

Séminaire Eau Agriculture

Départements AgroEnv, Aqua, Terra

*Dispositifs d'observation et
d'expérimentation, bases de données :
des dispositifs au service des
questions de recherche*

Isabelle Braud, RiverLy, Lyon

Ophélie Fovet, SAS, Rennes

Jérôme Molénat, LISAH, Montpellier

Dispositifs en lien avec eau - agriculture

Observatoires Bassins

Versants

Omere, AgrHyS,
Oracle, OTHU/Yzeron,
OPALE, M-TROPICS

Plaine de Crau

Zones Ateliers

Bassin du Rhône, *Site atelier Ardières*
Morcille, Site Atelier Arc-Isère
Armorique, *Site atelier Pleine Fougère*

Observatoires Parcelles

SOERE PRO, ACBB
OS²
Site EMMAH

Site Expérimental de Rampillon

Plateforme irrigation PRESTI (GEAU)

Dispositifs de laboratoire

Colonnes ...

Sites de Recherche-action récurrents

Aires Alimentations de Captage

Essais Systèmes Ecophyto-Dephy

SI-BDD

Climatik, BDOH, Theia-OZCAR, RZA ...

Base de données nationales

MeteoFrance, Banque Hydro

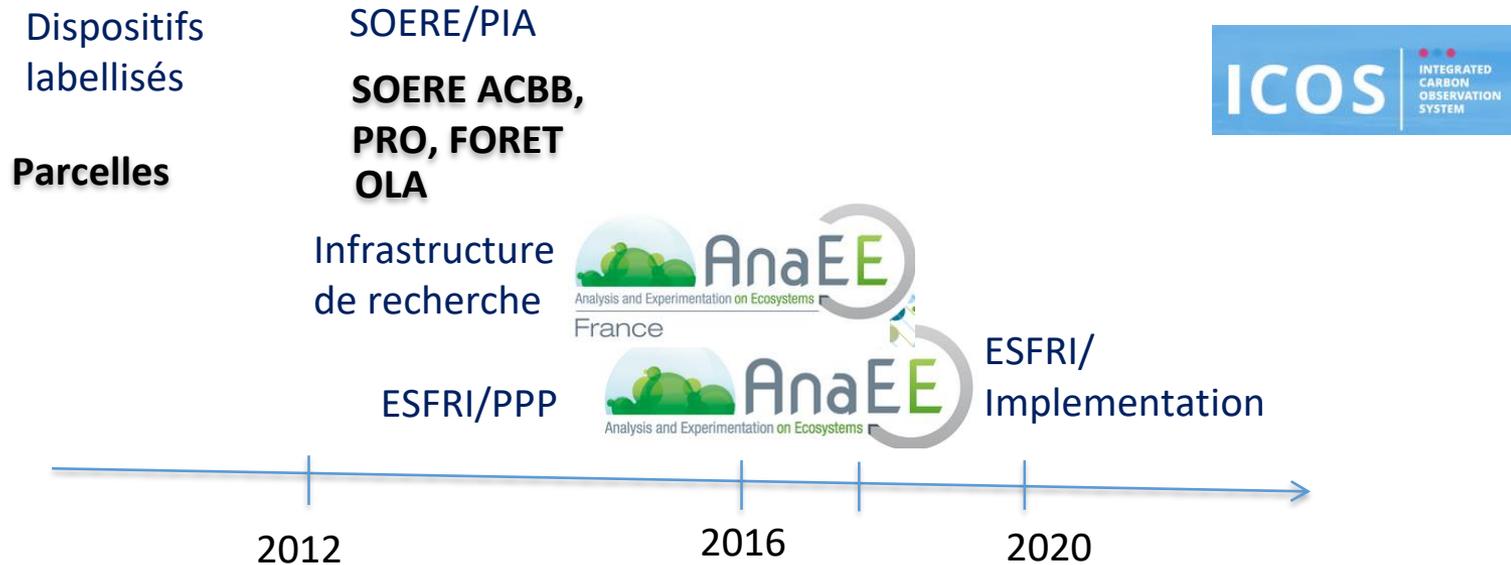
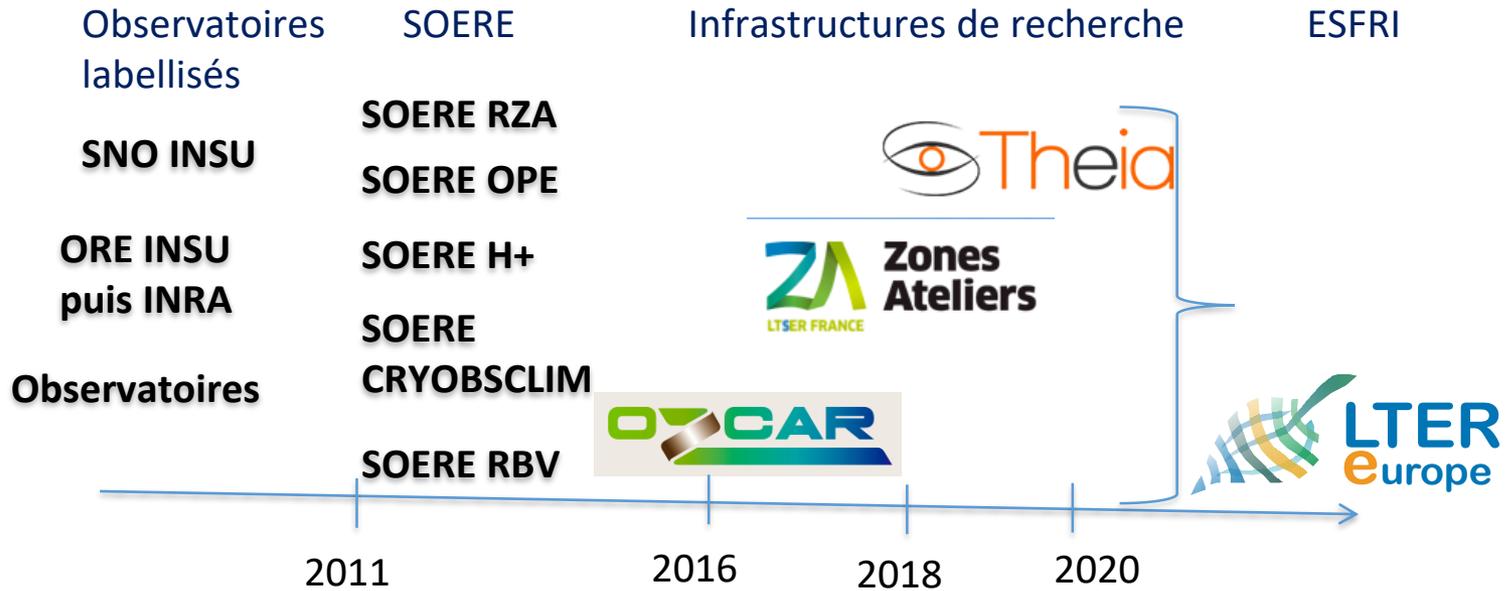
BDATs, DoneSol, RMQS

RPG

Quels dispositifs d'observations?

- Observatoires parcelles (expérimentation in natura)
 - ORE PRO (Produits Résiduaire Organiques)
 - ORE ACBB (Agro-écosystèmes cycles biogéochimiques et biodiversité)
- Observatoires bassins versants (suivi de long terme cycle de l'eau, de l'énergie, du carbone et des éléments associés à l'eau, contaminants)
 - ORE AgrHys, OMERE
 - Observatoires ORACLE, OTHU/Yzeron
- Zones ateliers: Recherches socio-écologiques; Pluridisciplinaires et finalisées; Basées sur l'observation de long terme avec 3 dimensions: observatoire socio-écologique; fédération académique; co-construction opérationnelle
 - Site ZABR Ardières – Morcille (transfert et impact des pesticides en contexte viticole)

Construction Nationale SNO-SOERE - IR/TGIR



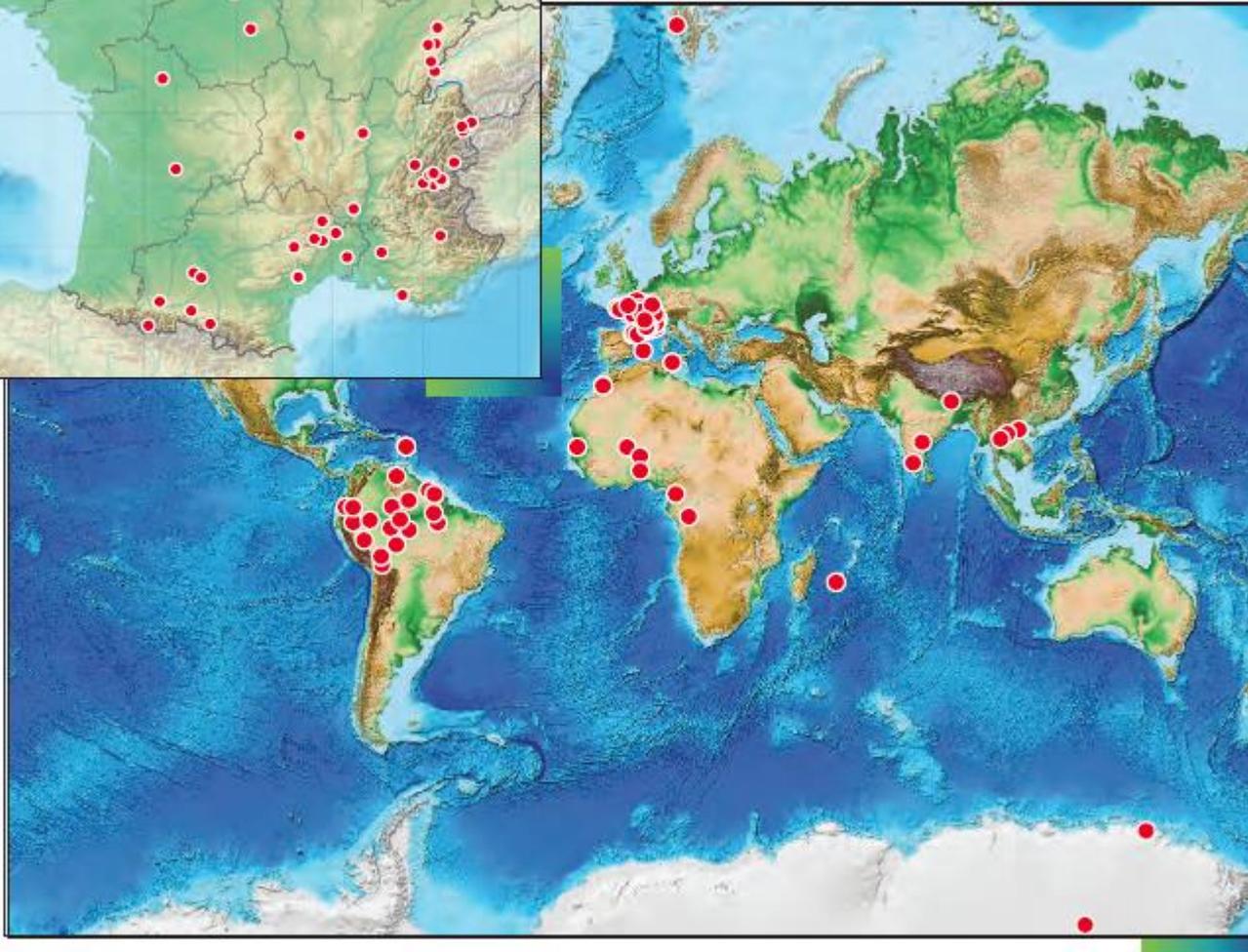


- Un intérêt commun pour la Zone Critique et le calcul de bilans et de flux
- Des sites très instrumentés avec un long historique d'observations
- Une même question générale: comment suivre, décrire et simuler l'adaptation de la Zone Critique à une planète qui change (climat, occupation des sols, pratiques)
- Les ambitions d'OZCAR déclinées dans un « White paper » (Gaillardet et al., VZJ, 2018)

<https://dl.sciencesocieties.org/publications/vzj/abstracts/17/1/180067>



- 22 observatoires labellisés
- + de 60 sites de mesures répartis dans le monde



Pourquoi autant de dispositifs?

- Approche gradients climatiques, types de sol/géologie, occupations du sol
- Un fort poids de l'historique avec le développement de différents dispositifs autour de questions scientifiques d'intérêt local (pollution par les nitrates en Bretagne, contamination par les pesticides en zone viticole, etc...)
- Les efforts des années récentes ont visé à mettre ces dispositifs en réseau, à harmoniser les protocoles, à partager des savoir-faire, des bases de données, etc...

Objectifs scientifiques



Beaujolais
Rhône

Étude des conséquences des actions anthropiques en milieu viticole sur le fonctionnement des écosystèmes aquatiques

2 bassins emboîtés : Ardières 150 km² et Morcille 8 km²

- Comprendre et modéliser les transferts de produits phytosanitaires vers les cours d'eau en prenant en compte l'influence des éléments du paysage
- Evaluer la contamination chimique et les effets associés au sein des cours d'eau
- Prendre en compte les aspects humains pour identifier les freins et leviers de la mise en œuvre d'actions concertées pour limiter les usages et leurs impacts

Site expérimental Cemagref/Irstea depuis 1990

Labellisé Site Atelier de la ZABR
Inclus dans le réseau Recotox

Collaborations scientifiques Irstea-INRA :

Irstea (*UR Riverly, EABX, Hycar, G-Eau, Tétis*)
INRA (*Cartel, Agroécologie, Ecosys, Lisah*)

Démarche

Approche de la chaîne pression/transferts – exposition - impact

Sol, occupation du sol et usages agricoles



Vulnérabilité du milieu aux transferts hydriques des pesticides

Evaluation de solutions correctives au bassin versant/paysage (eau, biodiversité)



Freins et leviers pour le changement de pratiques



Effets sur les écosystèmes aquatiques (sensibilité, adaptation, récupération)

Rôle des éléments du paysage (effet tampon)

Exposition chimique multi-substances au sein des cours d'eau

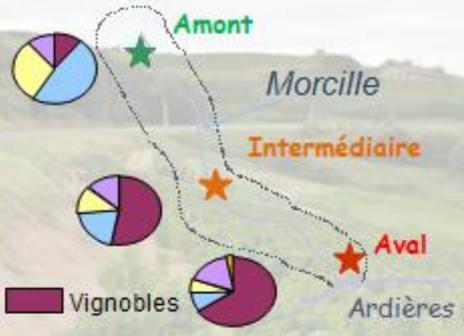


Hydrologie, chimie, biologie, SHS
Modélisations intégrées au bassin versant/paysage

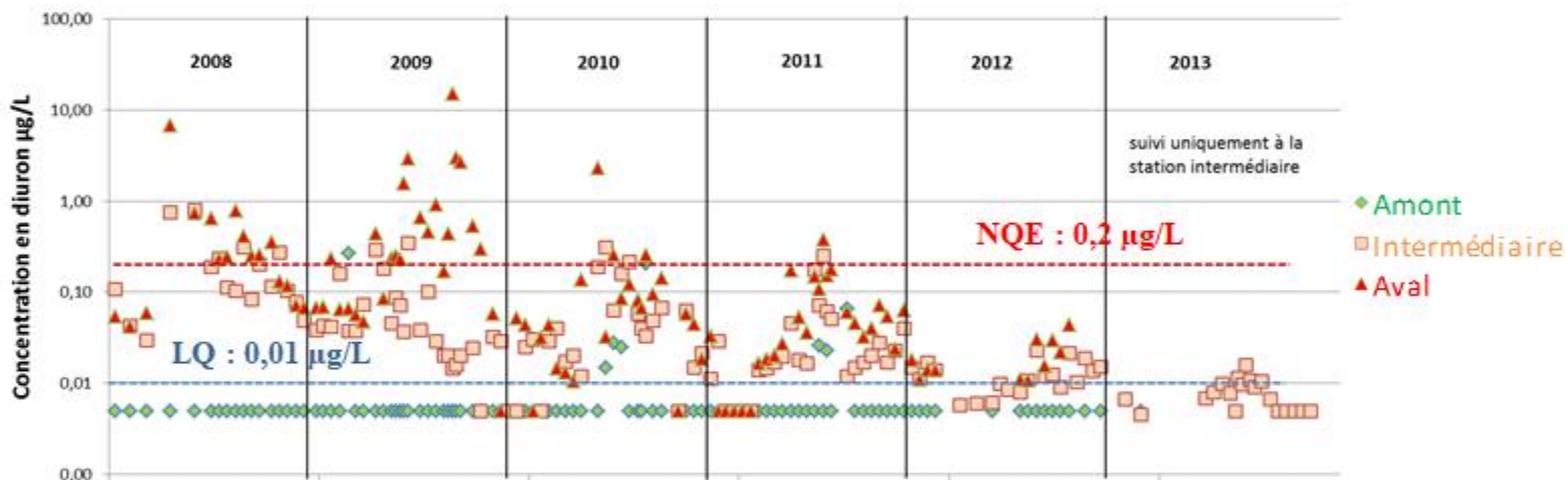


Exemple de résultats

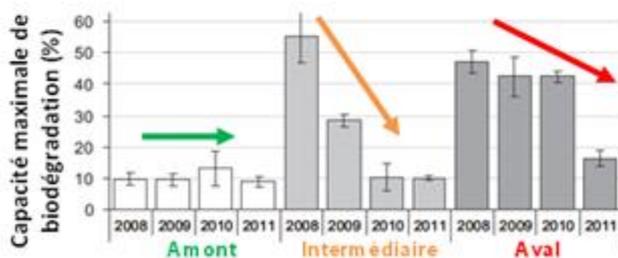
Evolution des réponses chimique et biologique d'un agrosystème suite à l'interdiction du diuron (fin 2018)



Inertie de décroissance des concentrations en diuron au sein de la Morcille de 2008 à 2013

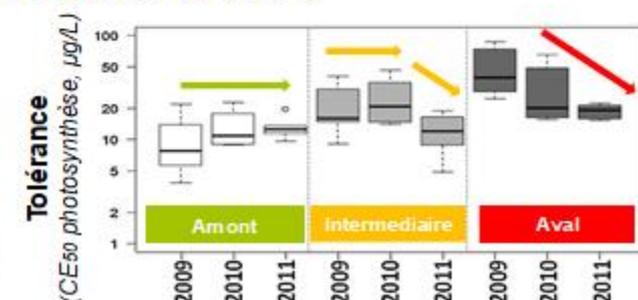


Diminution de la pression toxique du diuron mise en évidence par des indicateurs écologiques microbiens (via l'étude des communautés naturellement présentes dans la Morcille)



Communautés microbiennes du sédiment
perte progressive des capacités à dégrader le diuron.

Biofilms microbiens phototrophes
perte progressive des capacités à tolérer la toxicité du diuron.

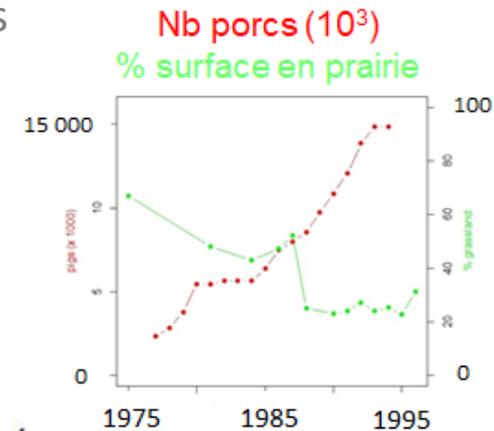


Pesce et al., 2013. Ecological Indicators 29: 18-25

Pesce et al., 2016. Agriculture, Ecosystems and Environment 221: 79-86

Un observatoire des Temps de réponse des flux biogéochimiques (N, C et P) dans les **AgroHydroSystèmes** aux forçages:

- climatiques: contexte tempéré océanique européen
 - Cycles courts (Oscillations Nord Atlantique)
 - Trajectoires (réchauffement, hivers + humides et étés + secs)
- et anthropiques : contexte de polyculture élevage (laitier & porcin)
 - Années 1970: Remembrement, conversion massive des prairies permanentes en surface cultivées, intensification
 - Années 1990 à 2000: Directive Nitrate et 2 Plans de Maitrise des Pollutions d'Origine Agricole
 - Aujourd'hui : déprise et évolutions



Morbihan. Le lisier de sept fermes transformé en carburant

• Ouest-France
Jule SCHITLY.

Modifié le 13/06/2019 à 10h02
Publié le 10/06/2019 à 06h58

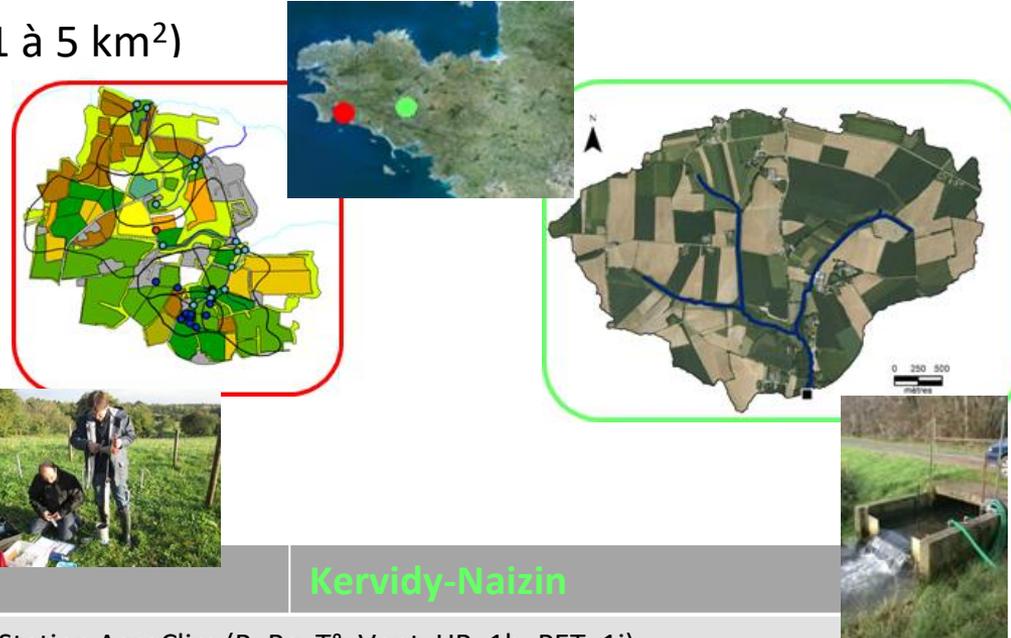
En 2021, sept agriculteurs du pays de Pontivy (Morbihan) transformeront leur lisier en biogaz, qui sera directement utilisé dans la station-service voisine. Un projet innovant à onze millions d'euros.

Les observations sur le long terme

- 2 sites bassins versants élémentaires (1 à 5 km²)
- Granite vs schiste, 1100 vs 820 mm/an

Kerbernez >Densité spatiale:
recharge des nappes phréatiques

Kervidy-Naizin >Densité temporelle:
suivi haute fréquence, hot-spots & hot-moments



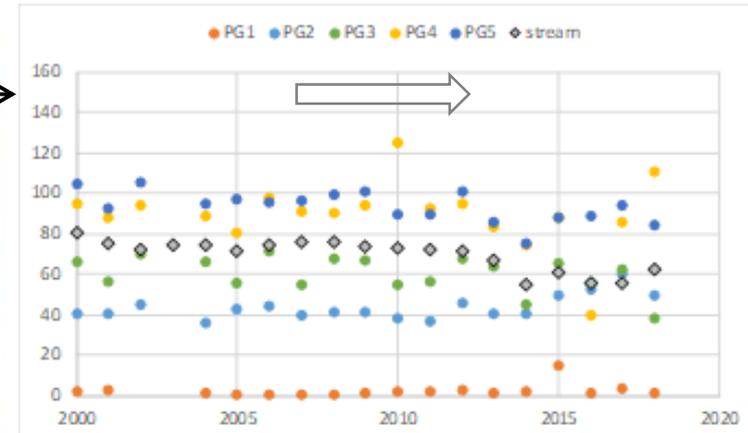
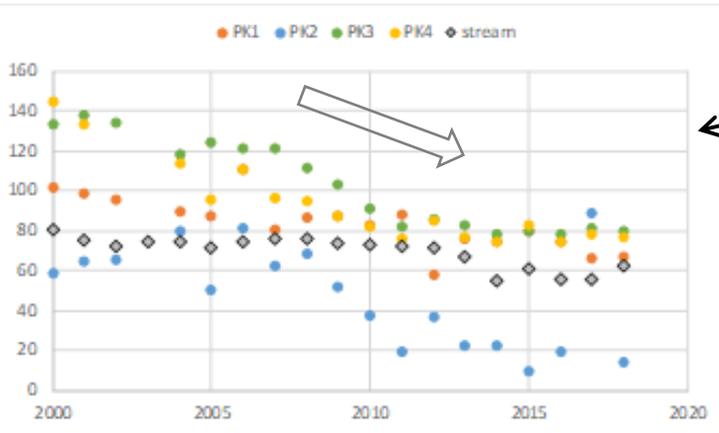
	Kerbernez	Kervidy-Naizin
Météorologie	1 Station AgroClim (R, Rg, T°, Vent, HR, 1h; PET, 1j)	
Hydrologie	7 stations limni (5 auto, 6 min)	1 station limni (1 min)
Piézométrie (3-20 m)	19 piézomètres (18 auto, 15 min)	12 piézomètres (10 auto, 15 min)
Humidimétrie	2 profils humidité volumique (7 prof, 30 min)	2 profils humidité volumique (1 et 3 prof, 30 min)
Chimie de la pluie	1 station: Anions, cations, N tot, ² H et ¹⁸ O (1 mois)	
Chimie du cours d'eau	7 exutoires: anions majeurs (8/an)	1 exutoire: NO ₃ , COD, TRP, TP (<1h) anions majeurs, C dissous & P (1/j + crues) MES (1/semaine + crue)
Chimie de la nappe	20 piézo: Anions majeurs (8/an)	12 piézo: anions majeurs, C dissous (4/an)
Occupation du sol	Enquête tous les 4 ans	Relevés terrain annuels

Un exemple d'OZCAR: ORE AgrHyS



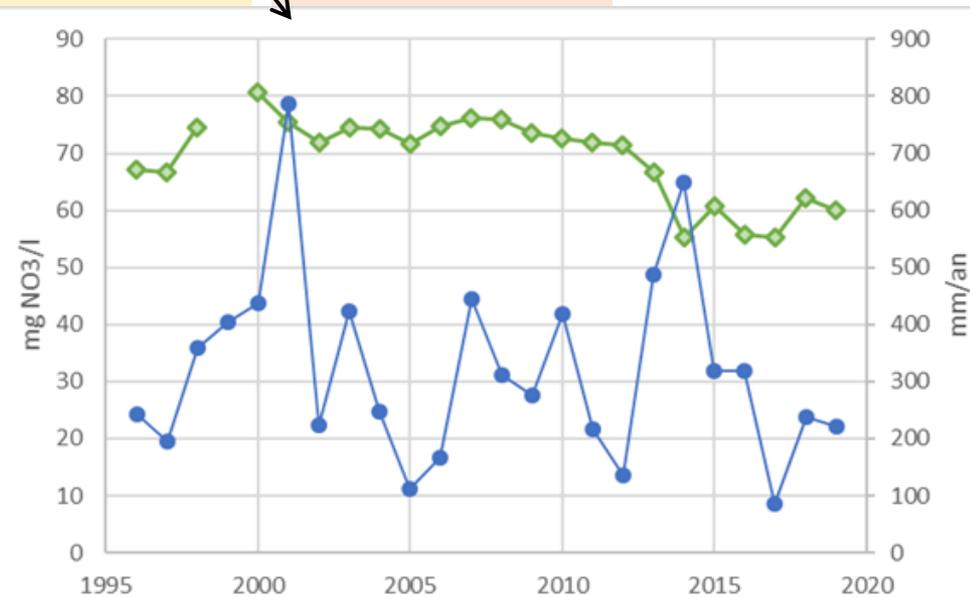
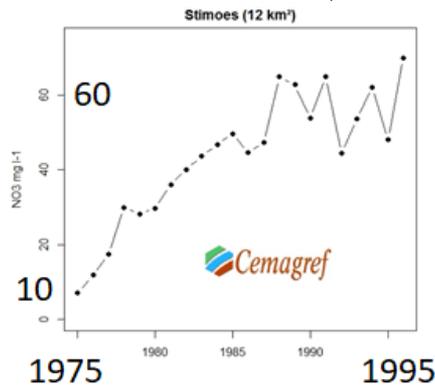
http://www6.inra.fr/ore_agrhyS

Pourquoi sur le long-terme? Temps de réponses & Azote



PMPOA1

PMPOA2

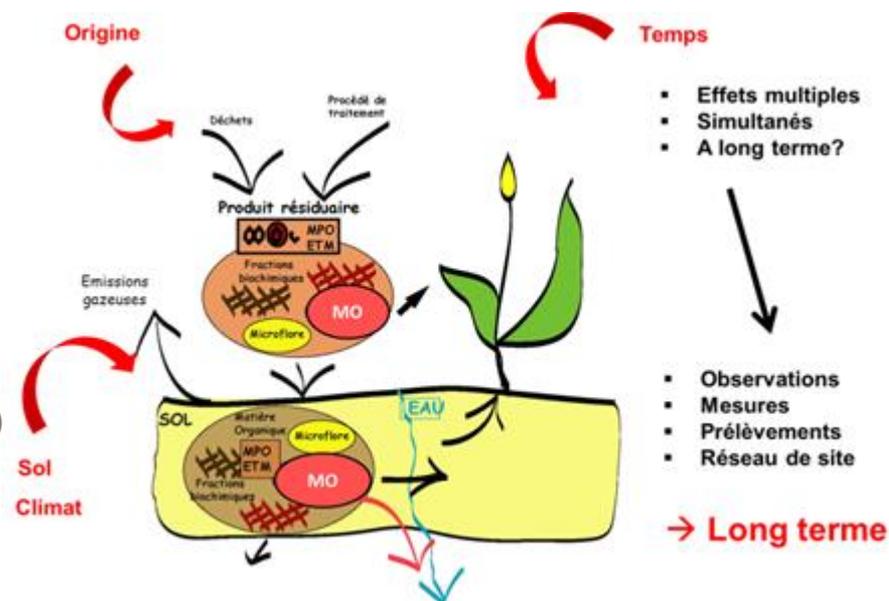


Observatoire de recherche en environnement pour l'étude du recyclage agricole des Produits Résiduaire Organiques

Réseau de sites expérimentaux au champ de longue durée répondant aux enjeux du recyclage des Produits Résiduaire Organiques (PRO)

SOERE PRO : UMR EcoSys (S Houot)
UMR SAS (A Michaud)

Sites : SEAV Colmar (D Montenach)
UMR EcoSys (C Resseguier)
UMR SAS (T Morvan)
UR Recyclage & Risque (F Feder, C Detaille)
UMR LSE (F Watteau)
UMR ISPA (V Sappin-Didier)
UMR Eco&Sol / Univ. Ouaga. (D Masse, E Hien)



Un exemple de dispositif parcelle: le SOERE PRO

2018 Infrastructure Scientifique Collective INRA

5 sites observations détaillées

≠ contextes agro-pedo-climatiques

Monitoring commun complet

PRO, sol, plantes, eau

Propriétés physico-chimiques Contaminants

Variables biologiques

Emissions N₂O, CO₂

Eau percolation

Données climatiques

Fonctionnement hydrodynamique

4 sites

Intégrés à IR ANAEE-France

3 sites associés

2 sites historiques (Couhins et La Bouzule) & 1 site au Burkina Faso



Gestion commune des instrumentations

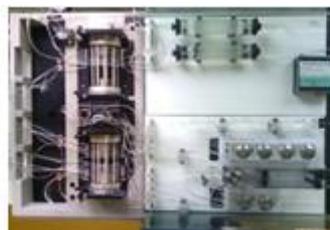
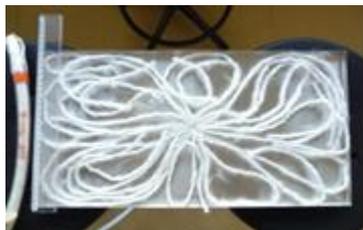
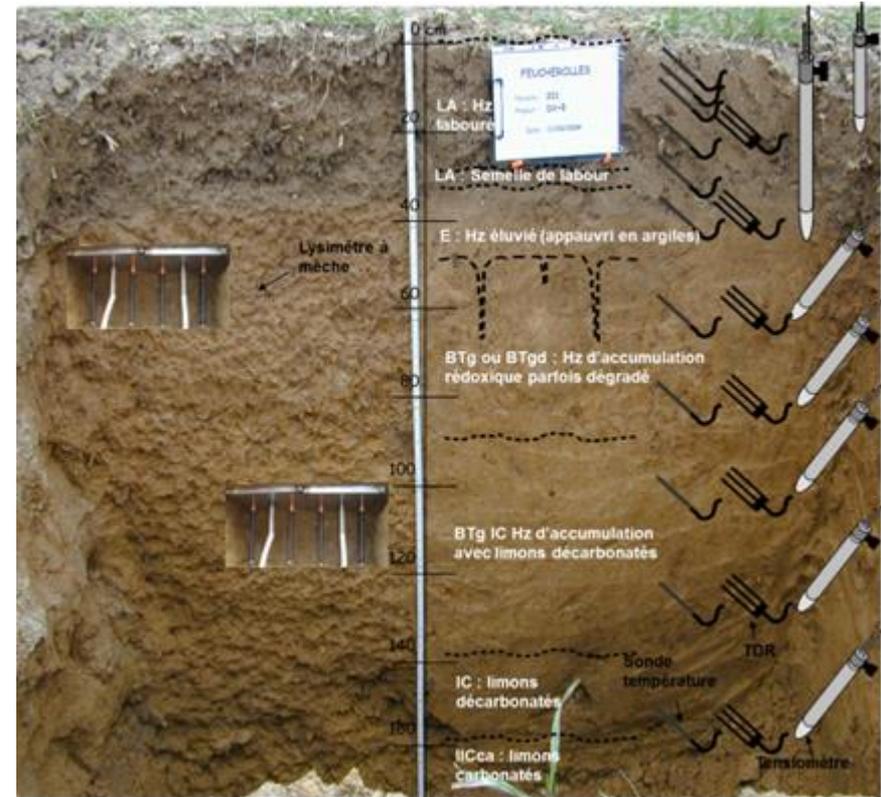
4 sites principaux

Suivi hydrodynamique & Eau du sol (équipements : 1 parcelle par traitement)

- 1 profil de sonde TDR (humidité)
- 1 profil de tensiomètres (potentiel de l'eau)
- 1 profil de sonde température
- Lysimètres à mèche : 45 & 100 cm prof.

Suivis des émissions de gaz à effet de serre (CO₂, N₂O)

- Mesures de CO₂ (LiCo-820)
- Mesures de N₂O (Thermo Scientific TE-46i)



Missions et activités principales

- Observation: suivi sur le long terme et en continu de plusieurs compartiments: eau, sol, air, biologie
- Suivi d'un certain nombre de variables (météorologie, pluviométrie, débits, flux d'énergie, flux de carbone, eau du sol, suivi géochimiques, suivi de contaminants, suivi des pratiques agricoles, occupation du sol, Variables socio-économiques dans les ZAs)
- Qualification, bancarisation et mise à disposition des données acquises
- Support pour des expérimentations, campagnes associées à des projets de recherche
- Développement métrologique, évaluation de nouveaux capteurs en conditions de terrain

Coûts << Bénéfices

Ordres de grandeur



Année 2017
COÛTS partiels

<<

BENEFICES

Coûts/an	 Animation & Acquisition	 Animation SEULE
	15.4 M€	3.5 M€
dont salaires	7.5 M€	2 M€
	8.6 % Irstea 7.1% Inra	3.5% Irstea 5.0% Inra
dont fonct. ^{nt}	3.4 M€	0.8 M€
	8.5% Irstea 8.5% Inra	2.5% Irstea 2.5% Inra
dont Invest. ^{nt}	1.3 M€	260 k€

Visibilité académique & partenariale

Publications ~600/an
EUR H₂O'Lyon

Ressources propres
Ex  25 M€/an
100+ projets 

Patrimoine instrumental :
Ex :  25 M€

Dont accord cadres, expertise

(Meta) Données
BDOH, portail Theia/OZCAR, DEIMs

Foule d'animations
Valorisation
Transfert
Iltter, IS.Rivers, Piren_Seine

Front de science « Diagnostiquer les ressources en eau et prédire leur évolution sous changement climatique et anthropique ainsi que les risques associés »

- ES3 « Gestion, préservation, restauration des ressources »
- ADD1 « Systèmes aquatiques soumis à de multiples pressions »
- ADD2 « Hydrosystèmes & risques » : (flux d'eau, de matières et de polluants)

Enjeux scientifiques et opérationnels ?

Contribuer aux diagnostics environnementaux de l'état des ressources en eau (quantité, qualité, santé des écosystèmes, aptitude à la production agricole)

Développer des approches et des outils pour la gestion intégrée de ces ressources, en lien avec les parties prenantes (meilleur partage de la ressource, restauration) et dans un contexte de changement global

Identifier les risques de dégradation de la ressources, notamment en conditions extrêmes

=> Une **vision intégrée du cycle** de l'eau (quantité et qualité) [jusqu'aux impacts sur les écosystèmes]

Fronts de science

FS1: Évaluer l'état de la ressource et l'évolution de la ressource (en eau)

ADD1: Caractériser l'évolution à court et long terme des cours d'eau, plans d'eau et estuaires soumis à des pressions multiples dans un contexte de changement global (en particulier micropolluants)

FS2: Comprendre et prédire l'évolution des ressources (en eau) en fonction des changements climatiques et anthropiques

ADD2: Compréhension et description des processus du cycle de l'eau, flux d'eau, de polluants. Risques naturels et leur évolution dans un contexte de changement global, notamment en condition extrêmes (ruissellement, érosion, sécheresse)

Front de science « Diagnostiquer les ressources en eau et prédire leur évolution sous changement climatique et anthropique ainsi que les risques associés » (EnjS3, ADD1, ADD2)

Comment les dispositifs et les bases de données nationales sont-ils déjà mobilisés?

- Compréhension de processus

 - ex1: Impact de l'urbanisation sur l'hydrologie des rivières périurbaines (projet AVuPUR, BV Yzeron OZCAR/ZABR)

- Mise au point et évaluation de modèles distribués de transfert d'eau, de matière et de contaminants dans les bassins versants

 - ex1: Modélisation de l'hydrologie des bassins périurbains (J200P, BV Yzeron) ou agricoles (MHYDAS)

 - ex2: Modélisation du transfert de pesticides (PeshMelba)

 - ex3: Modélisation de la ressource en eau sur le bassin du Rhône (J2000-Rhône)

 - Mise en oeuvre et évaluation du modèle avec les BDD nationales: SAFRAN de Météo-France, BanqueHydro sur les débits, MNT, Occupation des sols, BDD sur les sols

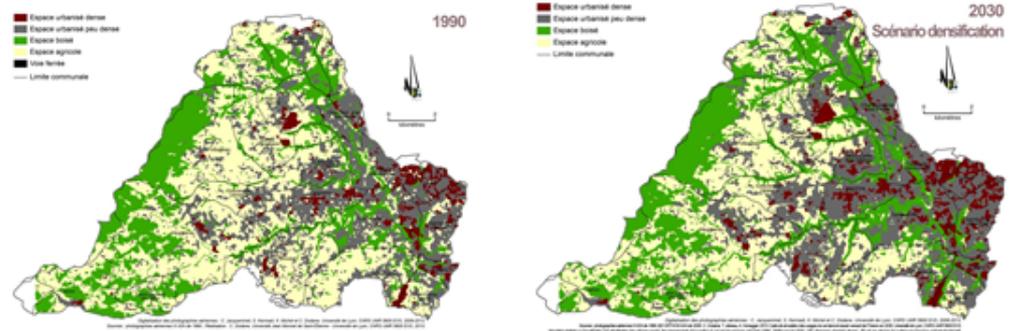
 - Amélioration du modèle via une évaluation diagnostic sur le BV Ardèche (BanqueHydro, données OHMCV)

- Support de travaux sur la quantification de l'impact des changement globaux

 - ex1: Thème 1 de la ZABR (Changement Climatique et Ressources): projet ChronOTHU (15 ans de données OTHU); quantification des échanges nappes-rivières (ZABR)

Périurbanisation et impacts sur l'hydrologie

J2000P: un modèle hydrologique distribué mis en œuvre et évalué sur le BV Yzeron (OZCAR, ZABR)



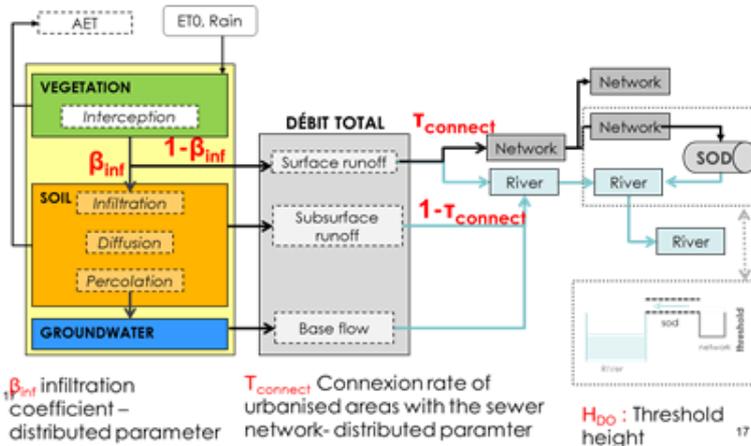
Carte d'usage du sol en 1990 (gauche). Usage du sol en 2030 simulé par un modèle de changement (Dodane et al., 2014) (droite).

Landuse en 2030 + 3 scenarii de changement de gestion des eaux pluviales

- 1 Référence: comme actuellement $T_{connect}=0.7$
- 2 Spatialisé: $T_{connect}$ distribué selon le taux d'imperméabilisation
- 3 Déconnexion: $T_{connect}$ distribué et déconnexion de l'urbain récent

Les scenarii de déconnexion produisent moins de ruissellement et moins de rejets des déversoirs d'orage que les scenarii spatialisés.

- Des outils développés pour quantifier et expliciter l'impact de changement d'occupation des sols et de gestion
- Des perspectives pour le traçage des sources de pollution en combinant modélisation hydrologique distribuée et traçage de sources par empreintes géochimiques ou microbiologique (ANR Chypster)



« Interactions et rétroactions biophysiques à l'échelle des paysages cultivés »

- ES3 « Gestion, préservation, restauration des ressources »
- ES4 « Bouclage des cycles N&P, stockage du C dans les sols »
- ADD1 « Systèmes aquatiques soumis à de multiples pressions »
- ADD2 « Hydrosystèmes & risques » : (flux d'eau, de matières et de polluants)

Enjeux de connaissance

- couplage des processus **biotiques et abiotiques**
- **vision intégrée** des cycles de l'**eau et d'éléments** à travers air-plantes-sol-eau

L'**échelle paysagère** : une échelle essentielle d'analyse des services écosystémiques (BV+ZA)

Attendus

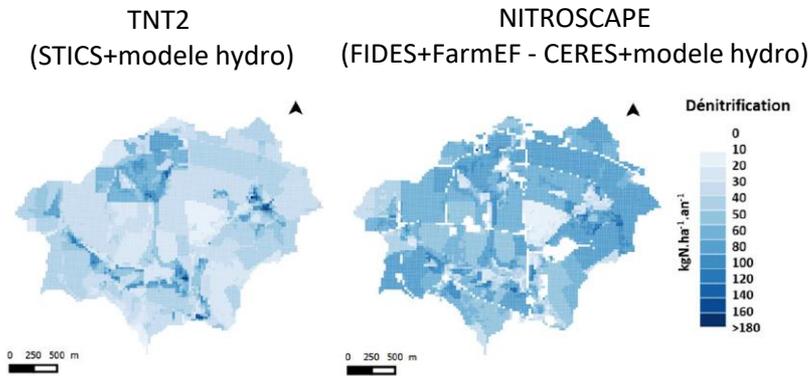
Le développement d'une **modélisation à l'échelle des paysages** cultivés pour une capacité accrue d'analyse des stratégies d'utilisation, de gestion et de protection des ressources, au travers notamment de l'**organisation spatiale des systèmes de cultures et des infrastructures paysagères** (zones tampons : haies, bandes enherbées, fossés, zones humides...).

« Interactions et rétroactions biophysiques à l'échelle des paysages cultivés »

Comment les dispositifs sont-ils déjà mobilisés ?

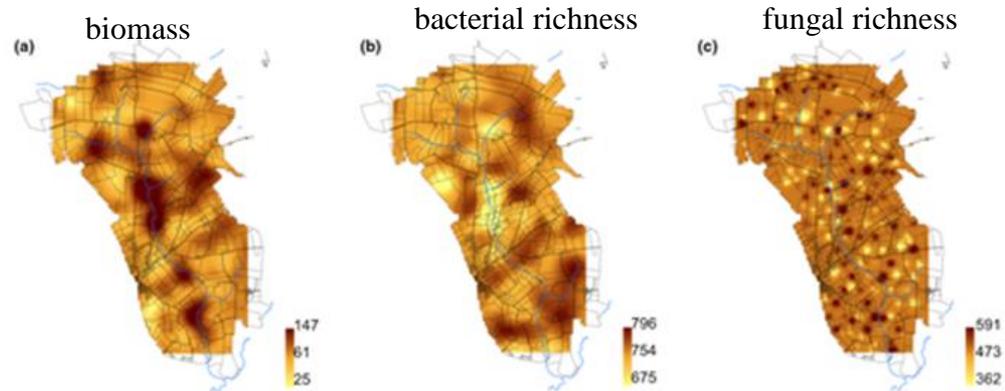
- couplage **biotiques et abiotiques, multi-compartiments**

Spatilisation de la dénit annuelle moyenne dans 2 modèles couplés sur la bassin de kervidy-naizin (ORE AgrHyS), ANR ESCAPADE



thèse L. Casal 2019

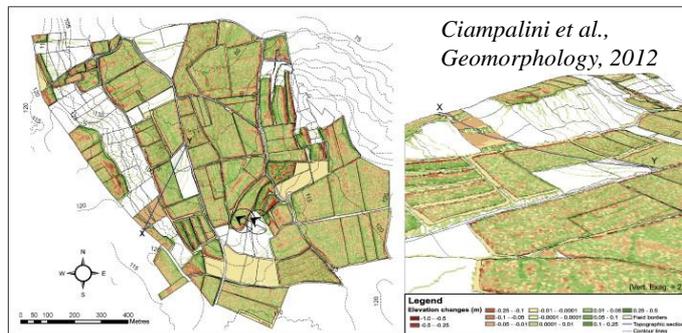
Cartographie de la biodiversité microbienne des sols de Kervidy-Naizin (ORE AgrHyS), ANR MOSAIC



(Le Guillou et al., Microb. Open, 2018)

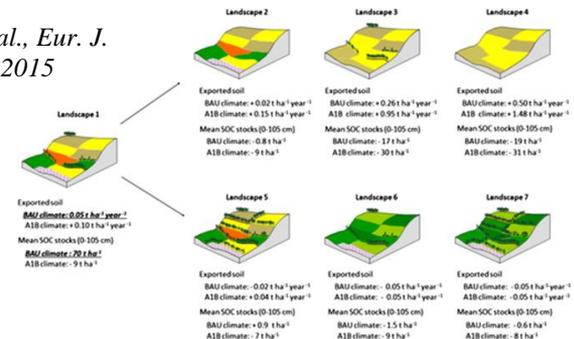
- modélisation des paysages**

Simulation des redistributions de sols sur la bassin de Roujan (ORE OMERE) par le modèle LandSoil (10-100 ans)



Simulation des redistributions de sols sur le site Atelier Pleine Fougères (ZAAR) par le modèle LandSoil (10-100 ans)

Lacoste et al., Eur. J. of Soil Sc., 2015

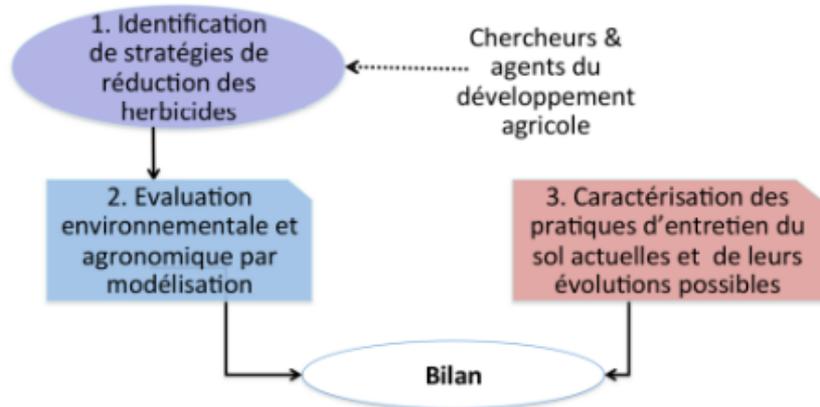


« Évaluation, Conception et Gestion de territoires multi-performants »

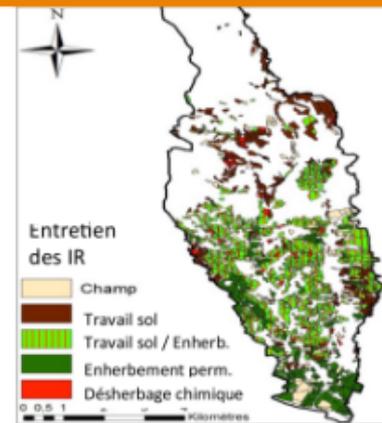
- ES5 EA « Évaluation, conception et pilotage de systèmes agricoles multi-performants »
- ADD3 Eau « Gestion adaptative et intégrée de l'eau, des usages et des infrastructures»

SP3A-Gessol: Spatialisation des pratiques agricoles adaptées et acceptables

Démarche suivie



Distribution spatiale des modalités d'entretien du sol



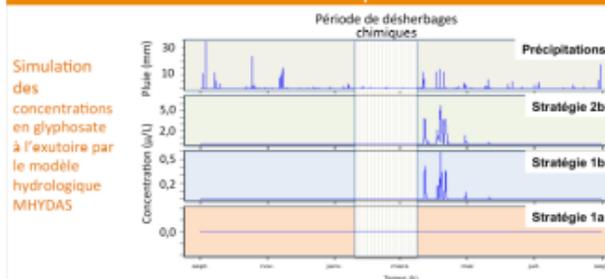
Evaluation agronomique

Enherbement des inter-rangs (IR)		Type de sol				
Permanent	Hivernal	Alluvial	Fersiallitique	Molasse	Argileux	Pierreux
Tous IR						
1 IR sur 2						
-	Tous IR					

Réduction de rendement
toujours < 15%
<15% au moins une année sur 2
toujours > 15%

Evaluation environnementale

Simulation du ruissellement polluant à l'exutoire BV



« Évaluation, Conception et Gestion de territoires multi-performants »

- ES3 « Évaluation, conception et pilotage de systèmes agricoles multi-performants »
- ADD3 « Gestion adaptative et intégrée de l'eau, des usages et des infrastructures »

Enjeux scientifiques

- 1) Déterminer des indicateurs de performances environnementales, agricoles, sociales et économiques
- 2) Concevoir des approches de modélisation du fonctionnement intégré du territoire (environnement x social x économique)
- 3) Développer des méthodes/démarches de conception

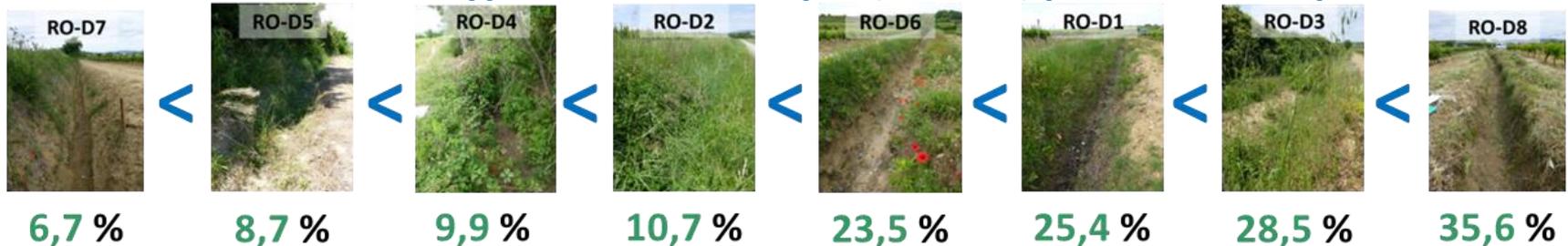
1) Déterminer des indicateurs de performances environnementales, agricoles, sociales et économiques

Un nouvel indicateur pour classer les fossés selon leur potentiel de rétention,
Sorption induced Pesticide Retention Indicator (SPRI)

basé sur

- les matériaux sorbants : abondance (biomasse, M) et coefficient de sorption (K_d)
- les types de crues : V

Classement de 8 fossés types du BV de Roujan (OMERE) pour le diuron par le SPRI



K_d du Diuron



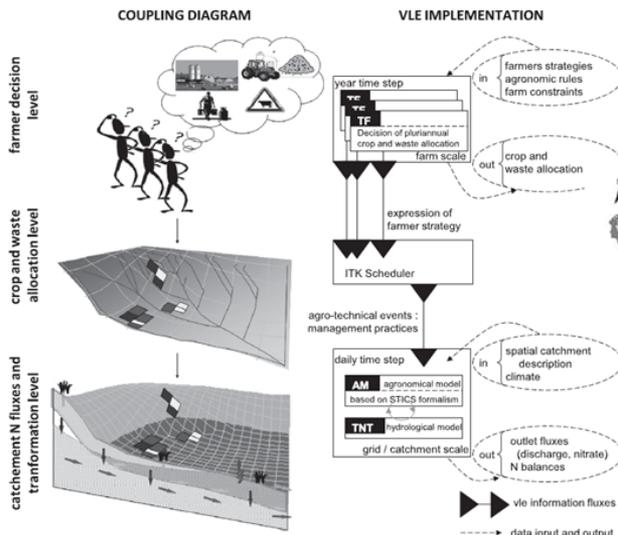
Contribution des matériaux
au SPRI



« Évaluation, Conception et Gestion de territoires multi-performants »

2) Concevoir des approches de modélisation du fonctionnement intégré du territoire (environnement x social x économique)

Casimod'N



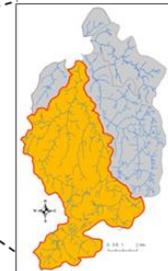
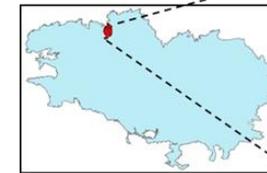
TNT

Stat Agri/ RPG
Télédétection
Expertise

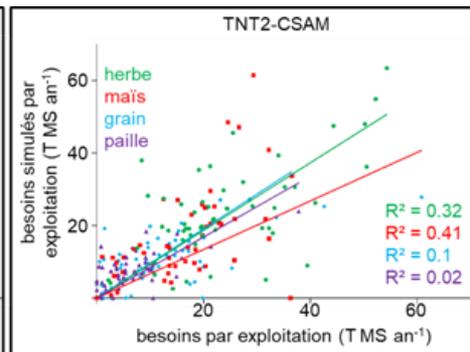
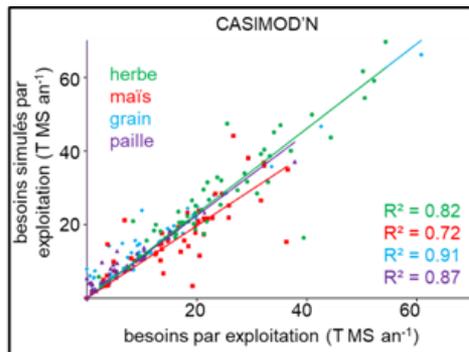
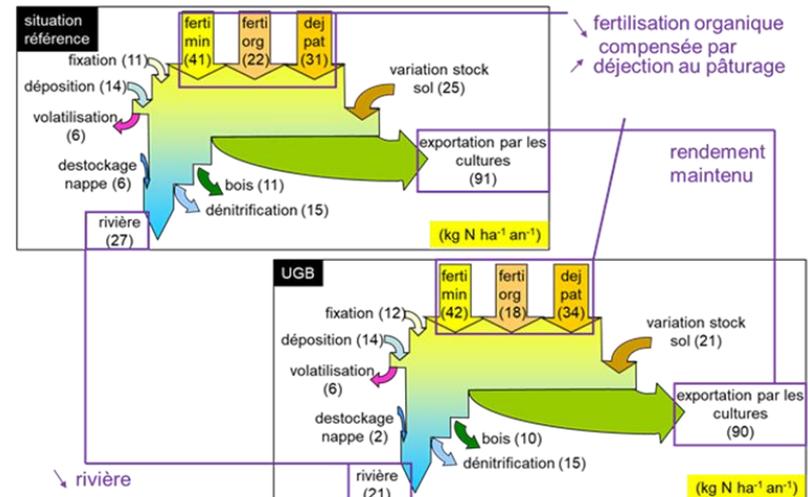
CSAM



La cohérence des exploitations est mieux respectée



On simule avec plus de réalisme l'évolution des systèmes laitiers permettant de réduire les bloom algaux dans un bassin versant à enjeux



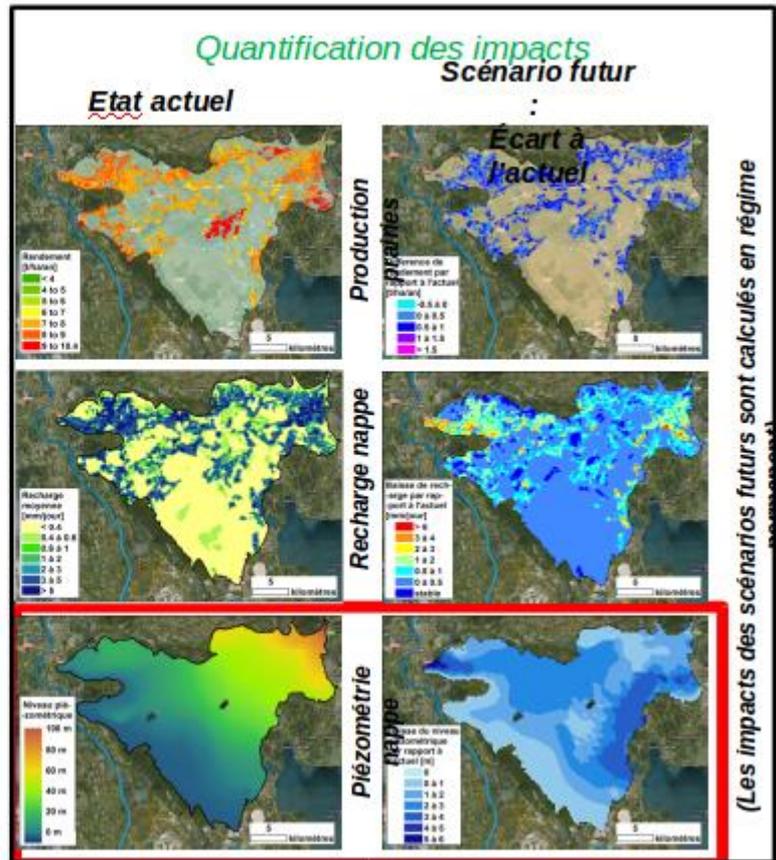
2) Développer des méthodes/démarches de conception

Plaine de Crau

Elaboration de scénarios de changements

Etat actuel 2003-2010	Scénario futur
Climat	Scénario A1B 2025-2035
Occupation du sol	Superficie de prairies irriguées : -12%
Irrigation	Disponibilité en eau d'irrigation : -30%

Astuce & TIC (FUI 2008-2011), ACCAF VIGIMED, SICMED, PRECOS 1 et 2 (Climate KIC 2013-2016) Bailleux et al., 2015 ; Trolard et al. 2016



Conclusion

- Une diversité de type de dispositifs (ZA, Ozcar, réseau parcelle), et également de contextes agricoles, hydrologiques et climatiques, qui pourraient être davantage exploités, notamment en terme d'emboîtement d'échelles
- Des suivis de long terme documentant les évolutions dues aux changements climatiques et anthropiques
- Des sites privilégiés de suivi des flux d'eau, de matière et de contaminants, mais acquisition haute fréquence, encore pas suffisamment développée pour capturer hot-spots et hot-moments, suivis du compartiment biologique encore limité, suivi des pratiques agricoles hétérogène
- Des données qualifiées, bancarisées et disponibles pour la communauté (un portail de données commun en cours de construction pour OZCAR, une documentation des métadonnées pour les ZA, des portails pour AnaEE)
- Des données utilisées pour la mise au point et l'évaluation i) de modélisations du cycle de l'eau et des cycles biogéochimiques et ii) d'indicateurs d'état ou de performance des systèmes
- Conception de territoires multi-performants --> zone atelier/sites recherche-action??

Merci pour votre attention

Ces dispositifs sont-ils adaptés pour aborder ce front de science?

Hétérogénéité des suivis sur les pratiques agricoles, de la composante biologique selon les observatoires

Suivis couplés des transferts **particulaires et dissous**

> *Besoin de + de mesures?* (cf. stratégies convergence OZCAR-RZA et Européenne)

Une **complémentarité des observatoires** en termes d'échelles spatiales (parcelle > BV élémentaire) **peu exploitée**

> *Besoin/opportunité de mobiliser de « nouvelles » compétences pour l'analyse inter-observatoires ?*

Volonté manifestée de monter en extrapolation de l'échelle du bassin versant élémentaire à l'échelle du territoire de gestion de l'eau

> *Développer le monitoring multi-échelle ?*

> *De nouvelles questions de recherche? (processus d'emboîtement, effet du réseau hydrographique)*

Front de science « Diagnostiquer les ressources en eau et prédire leur évolution sous changement climatique et anthropique ainsi que les risques associés » (EnjS3, ADD1, ADD2)

➤ Les dispositifs d'observation sont-ils adaptés?

- Des suivis de long terme documentant les évolutions dues aux changements climatiques et anthropiques (même si pas toujours simple de distinguer la part des deux)
- Des sites privilégiés de suivi des flux d'eau, de matière et de contaminants, souvent en lien avec les gestionnaires locaux
- Sur les observatoires en BV agricole d'OZCAR, un suivi des pratiques
- Des données qualifiées, bancarisées et disponibles pour la communauté
- Des données utilisées pour la mise au point, l'évaluation de modélisations intégrées du cycle de l'eau

➤ *Limites des dispositifs?*

- Acquisition haute fréquence encore trop peu développée pour capturer les hot-spots et hot-moments des processus d'intérêt, difficultés instrumentales à documenter les extrêmes. Mais une tendance à aller vers de l'acquisition haute fréquence et au développement de protocoles adaptés aux extrêmes
- Observatoires d'OZCAR pas dédiés à l'expérimentation (donc difficulté à évaluer l'impact de nouvelles pratiques comme l'agroécologie)
- Peu de travaux sur la gouvernance de l'eau, sites trop petits pour cela?, même si tendance à élargir l'échelle

Impact des changements climatiques et des changements d'usages de l'eau sur la ressource du BV Rhône

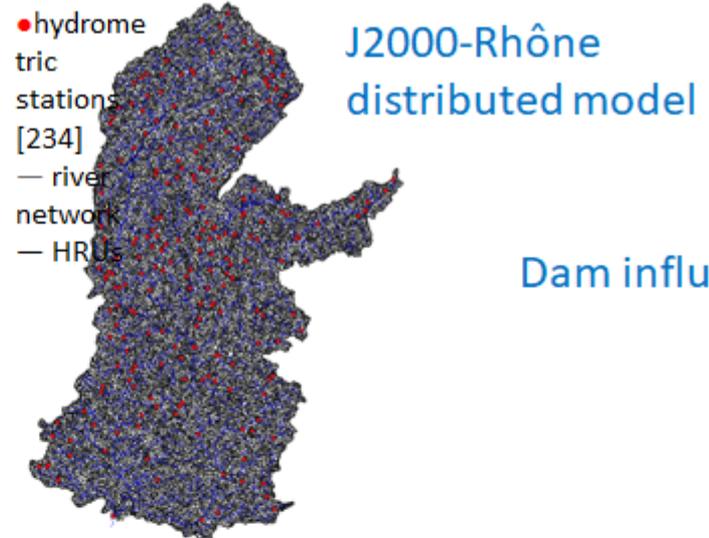
Un outil de modélisation hydrologique distribué J2000-Rhône

Scientific questions:

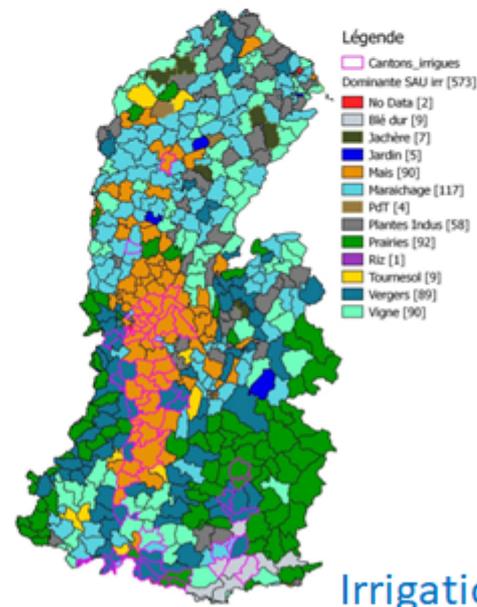
- How can we include the impact of human activities in a distributed hydrological model?
- What could be the impact of global change on water resources in a large catchment highly impacted by human activities?

Specific objectives:

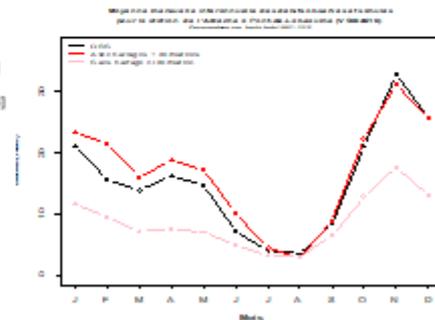
- Develop a distributed hydrological model over the whole Rhône catchment
- Include a representation of the prevailing water uses : dam influence / irrigation / drinking water
- Feasibility study to use this tool for prospective studies as to the future of the water resource



Dam influence



Irrigation



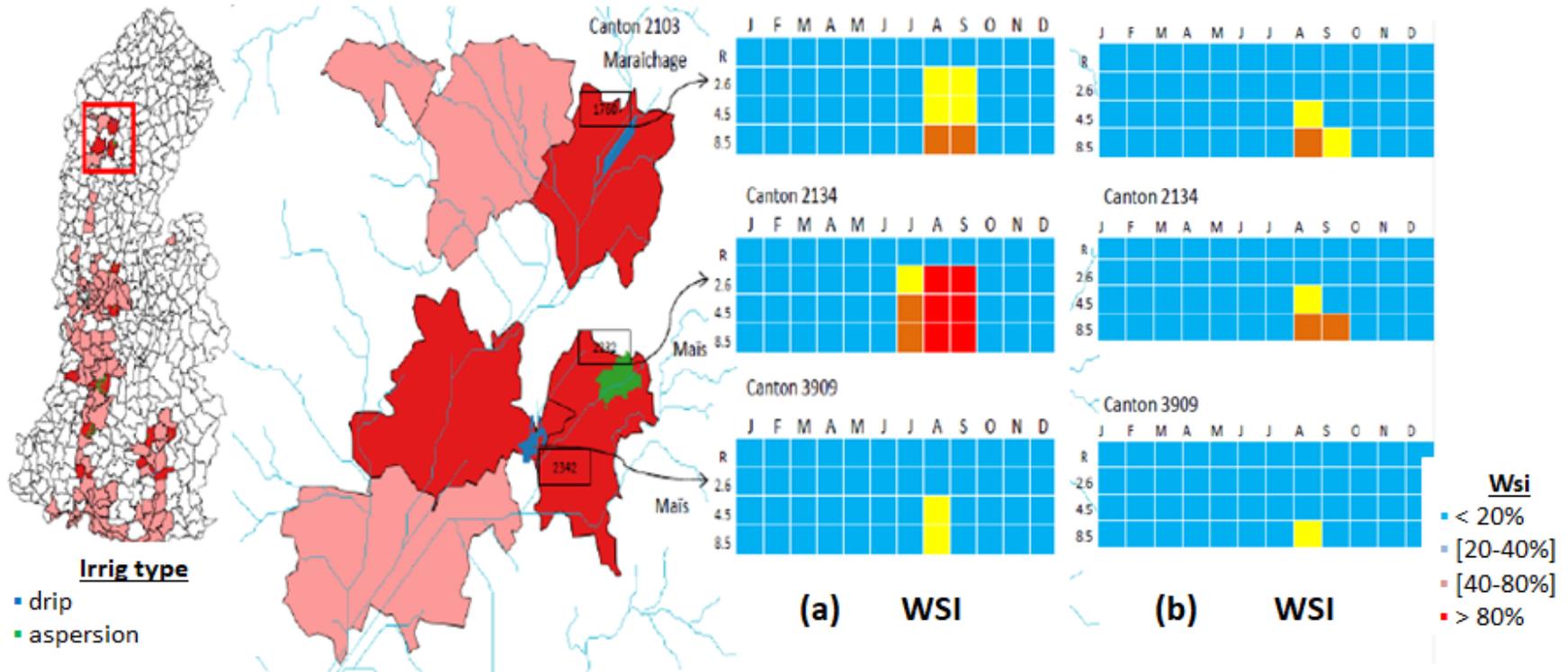
Impact des changements climatiques et des changements d'usages de l'eau sur la ressource du BV Rhône

Un outil de modélisation hydrologique distribué J2000-Rhône

Zoom on an irrigation area in the Saône catchment

Climate change and no change in irrigation practice

Climate change and irrigation changed from aspersion to drip irrigation



Interannual monthly Water Stress Index computed for three typical "cantons" with (a) climate change only (from top to bottom: ref, RPC 2.6, 4.5, 8.5) and (b) with climate change and change of irrigation from aspersion to drip irrigation