

Utilisation couplée de la modélisation et d'une démarche participative de construction de scénarii pour atteindre un objectif de restauration de la qualité des eaux : application à un bassin-versant « Algues vertes »

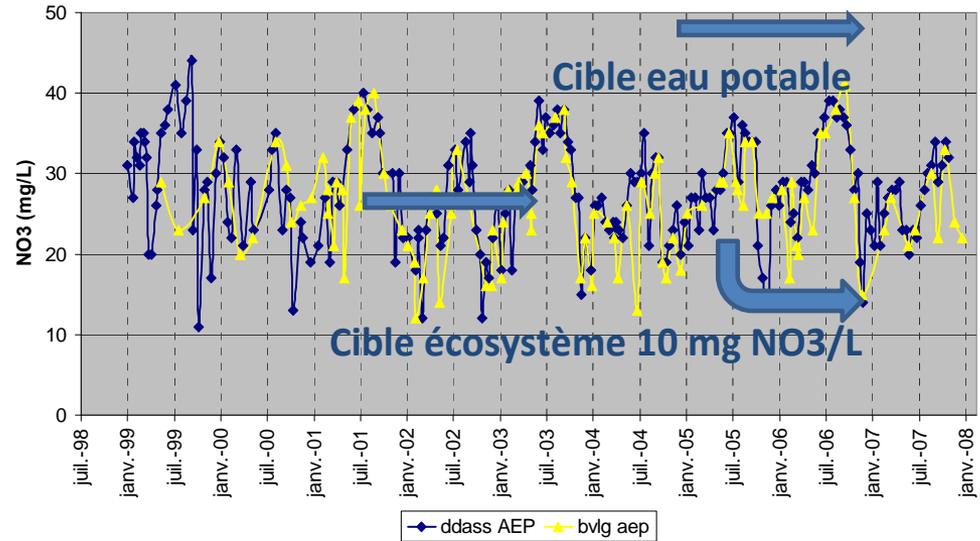
VERTES F.¹, Ruiz L.¹

Moreau P.¹, Delaby L.², Durand P.¹, Gascuel-Odoux C.¹,

*1 INRA, AGROCAMPUS OUEST UMR1069 Sol Agro et hydrosystème Spatialisation, F-35000
Rennes, France*

2 INRA, AGROCAMPUS OUEST UMR1080 PEGASE, F-35590 St-Gilles, France

CONTEXTE : Un milieu très vulnérable, des objectifs de qualité de l'eau impliquant des changements de systèmes de production



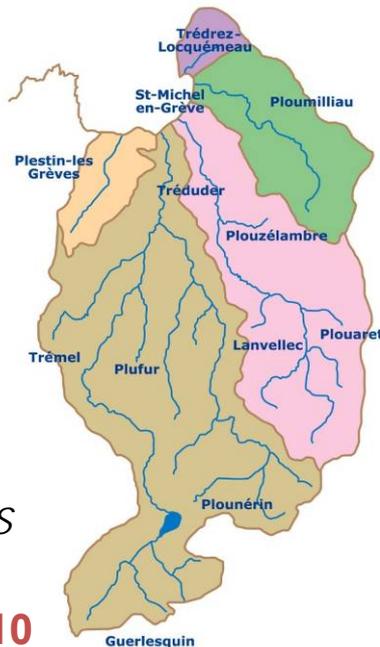
BV Lieue de Grève

- 120 km², 8000 ha
SAU

- 12 communes,
13 500 habitants

- 194 exploitations,
85% laitiers (vs élev. HS
(est)/ légumiers (ouest))

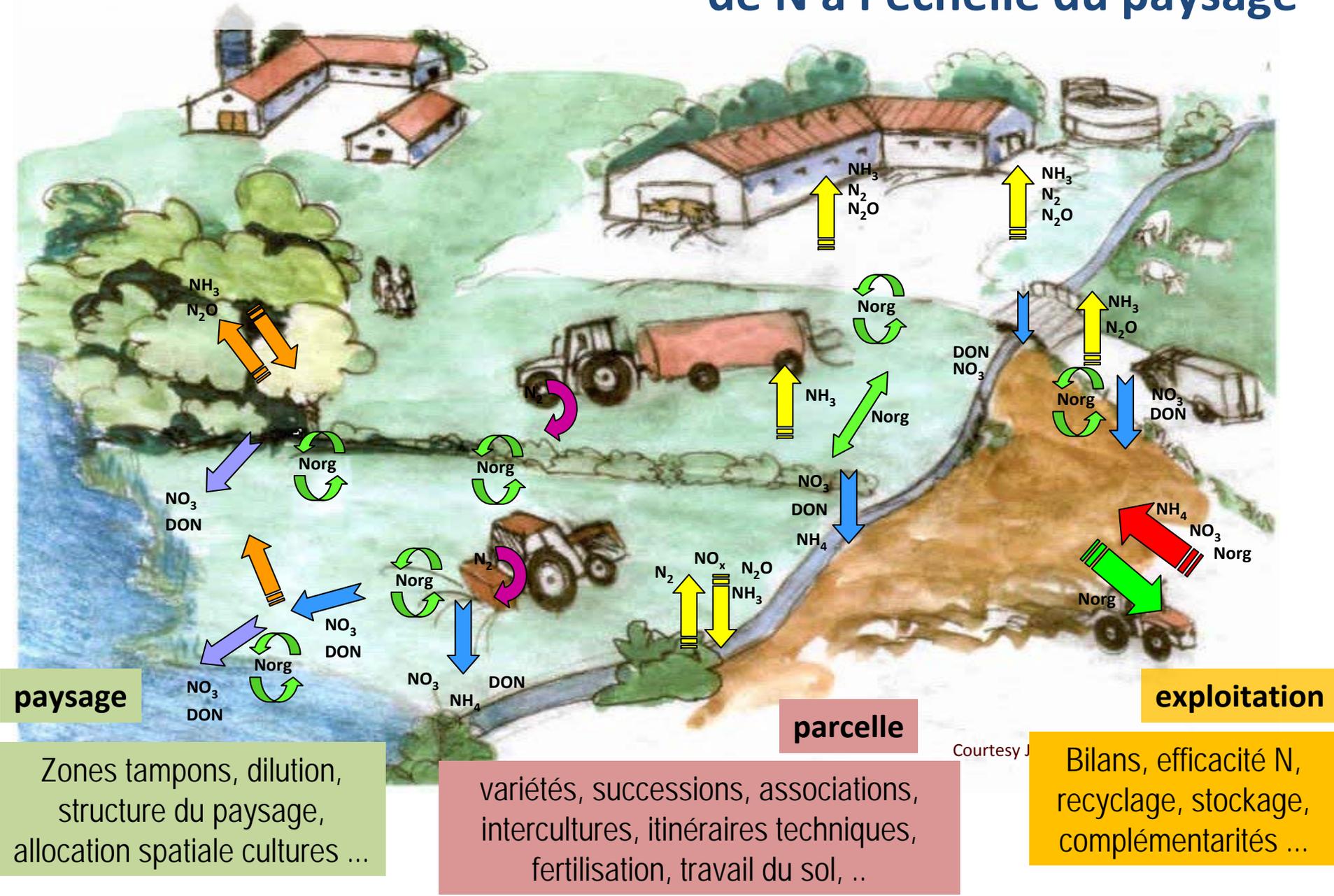
- Passer de 30 à ~ 10
mg nitrate / l



➔ S'appuyer sur les connaissances acquises pour construire des outils précis, nouveaux car articulant milieu et système biotechnique

- une méthode permettant de concevoir, mettre en œuvre et évaluer des scénarios de production agricole
- un modèle pour tester les changements dans les systèmes de production de façon cohérente

Cascade de l'azote (Galloway 2006) : flux, transferts et transformation de N à l'échelle du paysage





Projet ACASSYA

2009-2013
ANR - Systerra,
740 k€

C. Gascuel-Odoux, L. Ruiz, M. Sebilo & Z. Thomas (1), P. Durand & L. Hubert-Moy (2), J-L. Peyraud & F. Vertès (3).

ACcompagner l'évolution Agro-écologique deS SYstèmes d'élevAge dans les bassins versants côtiers

Adossé à partenariat territorial

Contrat de bassins
versants
de la Lieue de Grève
2008-2012

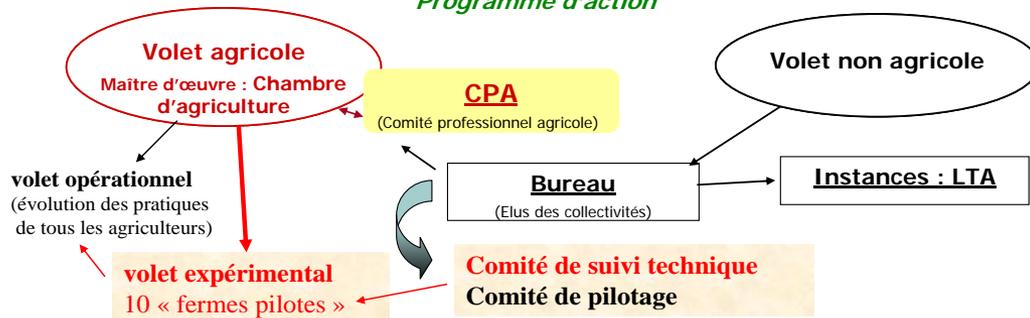
Financeurs du programme

AELB, Conseil Régional, C. Général,
Europe, Comité BV de la LdeGrève

Maitre d'ouvrage
Comité des BV la Lieue de Grève

Lannion-Trégor Agglomération (LTA),
Com. de communes de Beg ar C'hra
Syndicat des eaux de la Baie

Programme d'action



• UMR 1069 SAS,
INRA
65 rue de St Brieuc
35042 RENNES Cedex, France



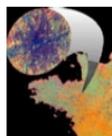
• Biogéochimie et écologie des
milieux continentaux
CNRS
Unité mixte de recherche 7618
UPMC - CNRS - INRA - IRD - ENS -
AgroParisTech
Université Paris-Est



• UMR Production du Lait
INRA
Domaine de la Prise
35590 SAINT-GILLES, France



• Géosciences Rennes (UMR CNRS
6118)
CNRS
Université de Rennes1
Bâtiment 15,
Campus de Beaulieu, CS 74205
F-35042 Rennes Cedex



• Laboratoire COSTEL
CNRS
Climat et Occupation du Sol par
TELédétection LETG
UMR 6554 CNRS
Pôle de Rennes



• IRISA
Rennes I
Campus de Beaulieu
35 042 Rennes Cedex

Lannion Trégor Agglo., CA22, CRAB, IE, Cedapa, GAB22, Comité Professionnel
des Agriculteurs de Lieue de Grève, + 10 exploitations pilotes

Les enjeux (3 axes, 7 tâches)

- **Une meilleure connaissance du cycle de l'azote dans les paysages**
 - Capacité tampon des BV bocagers (processus haies, zones humides)
 - Systèmes hydrologiques à aquifères superficiels (altérite).
- **Le développement de la modélisation intégrée**
 - Systèmes techniques (champ, ferme) & milieux (sol, hydrologie, paysage)
 - Données accessibles / Finesse de représentation / Acceptabilité
- **L'élaboration de solutions socialement et écologiquement acceptables dans des situations vulnérables**
 - Co-construction de scénarios et accompagnement des acteurs de terrain
 - Outils d'aide à la décision par traitements de données de simulations

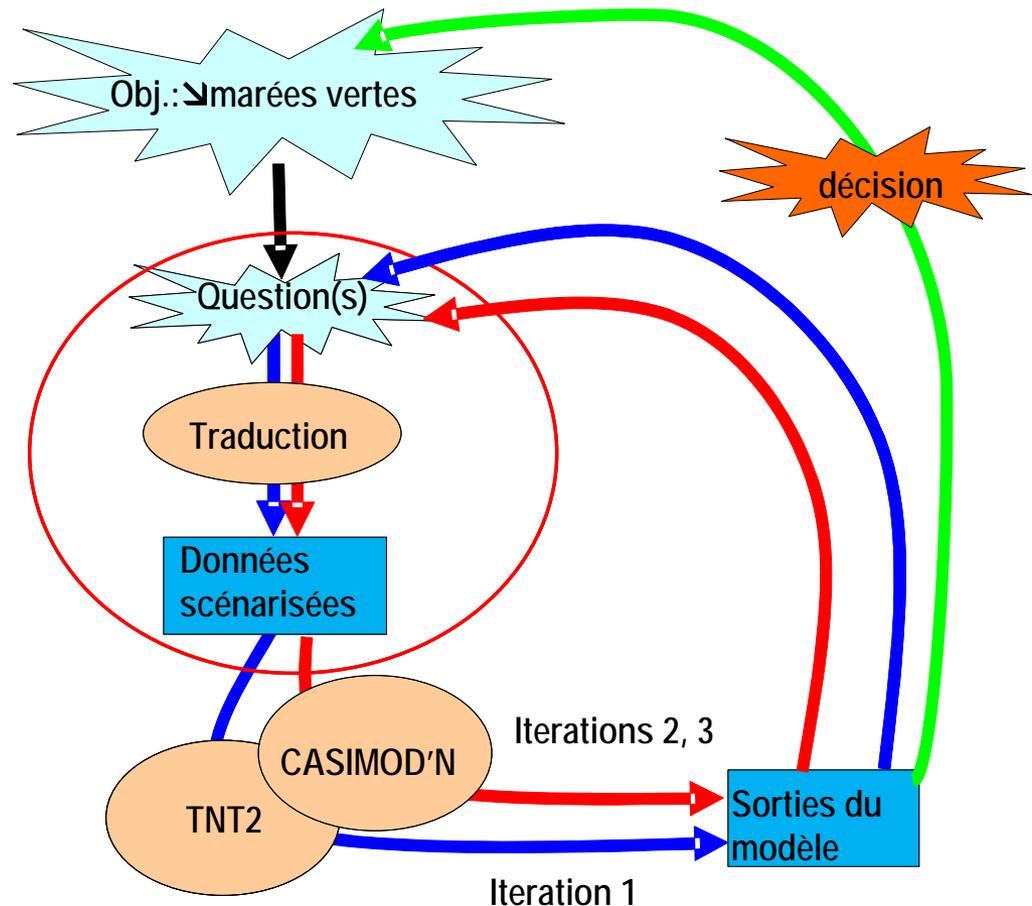
Démarche en boucles de progrès

- modèles + démarche participative (groupe de travail transdisciplinaire + 10 exploitants « en mouvement ») pour construire des scénarios et tester leurs effets sur la qualité de l'eau et sur le fonctionnement des exploitations

Diagnostic - pistes
Co-construction des
scénarios avec les
acteurs

Comment s'assurer de
la cohérence technico-
économique des SdeP
scénarisés ?

Modèle couplant :
- flux N bassin versant
- fonctionnement d'
exploitation



Co-construction et mise en oeuvre d'évolutions par 10 exploitants volontaires



1. Rémi et Isabelle Adam Élevage laitier - Plestin-les-Grèves

- 50 vaches laitières Prim' Holstein et Montbéliardes
- 86 ha de SAU dont 23 ha accessibles
- 55 ha de cultures pérennes, 11 ha de maïs ensilage, 15 ha de céréales et 3 ha de betterave



2. Gilles et Sandrine Callarec Élevage laitier - EARL Spernen, Trémel

- 70 vaches laitières de race Prim' Holstein et 40 veaux de boucherie sur paille
- 78 ha de SAU dont 25 ha accessibles
- 41 ha de cultures pérennes, 18 ha de maïs ensilage, 16 ha de céréales et 2 ha de betterave



3. Erwan et Audrey Cresseveur Élevage laitier - Plestin-les-Grèves

- 50 vaches laitières de race Prim' Holstein et Normande
- 70 ha de SAU dont 23 ha accessibles
- 39 ha de cultures pérennes, 20 ha de maïs ensilage et 12 ha de céréales



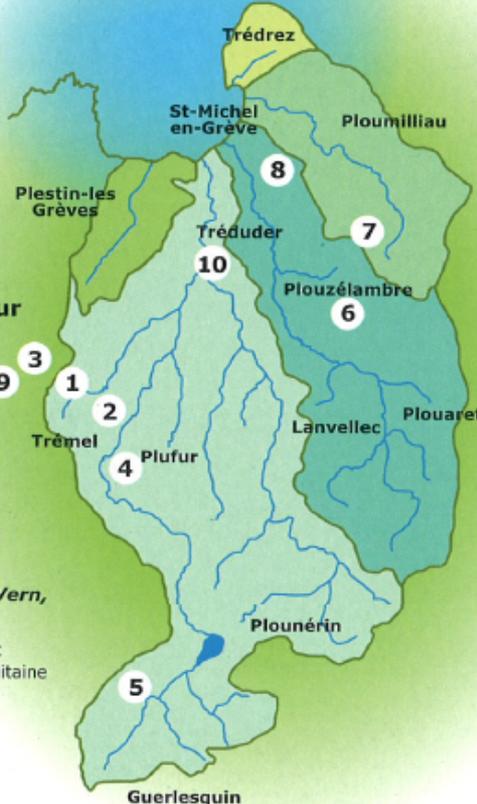
4. Hervé et Isabelle Guelou Élevage laitier bio - EARL de Pen ar Vern, Plufur

- 65 vaches laitières de race Prim' Holstein et 30 vaches allaitantes de race Blondes d'Aquitaine
- 127 ha de SAU dont 80 ha accessibles
- 100 ha de cultures pérennes, 7 ha de maïs ensilage et 20 ha de mélange céréalier



5. Christine Lancien et David Abhervé EARL des blés noirs, Plounérin Élevage laitier

- 80 vaches laitières de race Prim' Holstein
- 123 ha de SAU dont 103 ha accessibles
- 58 ha de cultures pérennes, 34 ha de maïs ensilage et 20 ha de céréales et 12 ha de colza



6. Jean-Michel et Edwige Kerboriou Élevage laitier - Plouzélambre

- 55 vaches laitières de race Prim' Holstein et 11 vaches allaitantes de race Blondes d'Aquitaine
- 82 ha de SAU dont 20 km², 65% Agricultural area
- 47 ha de cultures pérennes, 8 ha de maïs ensilage, 8 ha de céréales et 3 ha de betterave

7. Arnault et Edwige Kerboriou Élevage laitier - Plouzélambre

- 65 vaches laitières de race Prim' Holstein
- 80 ha de SAU dont 20 km², 65% Agricultural area
- 49 ha de cultures pérennes, 8 ha de maïs ensilage et 3 ha de betterave

8. Bruno et Edwige Kerboriou Élevage laitier - Dames, St-Michel-en-Grève

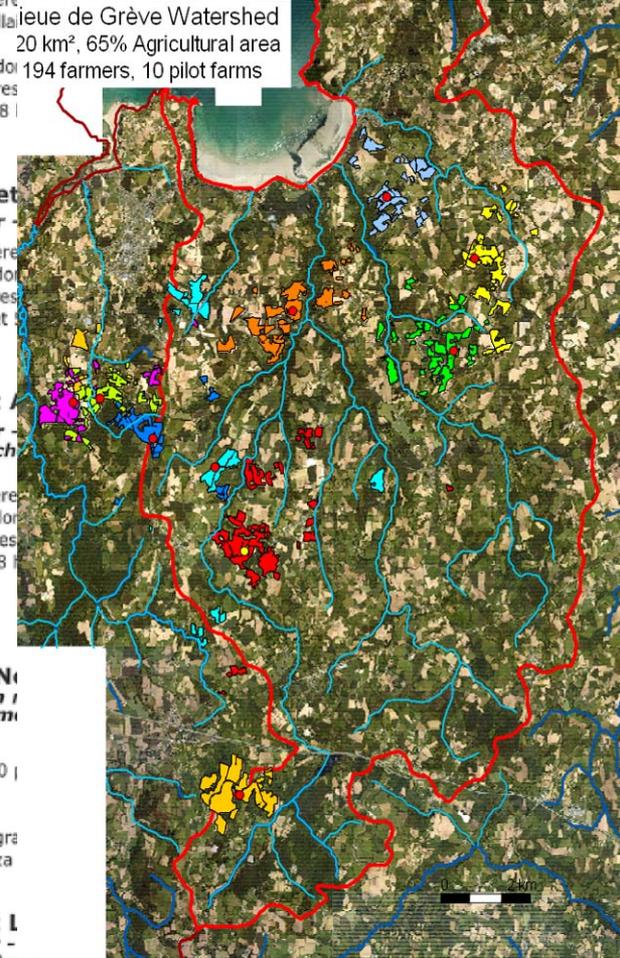
- 50 vaches laitières de race Prim' Holstein
- 66 ha de SAU dont 20 km², 65% Agricultural area
- 39 ha de cultures pérennes, 8 ha de maïs ensilage, 8 ha de céréales et 3 ha de betterave

9. Yvan et Nathalie Kerboriou Élevage porcin - EARL de Trémel, Plestin-les-Grèves

- 165 truies, 3400 porcs par an
- 64 ha de SAU
- 16 ha de maïs grain et 16 ha de colza

10. Yvon et Edwige Kerboriou Élevage laitier - Plestin-les-Grèves

- 55 vaches laitières de race Prim' Holstein, 25 vaches allaitantes de race Blonde d'Aquitaine, plus élevage de taurillons et génisses
- 98 ha de SAU dont 23 ha accessibles
- 74 ha de cultures pérennes et 24 ha de maïs ensilage



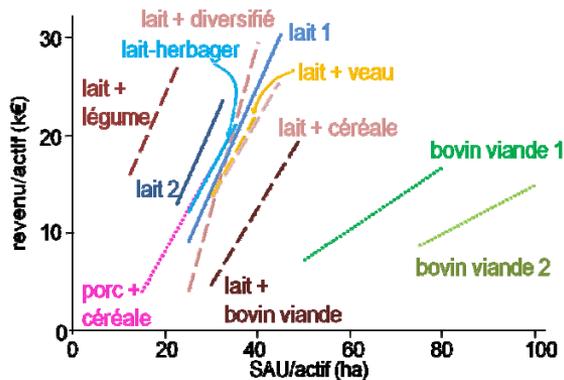
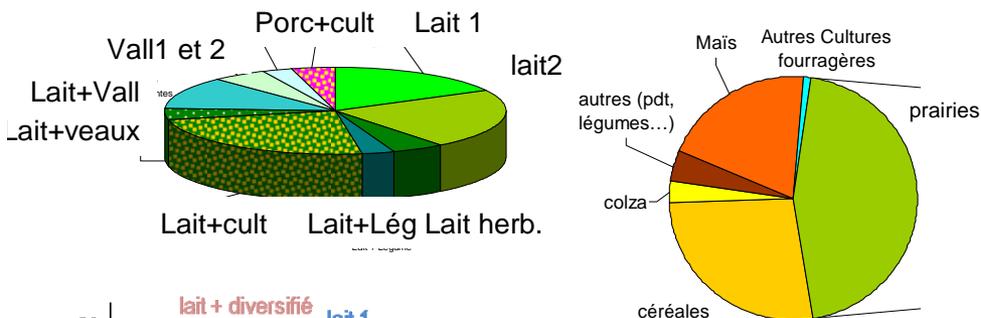
Diagnostic multicritère des systèmes actuels

(Moreau P. et al. ; 2012, AGEE 147, 89-99) : 1^{ère} itération

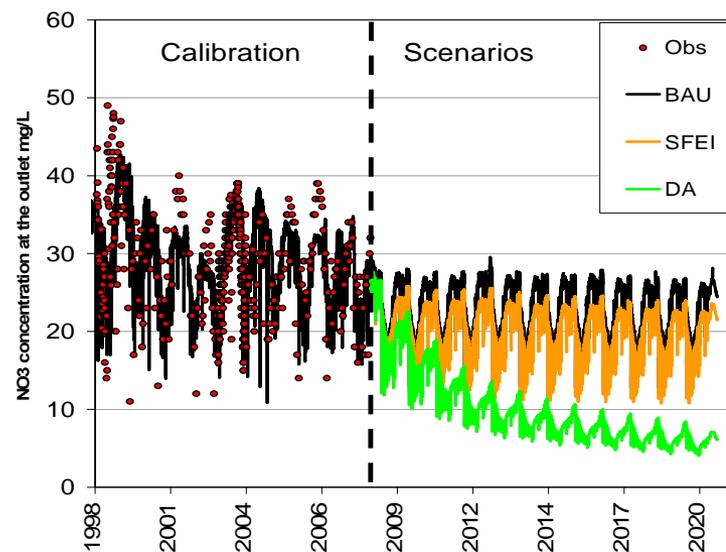
1) diagnostic agricole + bilans N

typologie de fonctionnement technico-économique

- des SdeP + **diversité et variabilité**, en particulier sur
- **place d'herbe** dans systèmes fourragers.



2) modélisation agro-hydrologique TNT2



- Scénario MAE classique insuffisant
- Marge manœuvre pour scénario agricole à faible pertes

- 11 systèmes types, lait spécialisé ou mixte (+ viande, + cultures) dominant
- prairie temporaire > maïs ensilage > céréales ; importation de concentrés
- En moyenne : les rotations courantes perdent environ $50 \text{ kgN} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$ (destruction des prairies, faible prélèvement N en hiver sous céréales, outils Territ'eau et modélisation TNT2)

Modélisation biophysique : simulations prospectives

(Moreau et al., 2012 a et b)

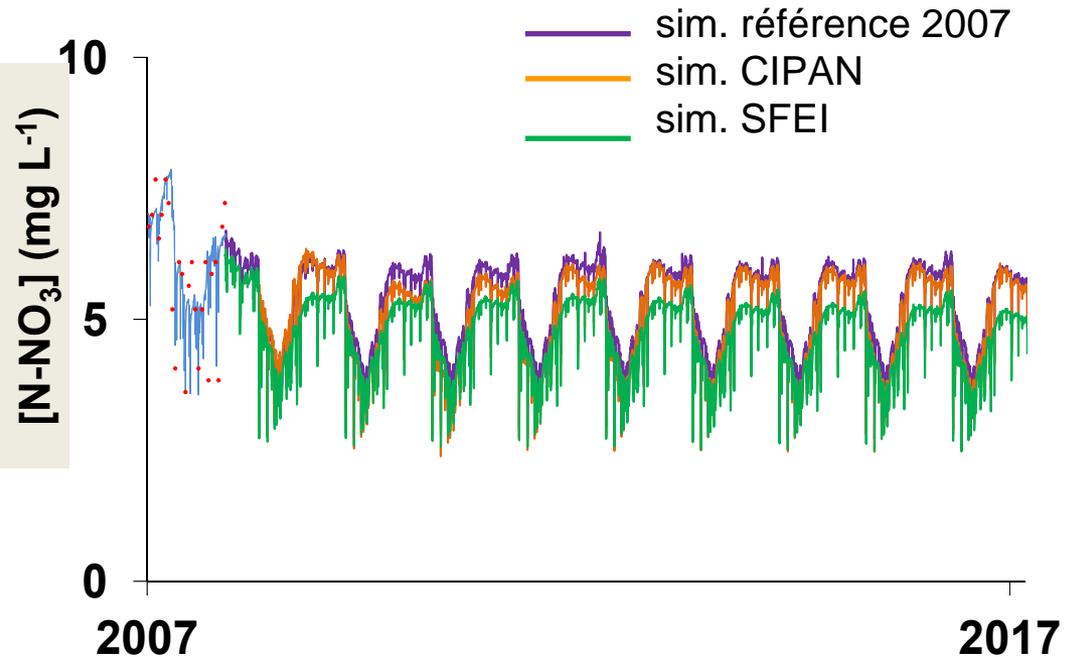
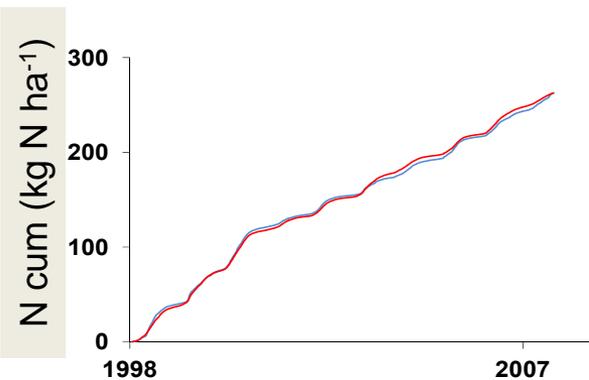
Pratiques agricoles / parcelle : spécification manuelle des matrices de transitions et doses N épandues

Utilisation du modèle agro-hydrologique pour tester l'effet de scénarios simples :

- **CIPAN** : généralisation sur l'ensemble des parcelles

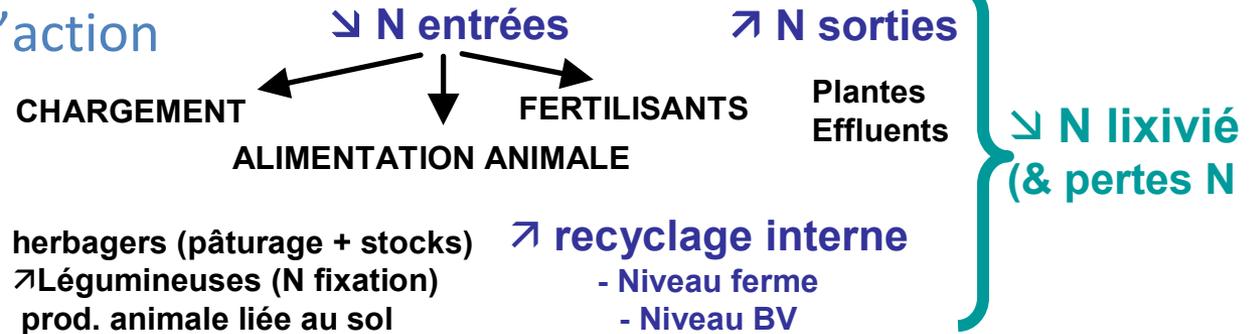
- **MAE SFEI** : herbe >55%; SFP >75% SAU), tot $N_{\text{fertilisation}} < 170 \text{ kgN} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$, $N_{\text{org}} < 140 \text{ kgN} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$)

Étape de calibration, validation



Effet faible d'un changement de pratiques sur les concentrations à l'exutoire

3) Identifier des leviers d'action



4) proposer des indicateurs-guide simples pour fixer des objectifs et orienter les changements

2 principaux :

Chargement < 1.4 UGB par ha de prairie

$\sum N \text{ entrées} < 100 \text{ kg N/ha}$ (ou moins)

$\sum N = N \text{ minéral} + \Delta(N \text{ effluents}) + 0.75 \text{ (bovins)} \text{ ou } 0.65 \text{ (porcs)} * N \text{ aliment}$

3 secondaires :

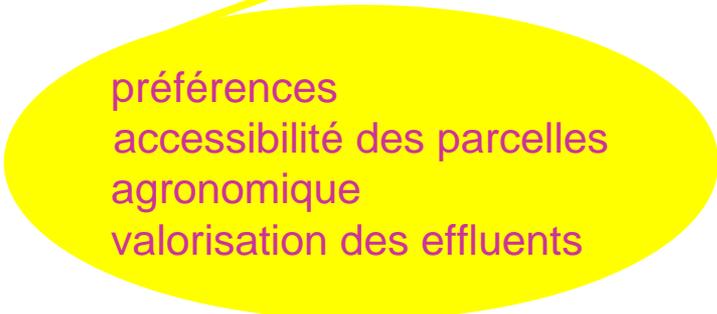
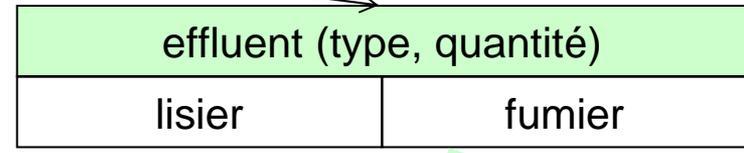
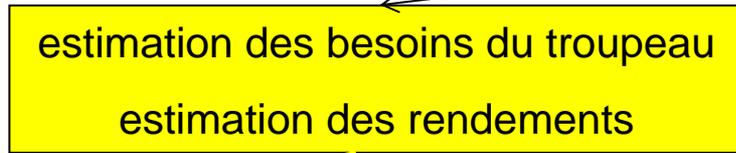
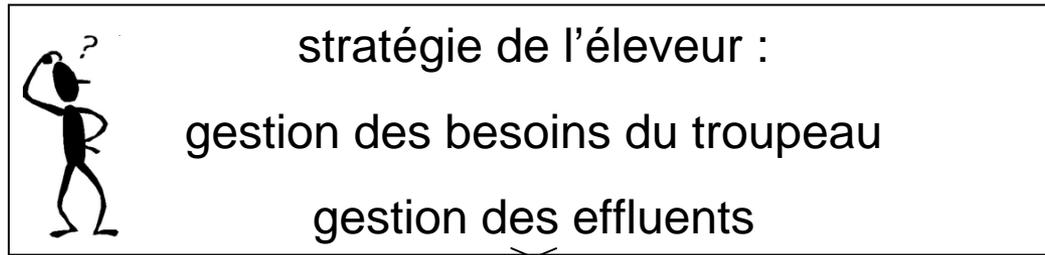
pas de sol nu en hiver

taux de destruction des prairies < 5%

pas de parcelles « parking » (lien au sol)

5) test dans une ferme virtuelle (Vertès et al., 2011), mise en œuvre dans fermes pilotes

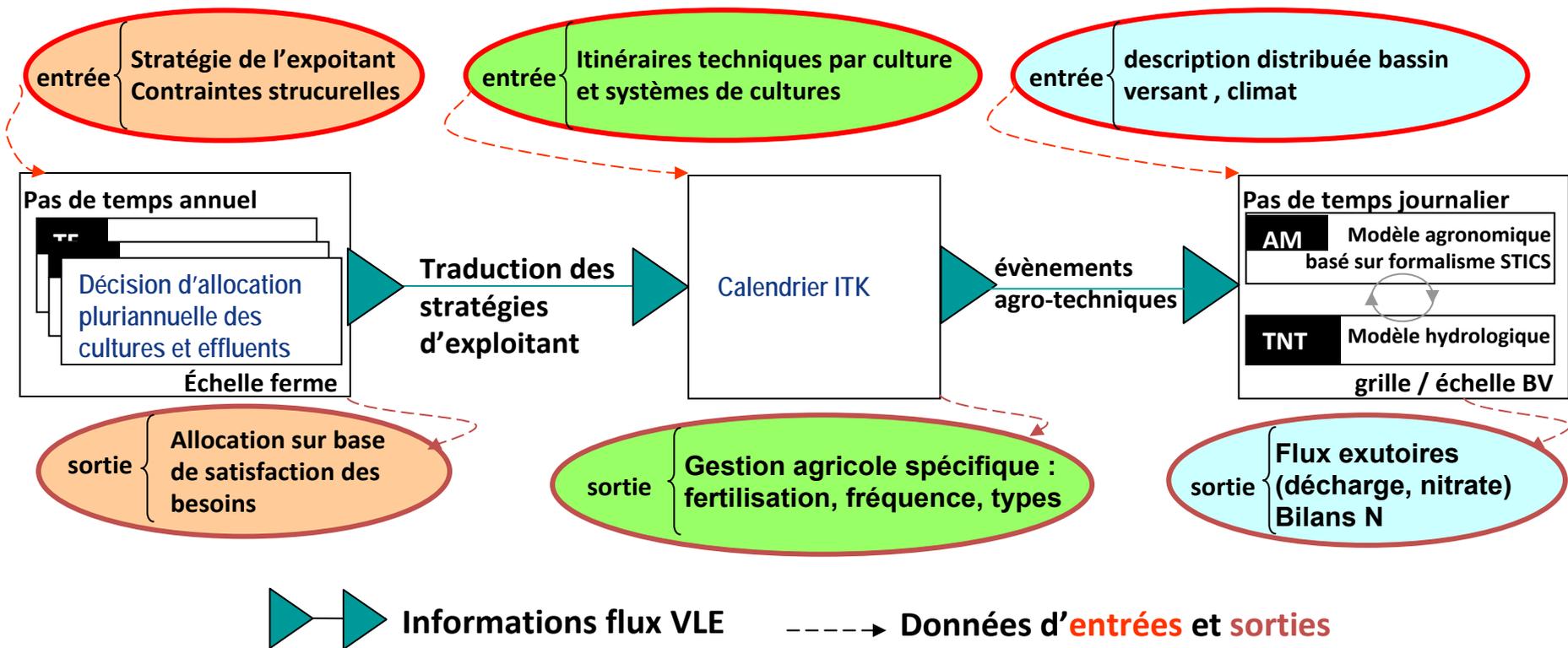
6) Modélisation (Casimod'N) permet de simuler ce qui se passerait si on généralise à l'ensemble du territoire les changements mis en œuvre dans les fermes et de tester différents scénarios (cohérence agronomique)



allocation des cultures et pratiques de fertilisation

à partir de la stratégie des éleveurs, modélisation des systèmes de cultures sous contraintes
→ le système agricole est introduit dans la modélisation

Représentation simplifiée du modèle Casimod'N

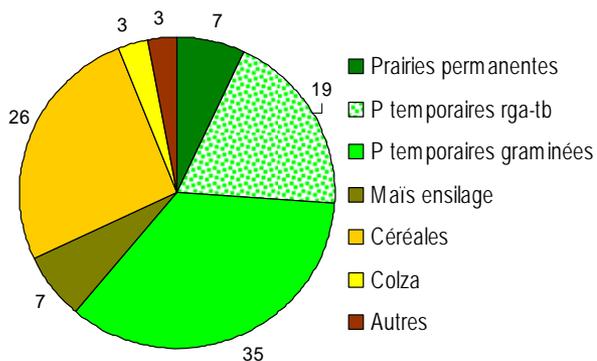


Qu'est la cohérence du système dans la modélisation ?

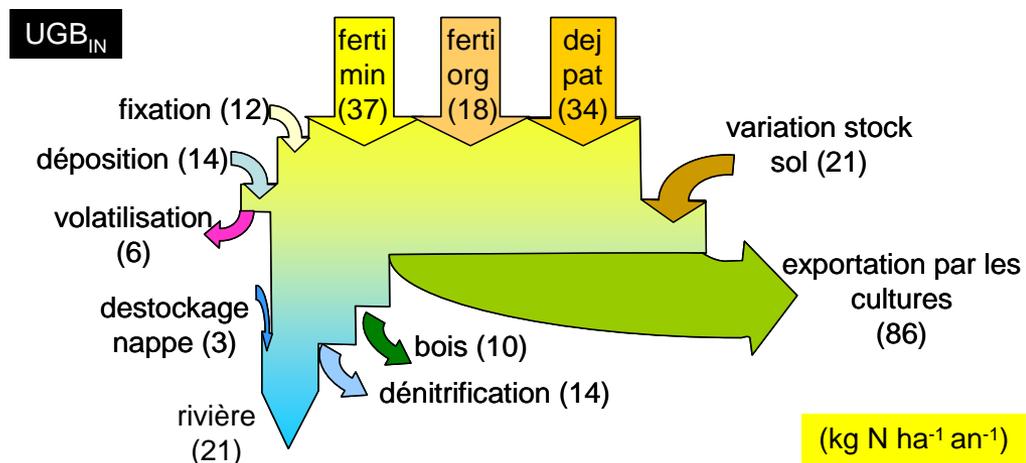
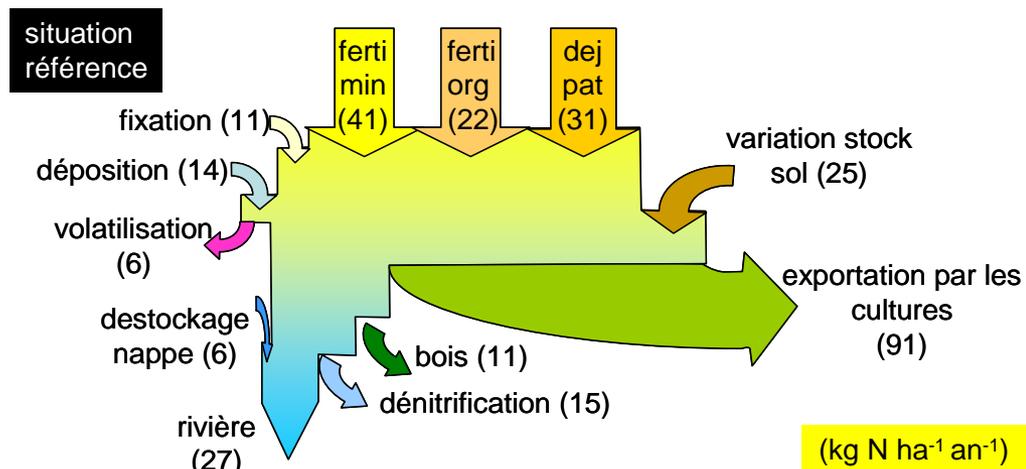
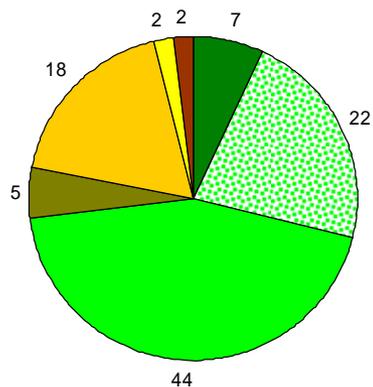
- ✓ Nourrir les animaux pour assurer le niveau de production laitière (revenu principal)
- ✓ Pouvoir gérer déjections animales / règles fertilisation raisonnée et réglementations
- ✓ Compenser perte de revenus associée aux changements par diminution des charges (ou autres pistes)

Simulations Casimod'N sur le BV du Yar (itération 2): scénario pratiques actuelles vs mise en œuvre des 2 indicateurs principaux : chargement et limitation entrées N

Assolement pratiques actuelles

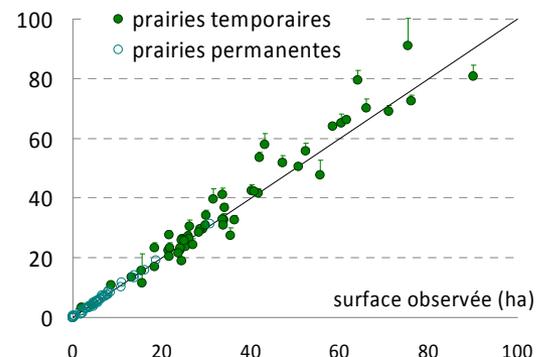
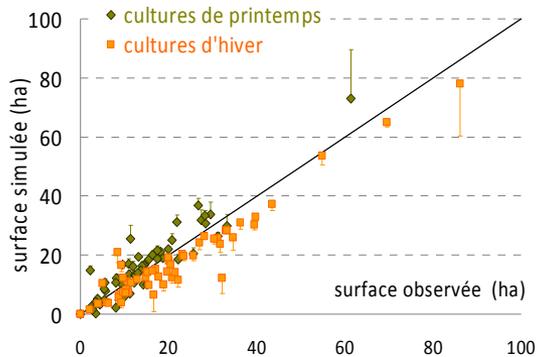


scénario TRELSU_{IN}

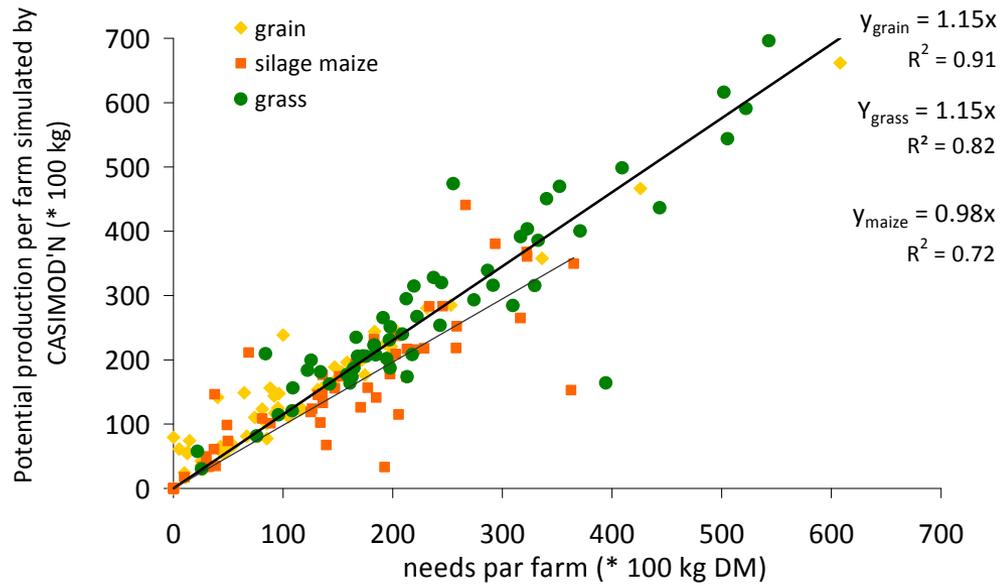
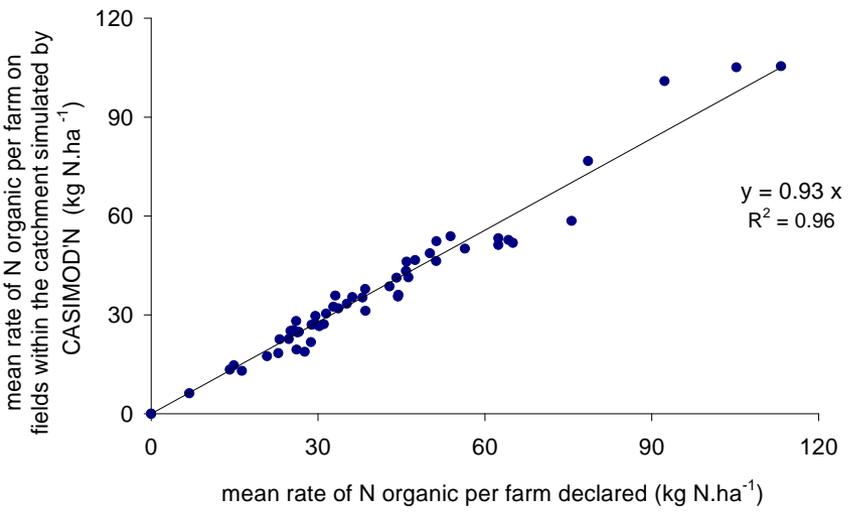


- Assez bonne restitution des assolements et des pratiques
- Dans scénarios testés, l'essentiel des modifications de flux est lié au chargement / ha herbe

Occupation des sols



Pratiques de fertilisation Norg Satisfaction des besoins en fourrages et cultures



Bonne restitution des pratiques et de leur spatialisation
 Possibilité d'évaluer les différences sous-bassins : spatialiser les mesures

la teneur en nitrate reste proche de 20 mg/l

Amélioration du modèle, test autres scénarios

→ **module prairie, sensibilité du modèle,**

→ **autres scénarios**

- A partir du scénario 1,4 UGB/ha herbe : prairies de longue durée (12 ans) levée de la contrainte « accessibilité des parcelles »
- **Scenarion Plan Algues Vertes 2027** (1,4 UGB/ha d'herbe et 100UN/ha, 100% de couverture hivernale efficace)
 - 80% d'herbe dans la SAU, gestion des prairies selon résultats des scénarios 2 et 3
- 100% des zones humides en herbe et pas de fertilisation
- 20% de la SAU en bio : 1 UGB/ha herbe et 0 entrée d'azote
- **Scenarion Plan Algues Vertes 2027 + Prospective** (arrêt des quotas et variation du nombre d'exploitations) → Augmentation de 10% de l'effectif du troupeau, de 10% du volume de lait produit

Bilan qualitatif : éléments de retour d'expérience sur la Lieue de Grève

- Démarche transdisciplinaire de boucle de progrès opérationnelle et fructueuse
- Réduction des entrées d'N (fertilisants)
- Stabilisation ou augmentation des surfaces en herbe (+ émergence d'une approche collective de sécurité fourragère)

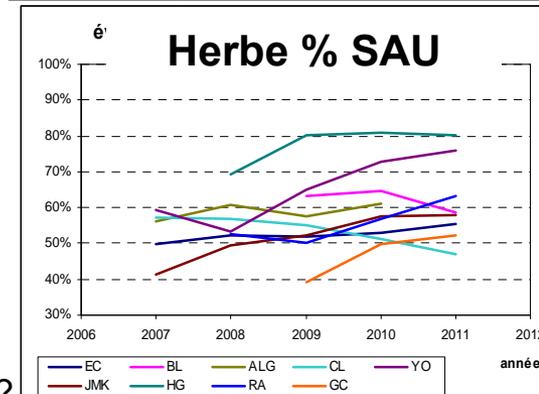
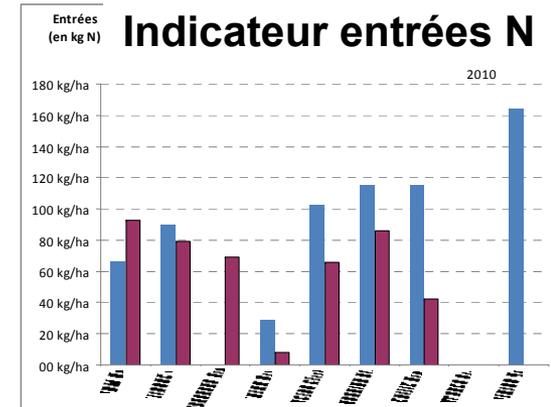
Questions posées par des partenaires (Ch Agr)

Connaissances sur flux N

- Quelles rotations pour minimiser Nlix? (prairies courtes vs parcelles spécialisées?)
- pertes N et fcnt exploitation : pb transition (si ↗ nb animaux / prod lait à l'herbe)
- pâturage ou non ? (→ mono ou multicritère ?)
- effet des (différents types) zones humides ?

Outils → éleveurs ne sont pas suffisamment formés à l'environnement (optimisation de l'utilisation des nutriments pour limiter les fuites et non réglementation !). A traiter dès la formation initiale et en formation continue.

Méthode : Comment intéresser/impliquer les acteurs locaux (« globalement je trouve que le BVLG ne s'en sort pas si mal »).



Bilan qualitatif (2)

- les partenaires collectivité territoriales
 - **Connaissances acquises :**
 - Définition d'indicateurs holistiques pour évaluation pression azotée (exploitation – territoire)
 - Appui à définition d'une stratégie (regard extérieur au territoire et expérience sur d'autres BV)
 - **Besoins en connaissances :**
 - Quelles solutions pour réduire les entrées N dans exploitations HS déjà optimisées ?
 - Quels SdeC avec couverture hivernale efficace (hors prairies) , quelle rentabilité économique ?, intérêt de la luzerne sur les fuites d'azote ?
 - Efficacité des zones humides / abattement des nitrates, quels modes de gestion ?
 - Quelle durée (4-5... 11 ans ?) et gestion des prairies (pâturage ou fauche, fertilisation, chargement)
 - **Attente des acteurs locaux :**
 - Disposer de références scientifiques sur les systèmes agricoles et les fuites d'azote
 - Connaître les systèmes économiquement viables à très basses fuites d'azote
 - Outil d'évaluation de la performance environnementale des systèmes bovins lait (bilan apparent/JPP/BGA...) Indicateur le plus pertinent ?
- **UMR SAS**
 - Travail très riche, transdisciplinaire, mais complexité / intrications de préoccupations institutionnelles
 - Avancées méthodologiques de modélisation et de suivis en fermes pilotes synchrones → éléments pour construire des scénarios pertinents et outils pour en évaluer les conséquences
 - À approfondir : interactions entre modélisation agro-hydro-écologie et socio-économie → durabilité des solutions
 - Manques : références sur des SdeP « agro-écologiques » approchant l'autonomie et des pertes minimales

Conclusions- perspectives

- L'approche intégrée a permis d'identifier des voies d'amélioration avec l'adhésion des partenaires
- Progrès apportés par le nouveau modèle Casimod'N
 - Intégrer le fonctionnement du système de production à la modélisation biophysique permet de bien reconstituer les assolements, les rotations et la distribution spatiale
 - construction et évaluation de scénarios prospectifs (indicateur système, quantification des scénarios),
- Perspectives d'amélioration et d'utilisation
 - Amélioration en cours des modules actuels (*prairies, min. basale, analyse de sensibilité du modèle, ...*) Intégrer d'autres composantes du S de P (ex gestion des prairies et du pâturage présents dans MELODIE (*Faverdin et al., 2012, CIAG ; Chardon et al., 2012, Animal*), *modéliser les décisions en cours d'année*)
 - Quantifier l'efficacité d'associer système d'élevage et de culture
 - *Dimensions durabilité : couplage avec ACV, avec modules micro-économie*
 - *Outils d'aide à la décision échelle exploitation (cube de données, simulateurs)*

Des challenges d'intégration en bonne voie

- Communauté Environnement & Elevage & Modélisation
 - IFR CAREN * GDR FA2D * IRISA
- Modélisation intégrée des processus techniques et environnementaux
 - BV (TNT) * Exploitation (Mélodie)
 - De la prévision des effets, à l'analyse des incertitudes et la recommandation
- *Changement d'échelle : des OREs (5 km²) à un BV de gestion (50 km²)*
 - *repenser la hiérarchie des processus, intégrer des processus nouveaux*
 - *pallier les méconnaissances, représenter l'hétérogénéité*
- **Changement de paradigme : cadre opérationnel, évolutif, avec des acteurs**
 - BV littoral à forte vulnérabilité : scénario de rupture, co-construits et réalistes
 - Des partis pris : place et gestion de l'arbre, l'herbe, l'interculture, ... dans le paysage

Merci de votre attention



discussion ?

