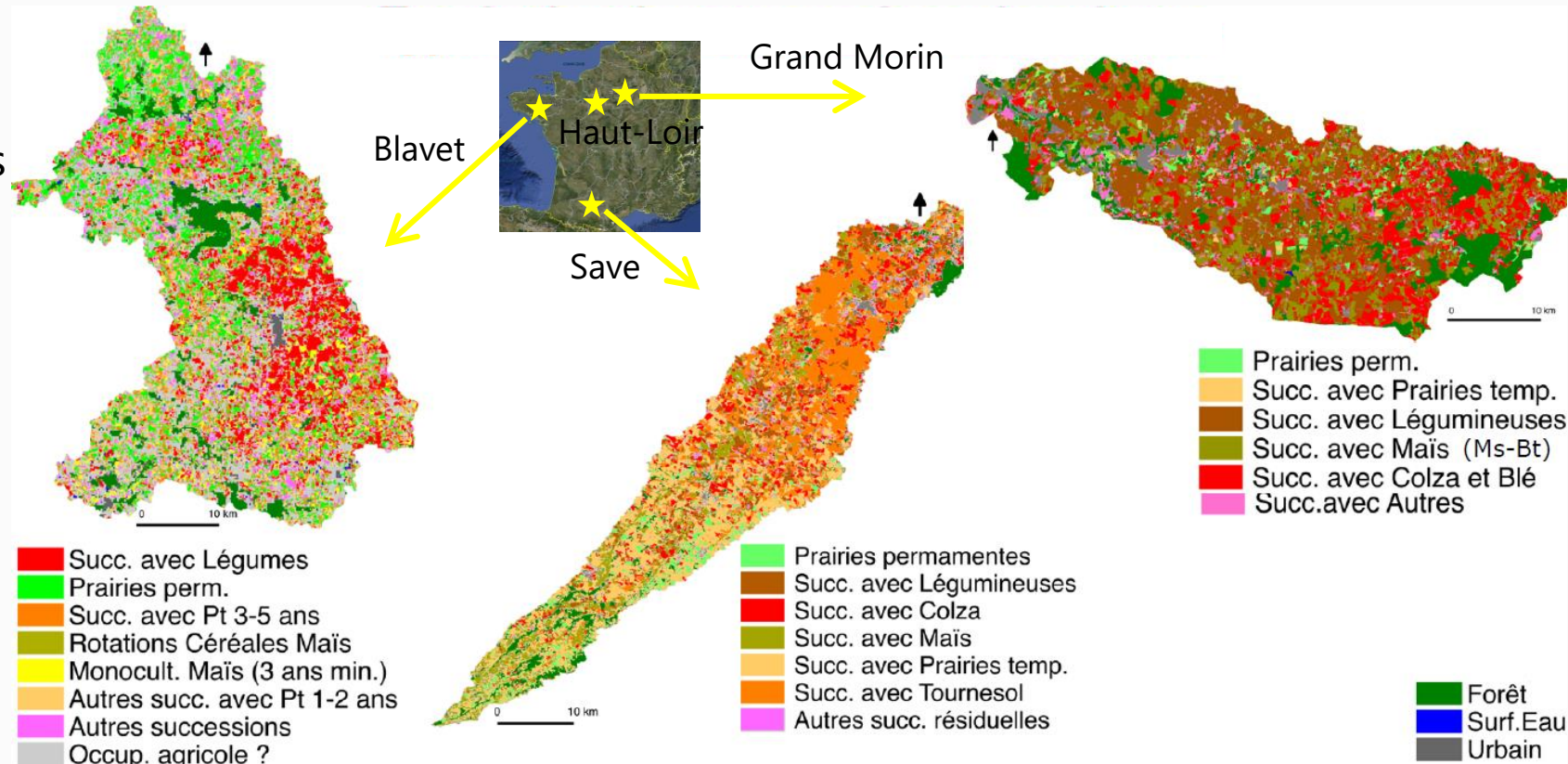
Stage M2 J. Benne (Arvalis, 2016)

Typologies paysagères dans les territoires

- Enquêtes de ferme non exhaustives sur l'ensemble du territoire
- Produire des typologies paysagères avec les bases de données disponibles
- Segmenter les territoires unités paysagères pertinentes pour les sources et puits d'N et utilisables par les modèles hydro et atmo (fouille de données)

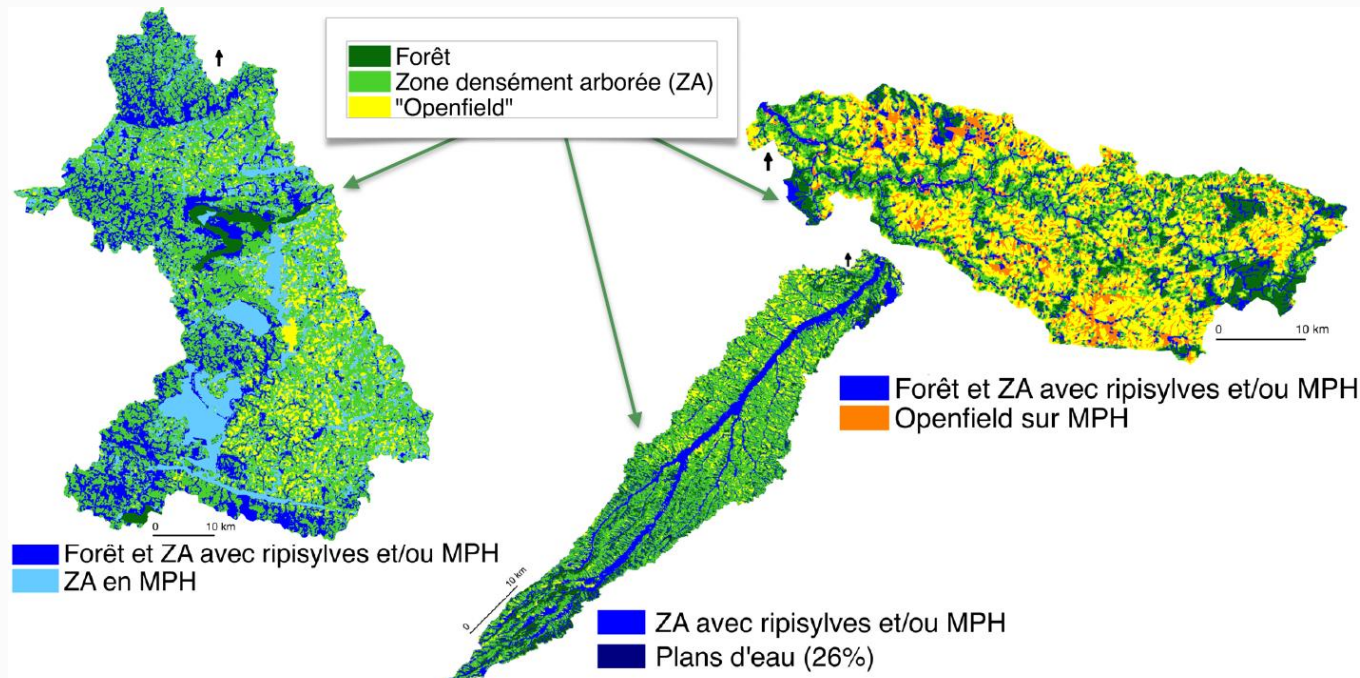
Postdoc E.G. Lazrak
(ANR, 2013-2015)

Occupations des sols et successions culturales



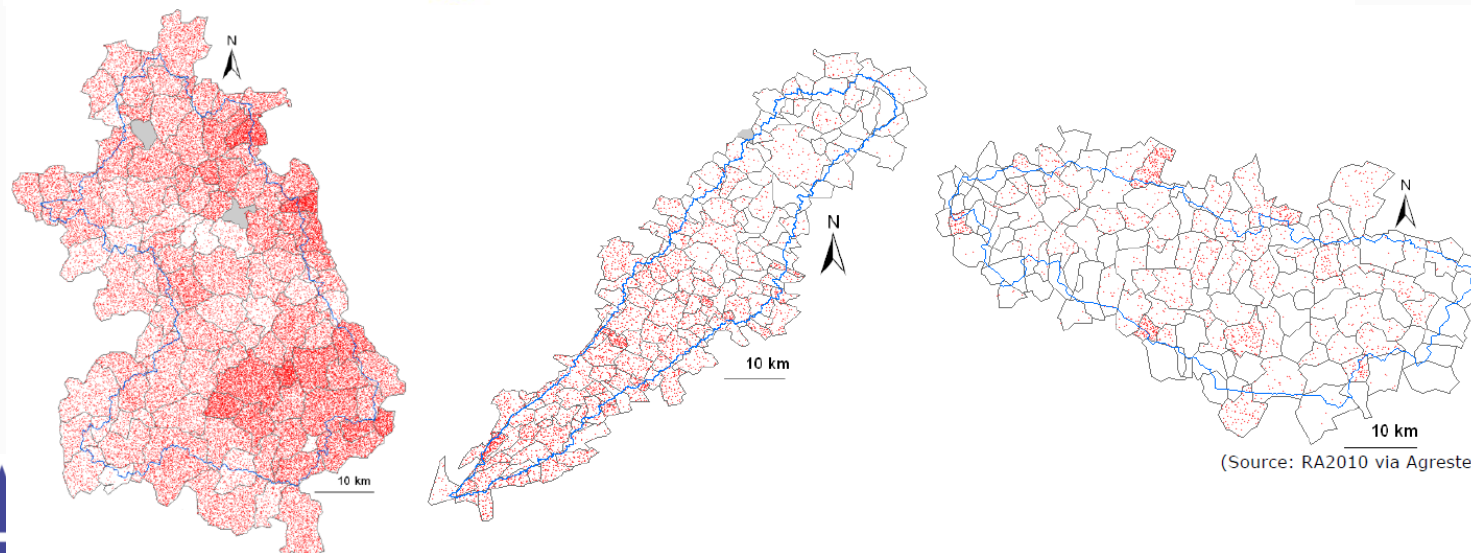
Typologies paysagères dans les territoires

Typologie des zones de rétention des flux d'N hydriques



Typologie des « sources » d'N atmosphériques

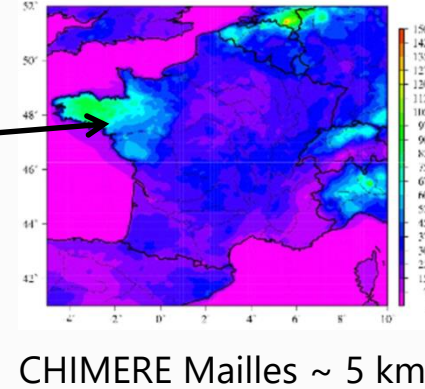
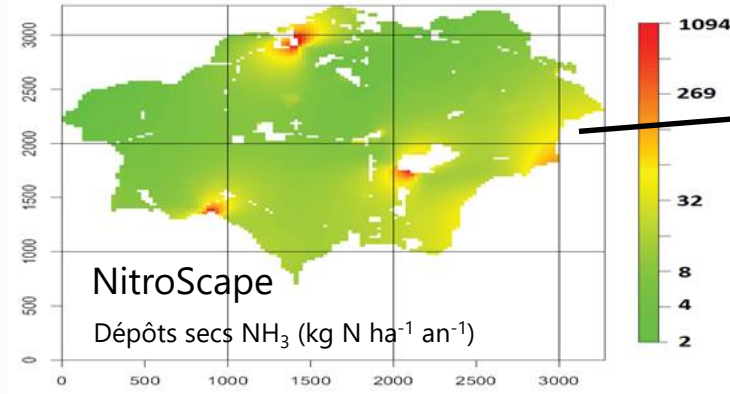
Distribution du cheptel en densité de points par ha de SAU par commune (1 point = 10 UGB Alimentation Totale (UGBAT))



Modélisation territoriale des flux d'N par voie atmosphérique

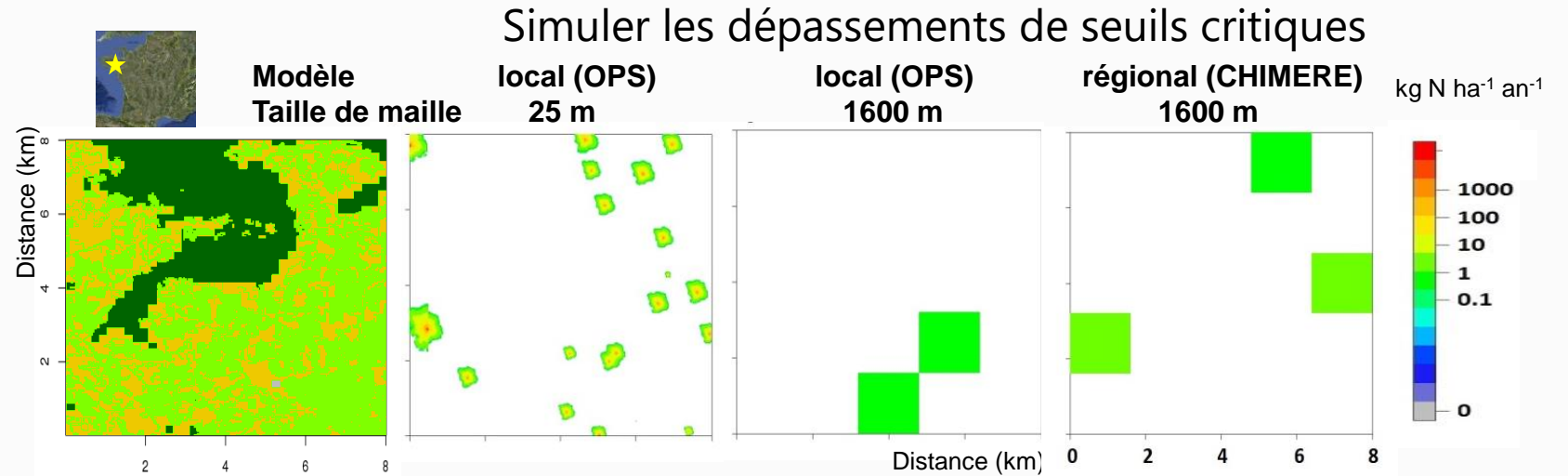


- **Intégrer l'hétérogénéité spatiale des sources et puits dans les modèles territoriaux**
Evaluer les impacts à courte et longue distances



Excès d'N : Lichen sain → atteint

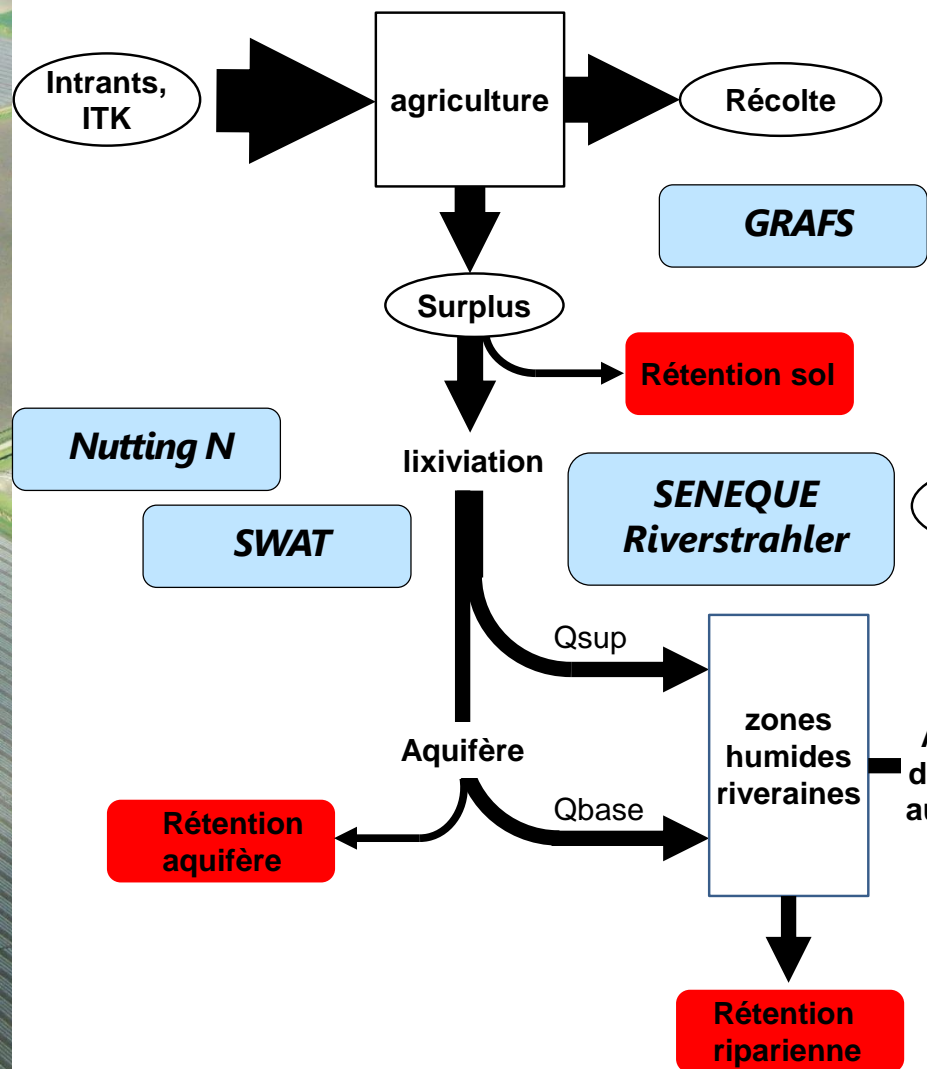
- **Quels motifs paysagers pour capturer l'N ?**
Typologies



- Développer et évaluer des méthodes de changement d'échelle
Améliorer les modèles territoriaux à partir des modèles locaux

Thèse N. Azouz (INRA-EU, 2014-2017)

Modélisation territoriale des flux d'N par voie hydrologique

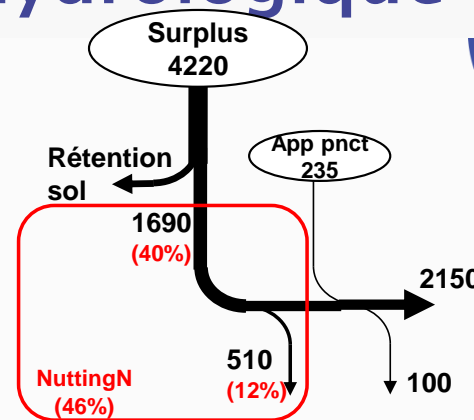


Excès d'N → Eutrophisation

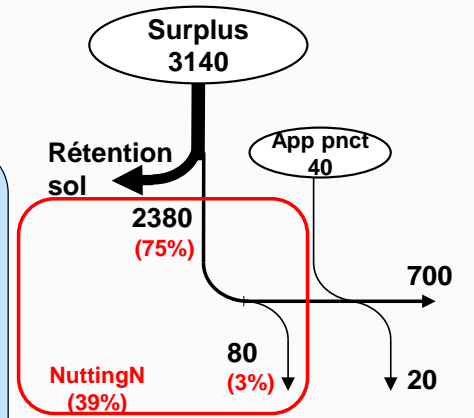
➤ **Quels motifs paysagers pour retenir l'N ?**
Typologies

Bilans d'N (kg N /km²/an) calculés avec SENEQUE Riverstrahler

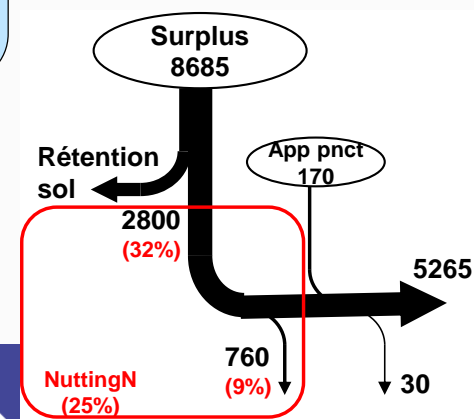
Stage M2
N. Torbey
(2016)



Grand Morin



Haut-Loir

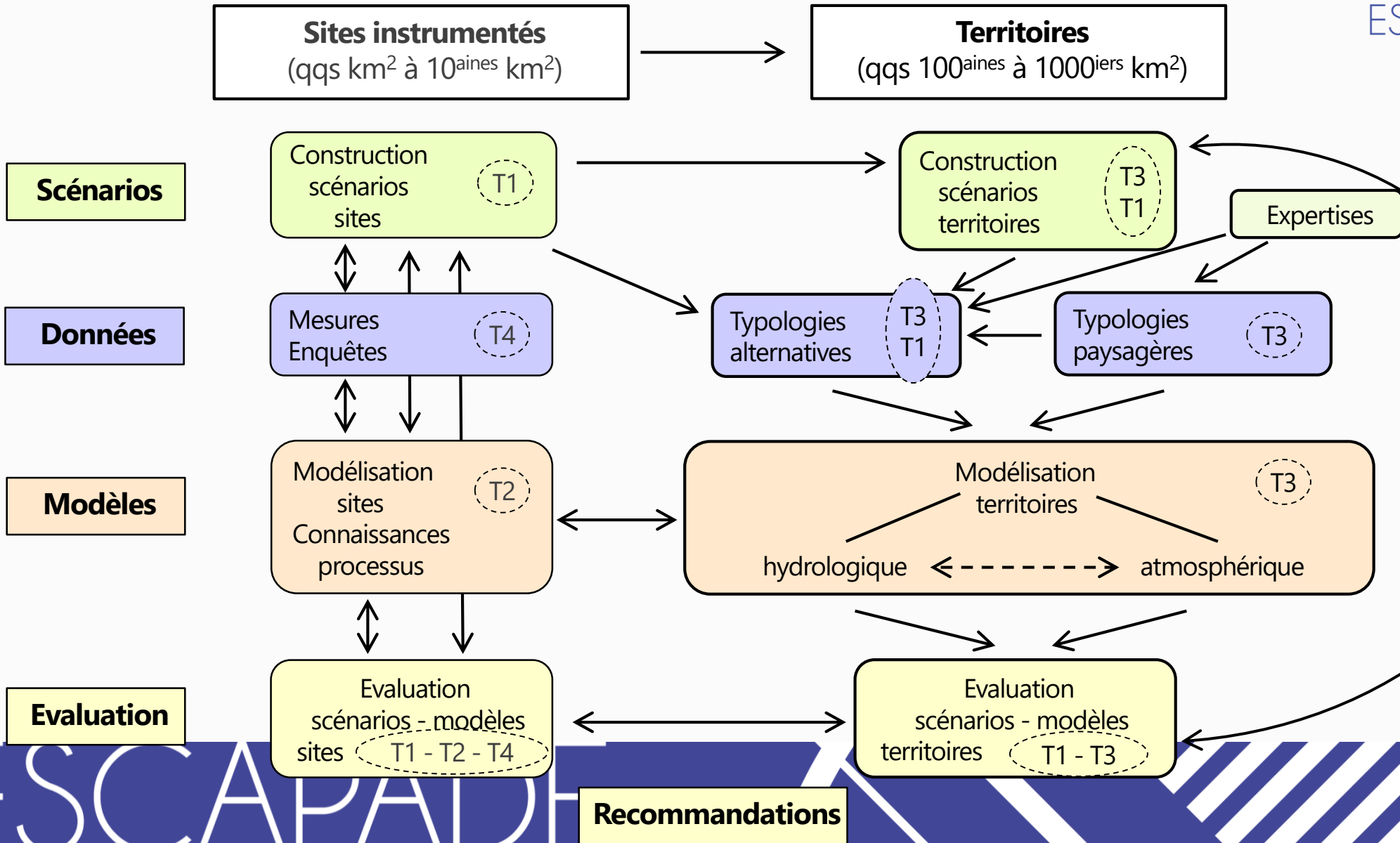


Blavet

Rétention bassin Rétention riparienne Rétention in stream



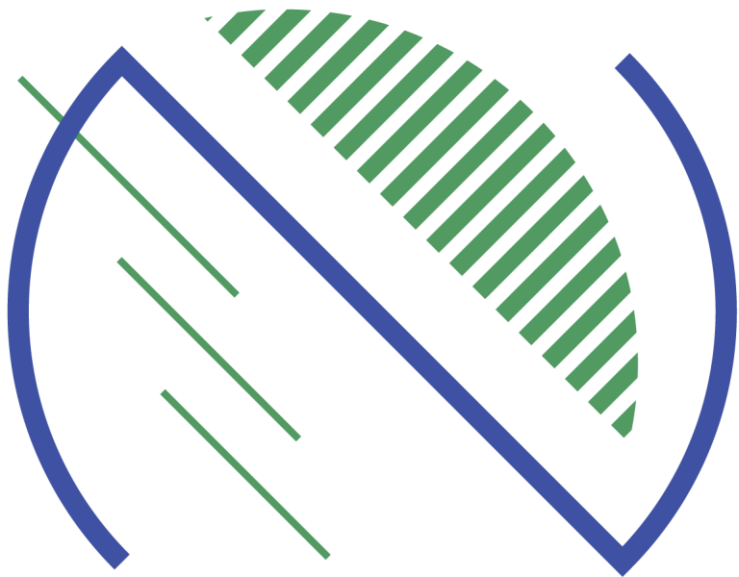
Conclusion – Interdisciplinarité pour une meilleure gestion de l’azote et des paysages dans les territoires



Questions émergentes



- **Paysage : objet intégrateur / interdisciplinaire de recherche - développement - action**
- **Quelles échelles / leviers / indicateurs pour mieux maîtriser les cycles biogéochimiques ?**
parcelle, exploitation (gestion N) , paysage (aménagements) , territoire (relocalisations)
- **Comment changer d'échelle ?**
 - collecte / échantillonnage des données / analyse de sensibilité
 - construction / initialisation / paramétrisation / évaluation des modèles intégrés
 - construction / évaluation de scénarios de gestion d'N et des paysages
- **Comment** les résultats de la recherche pourront-ils être **transférés vers les acteurs du développement et économiques, agriculteurs... ?**
aider à **construire les futures politiques d'atténuation et d'adaptation ?**
- **Comment repenser les aménagements paysagers et les organisations territoriales ?**
pour atténuer les pertes environnementales
en maintenant leur productivité agronomique
et en s'assurant de leur faisabilité économique et sociale
→ quels indicateurs agronomiques, environnementaux, économiques, sociaux ?+ incertitudes ?



ESCAPADE

Questions ?



*Merci aux
contributeurs
et financeurs*



AGENCE NATIONALE DE LA RECHERCHE
ANR
ANR-12-AGRO-0003