

Masse d'eau contaminée par les pollutions diffuses d'origine agricole: Est-il possible de reconquérir le bon état? Ou et comment agir au moindre cout?

L. Gourcy, C. Hérivaux

**Hydrogéochimiste et économiste,
BRGM**

**1^{er} octobre 2013, agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse
Journée « Les eaux souterraines dans la gestion des milieux aquatiques »**

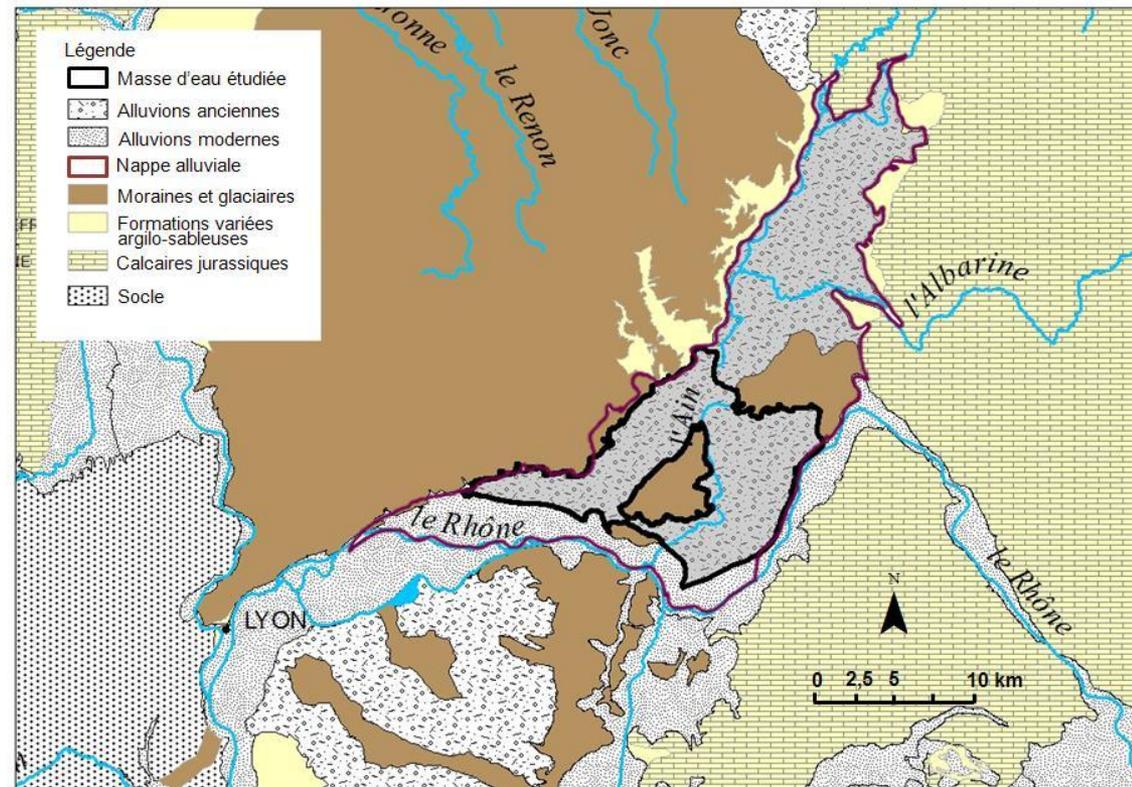
Contexte de l'opération

- **DCE demande le retour au bon état pour 2015 (2021, 2027 sous réserve de justification)**
- **Problématique la plus fréquence sur le bassin Rhône-Méditerranée est pollution diffuse d'origine agricole et particulièrement sur MESO alluvionnaires**
- **Difficultés pour la préparation et mise en œuvre des PA**
 - ✓ Choix des actions les plus pertinentes à mettre en place ;
 - ✓ Etendue et localisation des zones sur lesquelles faire porter ces actions pour maximum d'efficacité ;
 - ✓ Délai nécessaire pour obtenir le bénéfice des actions engagées ;
 - ✓ Acceptabilité sur le plan économique des mesures agro-environnementale préconisées pour lutter contre les pollutions.

Contexte de l'opération

- **Projet de R&D AERMC et BRGM – 2008-2012**
- **Alluvions anciennes FLGL de la plaine de l'Ain**

- ✓ Vulnérabilité nappe
- ✓ AEP fermés pour pollutions
- ✓ Culture de maïs irrigué
- ✓ **NO₃** et pesticides
- ✓ Masse d'eau (185 km²)
- ✓ Modèle maillé dispo
- ✓ SAGE et syndicat



Méthodologie et grandes étapes

Géochimie
hydrodynamique

- Caractérisation de l'aquifère et des solutés en présence
- Evaluation des flux et des vitesses de transfert de l'eau
- Modélisation du transfert des nitrates vers les eaux sout. et au sein de la nappe



Economie

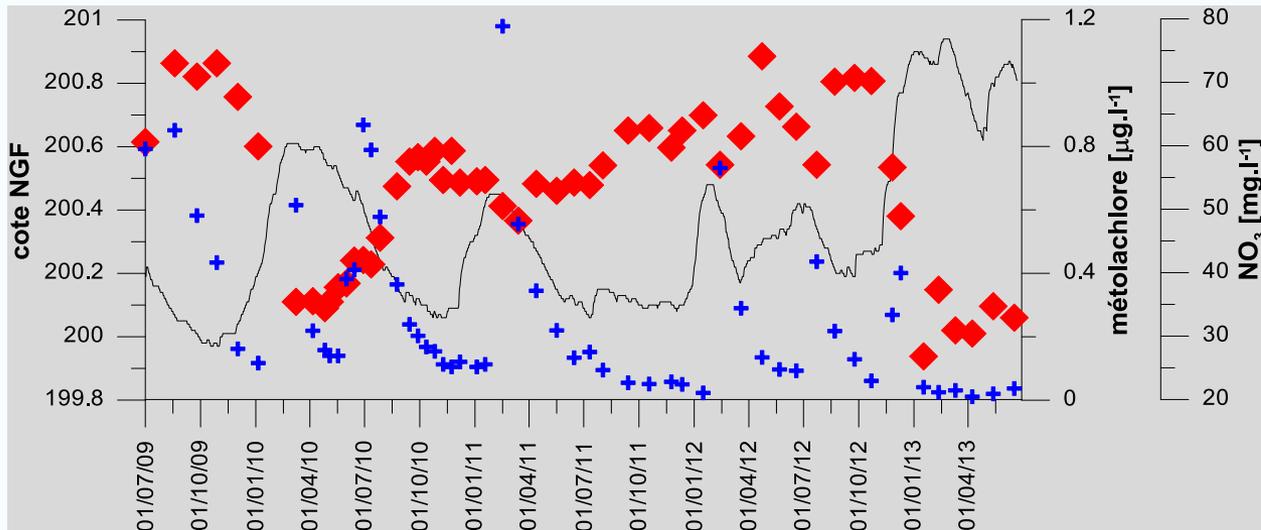
- Construction de scénarios d'évolution de l'agriculture
- Sélection des actions les plus coût-efficaces pour atteindre le bon état + secteurs sur lesquels les mettre en œuvre

🌍 Différentes compétences mobilisées : hydrogéologie, hydrogéochimie, agronomie et économie

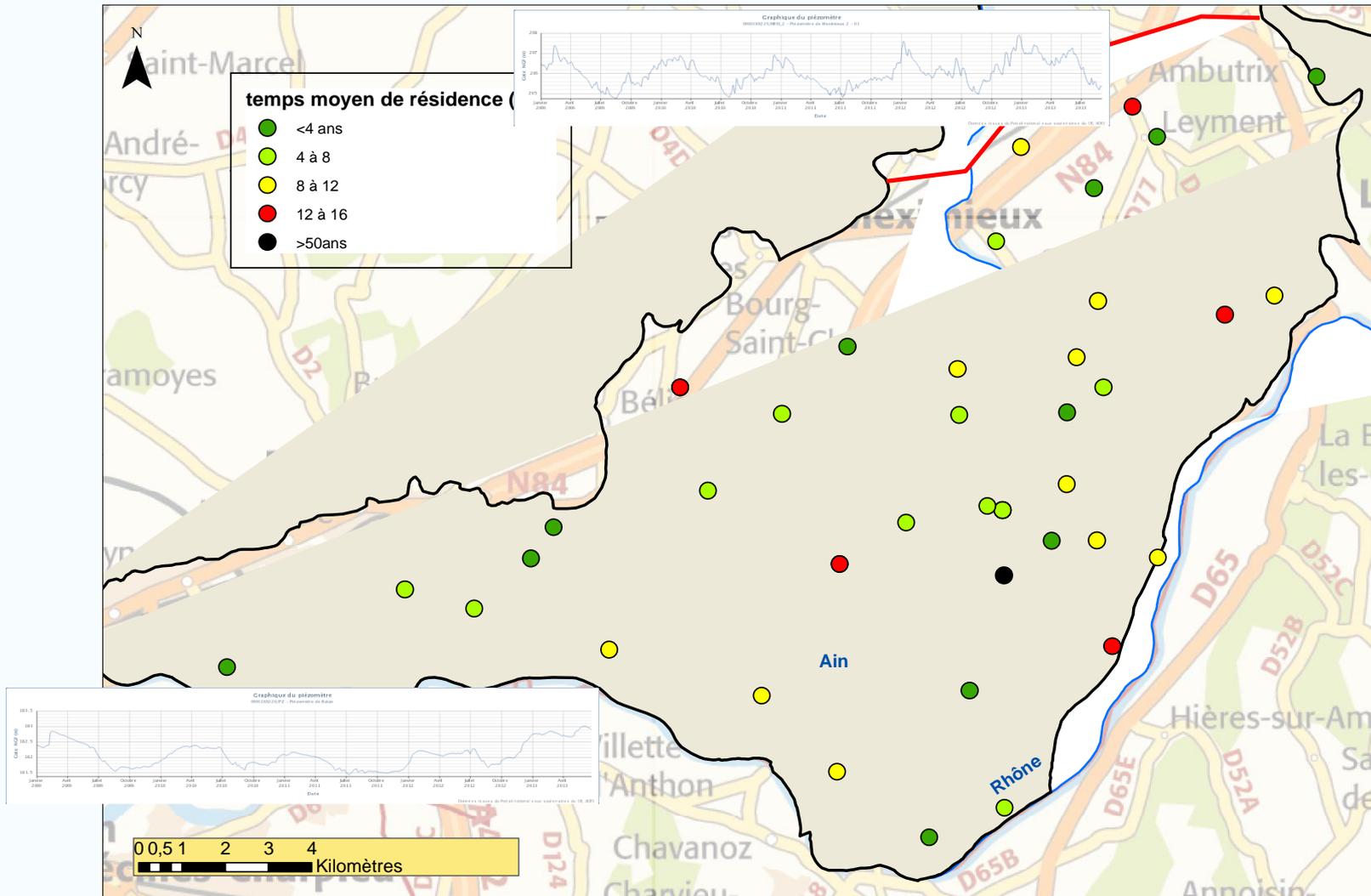
- **Compréhension et modélisation du fonctionnement du système hydrogéologique**

Amélioration des connaissances

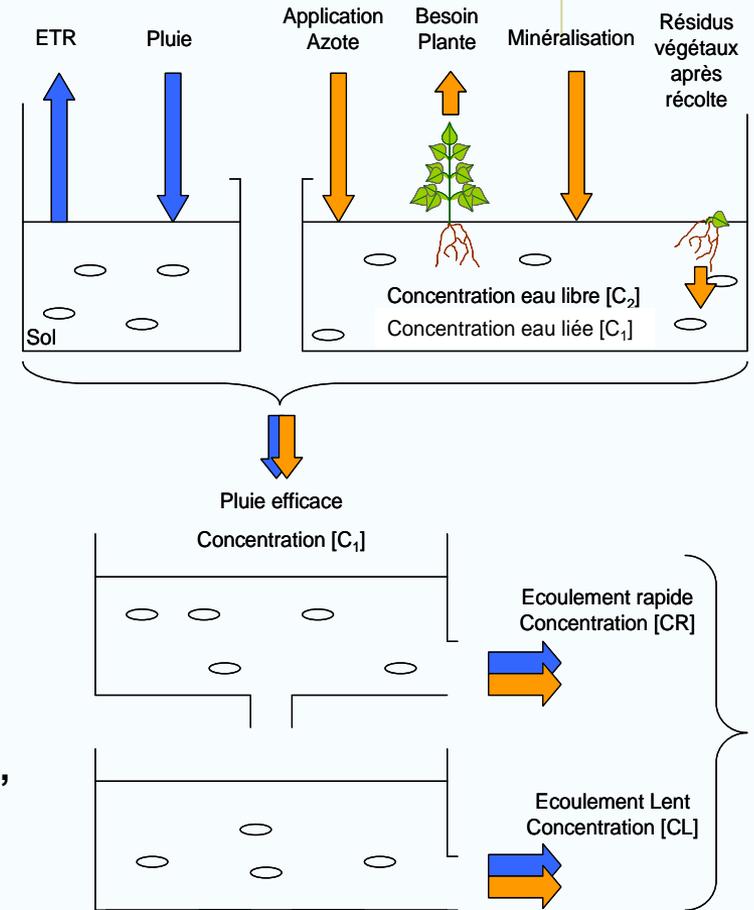
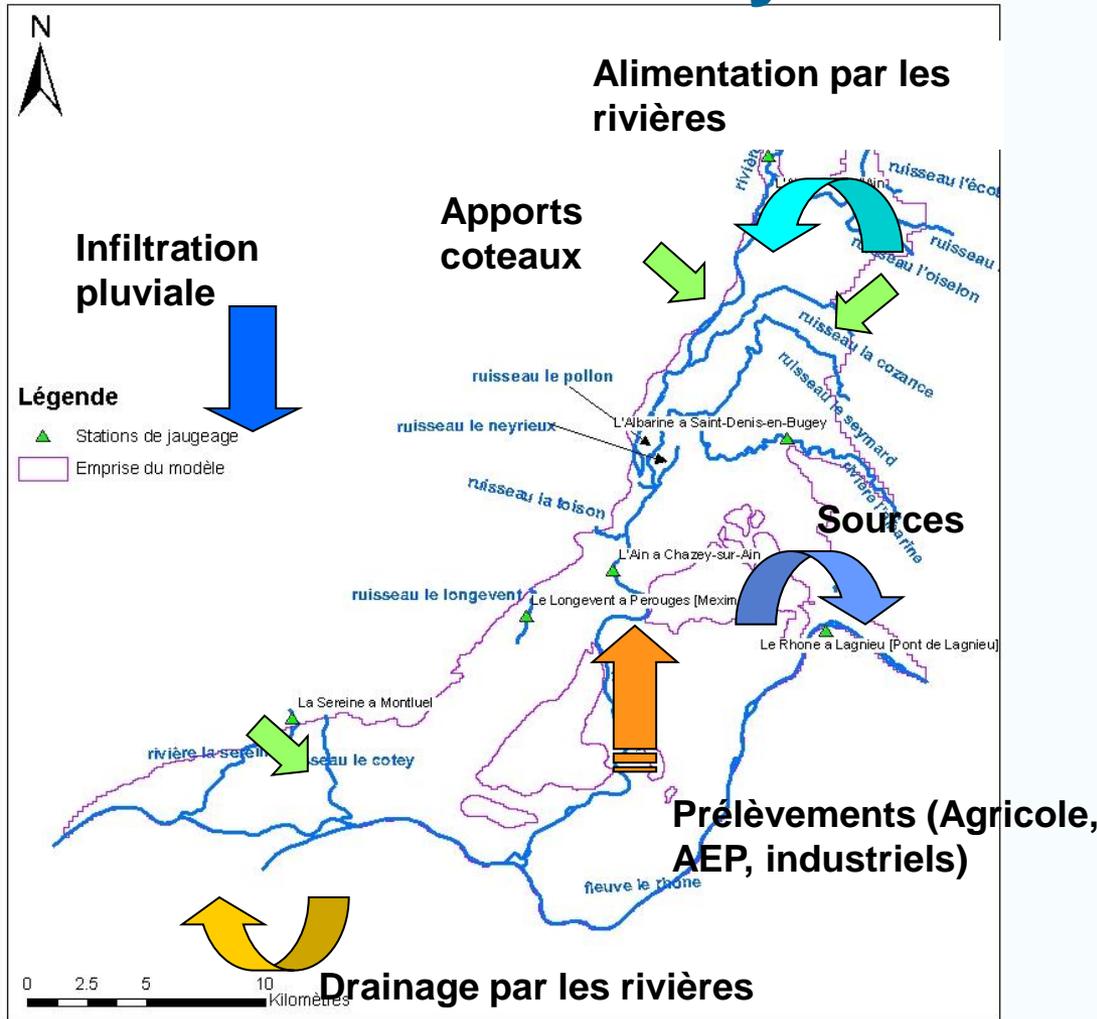
- 2 campagnes de mesure de la qualité des eaux (2008 et 2009)
- 76 points de prélèvement – chimie (dont NO_3), pesticides, CFC/SF₆/H³ (âge des eaux), $\delta^{18}\text{O}/\delta^2\text{H}$, terres rares (Gd*)
- Suivi bimestriel et mensuel sur 2 points



Temps moyens de résidence



Modélisation hydro. et transfert de nitrate



BICHE

**MARTHE reprise et compléments
Modflow Burgéap**

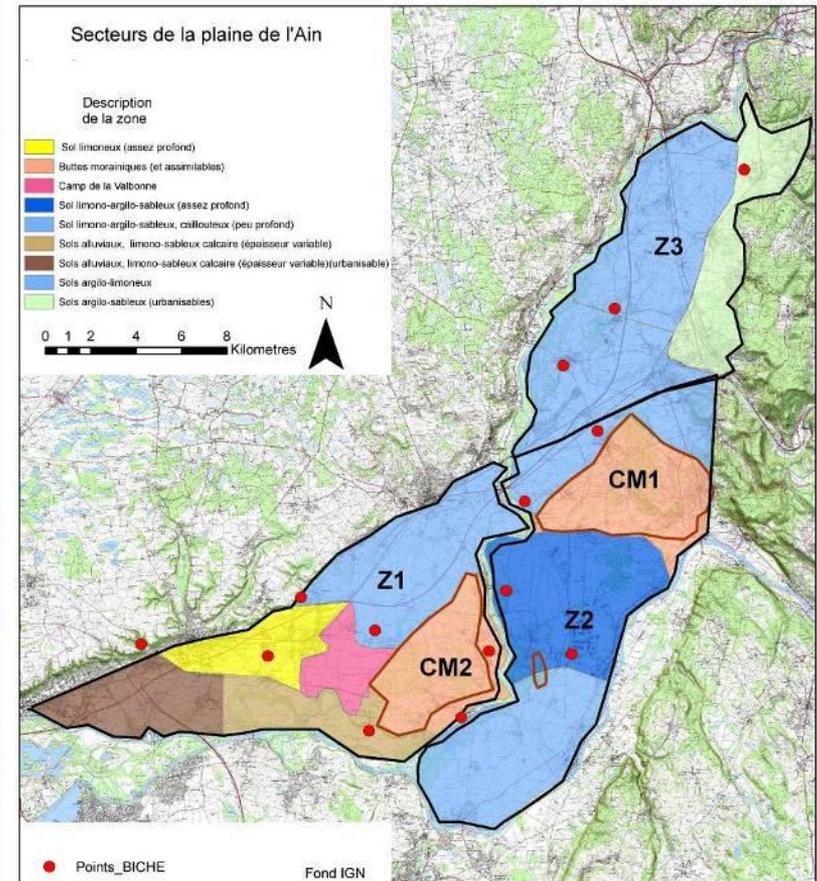
Spatialisation de l'information

● Sectorisation

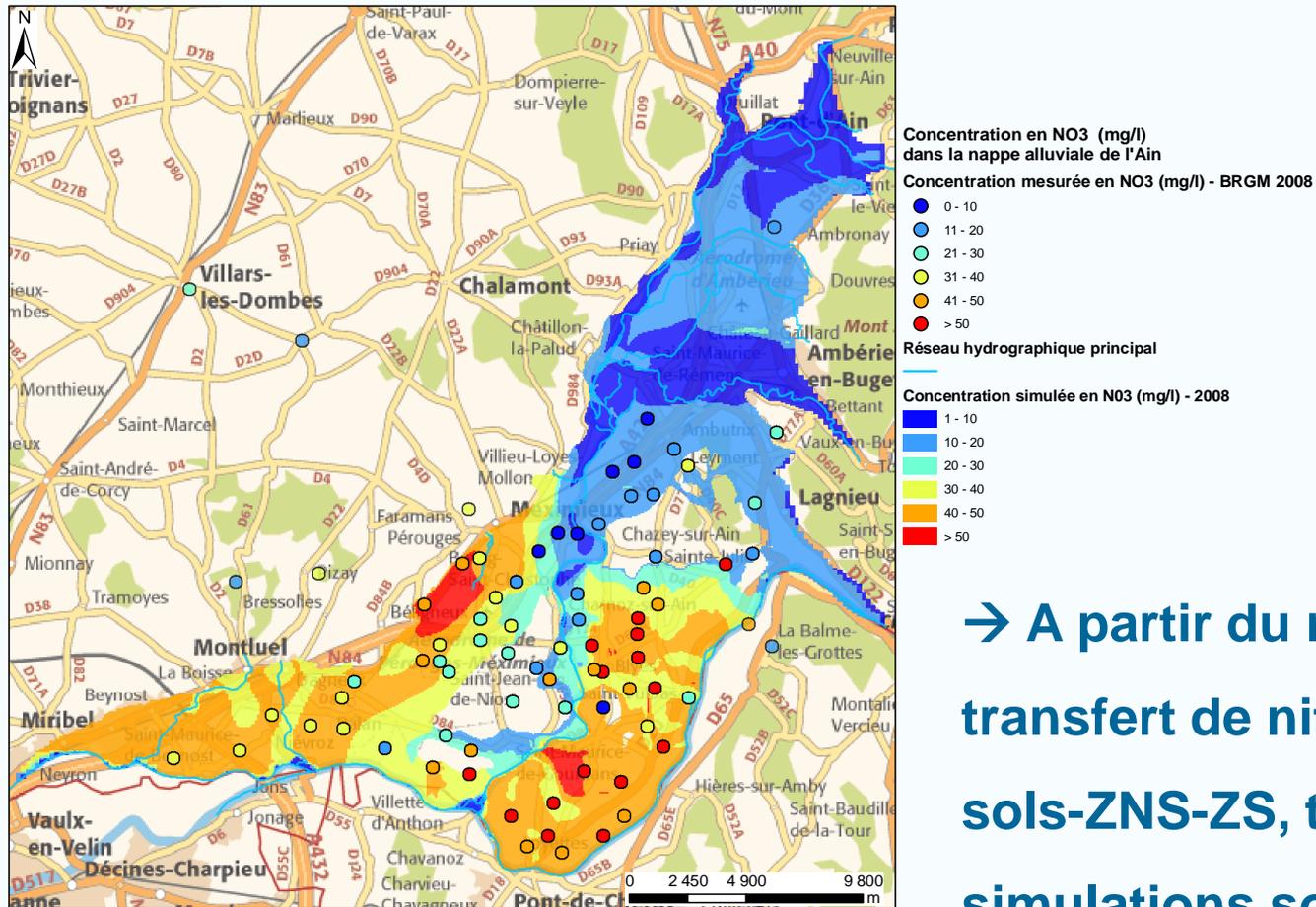
- ✓ Hydrogéologie, pluies eff., sols, pratiques agricoles

● Modèles couplés Biche-Marthe

- ✓ 1 simulation Biche = 1 chronique NO_3 / secteur
- ✓ Simulation transfert 1D sol-ZNS+2D au sein de l'aquifère sur la période 1980-2008



Résultat de la simulation



→ A partir du modèle couplé
transfert de nitrate dans les
sols-ZNS-ZS, toutes les
simulations sont possibles

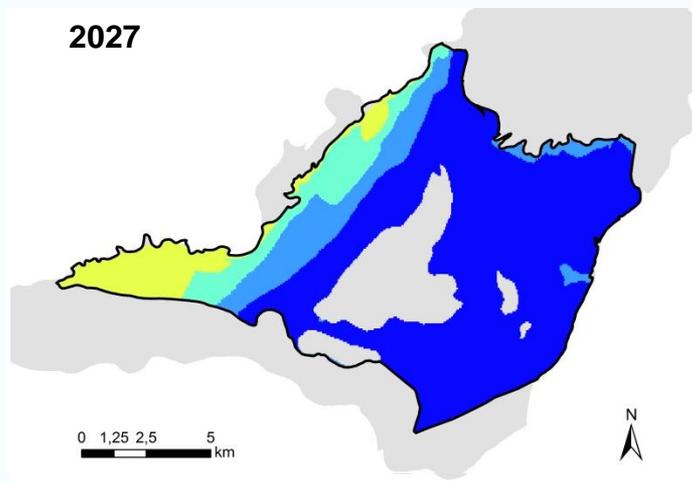
Comparaison des concentrations en NO₃ simulées et mesurées en 2008

- **De quelle manière la qualité de la nappe évoluerait-elle en l'absence de programme d'actions?**

Scénarios

● SCENARIO « Zéro culture »

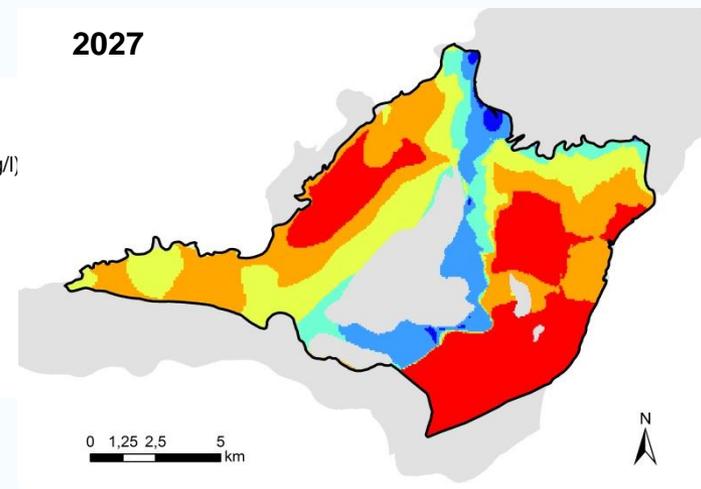
- ✓ Arrêt des apports en fertilisants



- ✓ ↘ ↘ NO₃
- ✓ Parfois > 10 ans pour retour qualité naturelle

● SCENARIO « Continuité »:

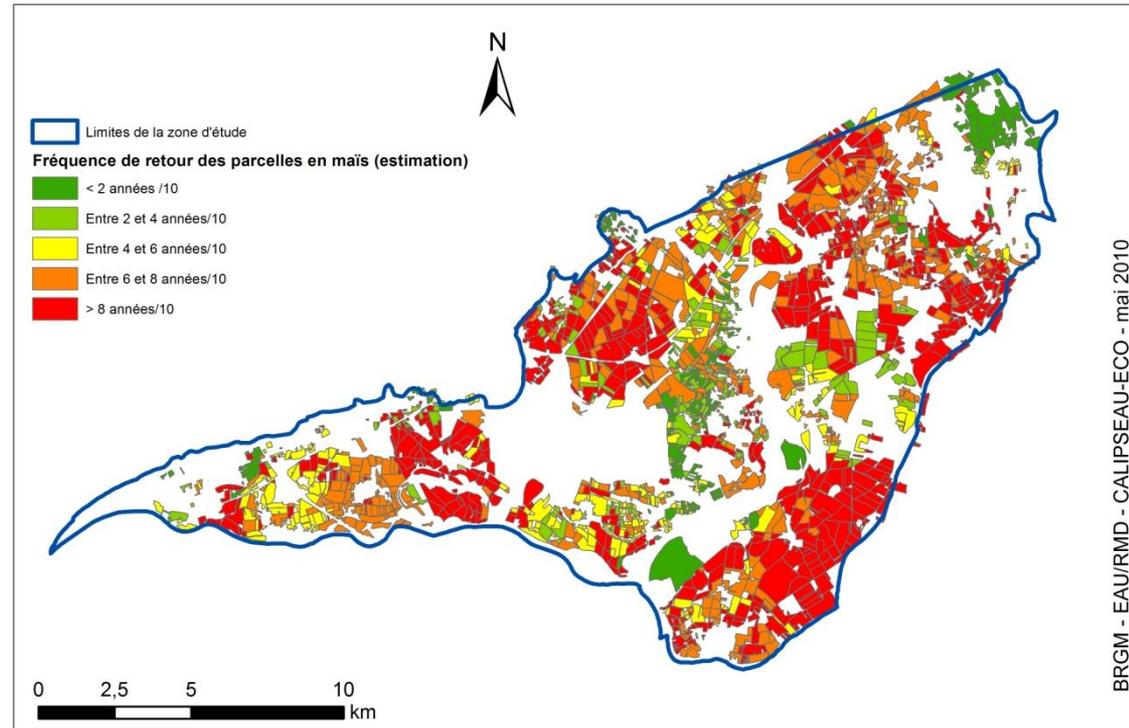
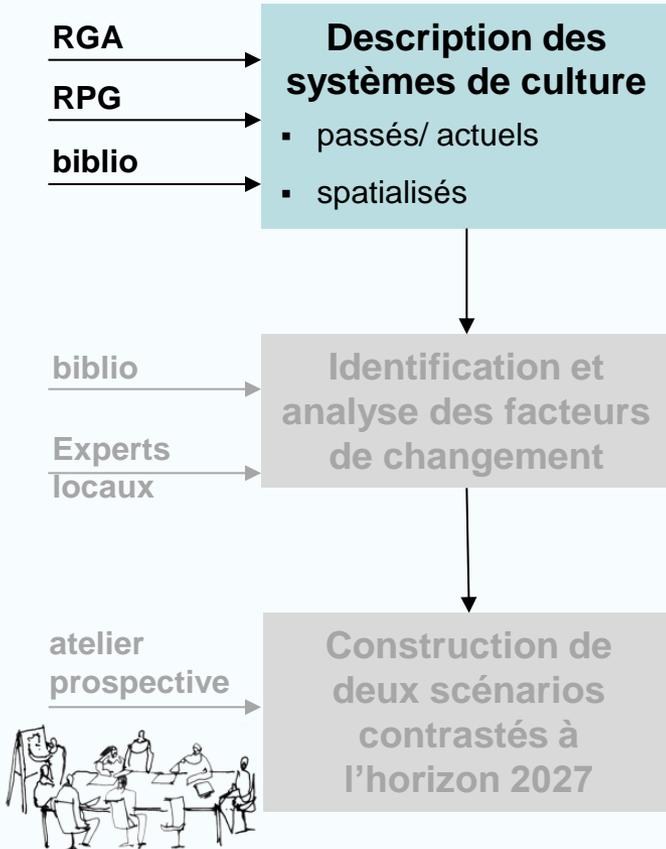
- ✓ Maintien à l'identique des usages des sols et des pratiques



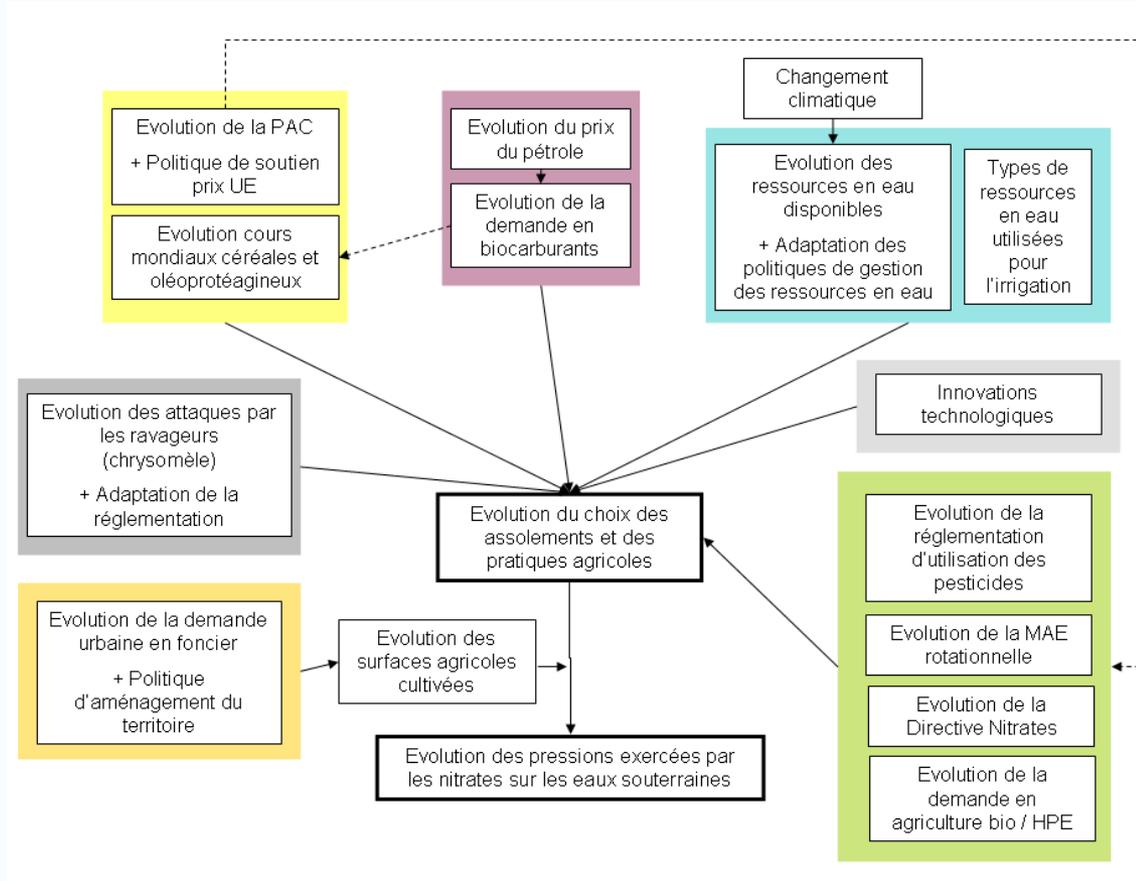
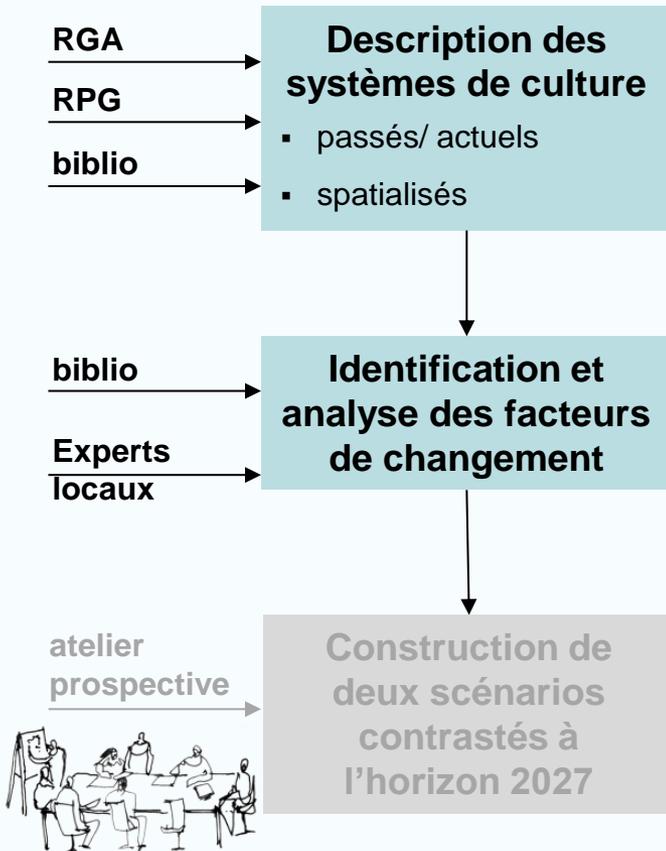
- ✓ ↗ NO₃ autour de 40 mg/l
- ✓ 30% superficie > 50 mg/l

- **Mais agriculture plaine de l'Ain 2027 = fonction (évolution PAC, cours mondiaux céréales, LEMA...)**

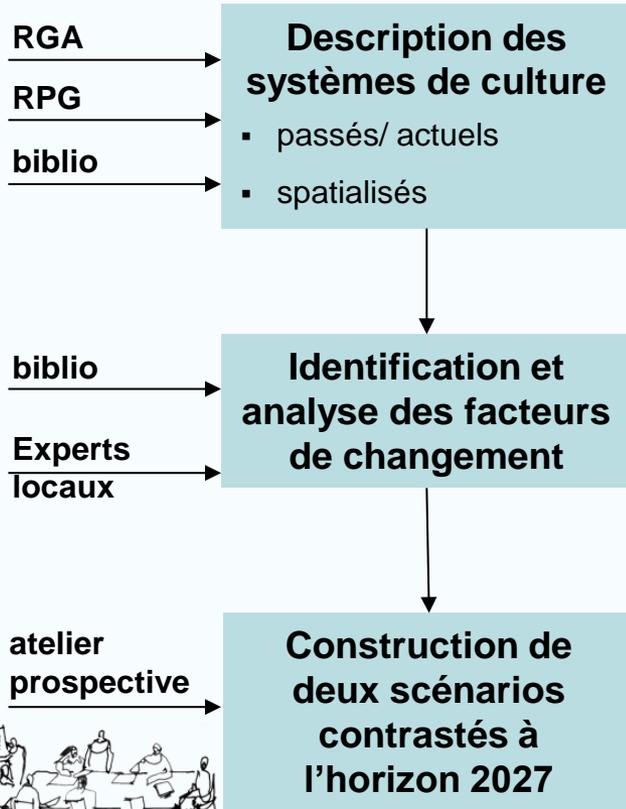
Scénarios



Scénarios



Scénarios



Facteurs	Hypothèse 1	Hypothèse 2	Hypothèse 3
PAC à partir de 2013	H1. Diminution des aides du 1 ^{er} pilier (+4) + Prix UE = Prix Mondiaux	H2. Réorientation aides vers production intégrée + Prix UE = Prix Mondiaux	H3. Réorientation des aides vers agriculture HPE + Prix UE = Prix mondiaux et assurance revenu
Cours mondiaux des céréales et oléoprotéagineux	H1. Baisse tendancielle + Volatilité importante	H2. Maintien des cours actuels (en moyenne) + Volatilité importante	H3. Hausse tendancielle + Volatilité importante
Ressources en eau	H1. Eau ≠ facteur limitant → Pas de limitation des prélèvements	H2. Eau = facteur limitant + 7 part des prélèvements dans le Rhône (50%)	H3. Eau = facteur limitant + Stabilité de la part des prélèvements dans le Rhône (30%)
		H2a: Limitation des prélèvements ESO de -20%	H2b: Limitation des prélèvements ESO de -50%
			H3a: Limitation des prélèvements ESO de -20%
			H3b: Limitation des prélèvements ESO de -50%
Evolution du prix du pétrole	H1. Augmentation faible	H2. Augmentation modérée	H3. Augmentation forte
Evolution de la demande en biocarburants	H1. Augmentation faible	H2. Augmentation modérée	H3. Augmentation forte
Produits phytosanitaires	H1. Pas de limitation du recours aux pesticides de synthèse	H2. Limitation du recours aux pesticides de synthèse (-30%)	H3. Limitation stricte du recours aux pesticides de synthèse (-50%)
Éléments topographiques à partir de 2013	H1. Retour au niveau de 2010 (1% SAU)	H2. Maintien du niveau 2012 (5% SAU)	H3. Doublement niveau 2012 (10% SAU)
Mesure rotationnelle à partir de 2013	H1. Pas d'évolution par rapport à 2013	H2. La MAE devient incitative	H3. La MAE devient une BCAA
Directive Nitrates à partir de 2014	H1. Pas d'évolution par rapport à 2013	H2. Les exigences de la directive augmentent (plafonnement N/ha)	H3. Les exigences de la directive deviennent la norme des cahiers des charges HPE
Agriculture Biologique / HPE	H1. Stabilité de la demande	H2. Augmentation de la demande + contexte économique peu favorable aux grandes cultures bio / HPE	H3. Augmentation forte de la demande + contexte économique favorable aux grandes cultures bio / HPE
Chrysomèle	H1. Attaques annuelles + réglementation inchangée	H2. Attaques annuelles + traitement local, rupture de monoculture 1 an/c	H3. Attaques annuelles + rotations obligatoires
Innovation technique	H1. Faible	H2. Moyenne	H3. Forte
Urbanisation au détriment de la SAU	H1. Evolution au taux moyen 1988-2000 : -0.19%/an	H2. Evolution au taux moyen 1970-2006 : -0.29%/an	H3. Evolution au taux moyen 2000-2006 : -0.39%/an

● SCENARIO « Agriculture compétitive et environnement agro- efficace » (scénario A)

FACTEURS DE CHANGEMENT

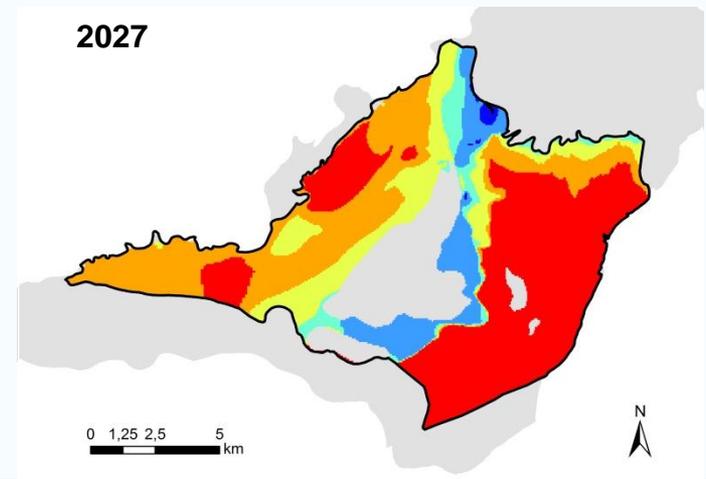
- ✓ ↘↘ Aides 1^{er} pilier PAC
- ✓ Très forte volatilité cours mondiaux
- ✓ ↗↗ Prix énergie
- ✓ Importantes innovations technologiques
- ✓ Aides 2nd pilier PAC peu attractives
- ✓ Affaiblissement politiques environnementales
- ✓ ↘ volume prélevable (jusqu'à -20%)
- ✓ Lutte contre la chrysomèle

QUALITE MASSE D'EAU 2027

- ✓ Dégradation progressive
- ✓ NO₃ > 45 mg/l
- ✓ 40% superficie > 50 mg/l

AGRICULTURE 2027

- ✓ Quadruplement taille exploitations
- ✓ Spécialisation maïsiculture irriguée
- ✓ Objectif prioritaire = productivité
- ✓ Maïs irrigué: 76% de la SAU



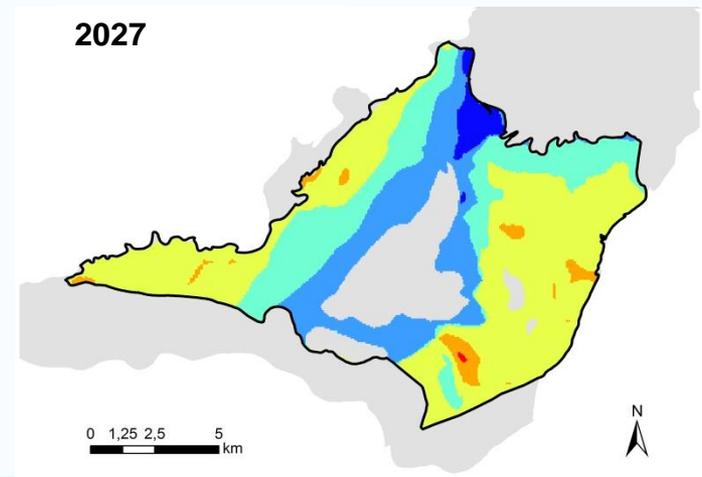
● SCENARIO « Agriculture Haute Performance Environnementale » (scénario B)

- FACTEURS DE CHANGEMENT**
- ✓ Réorientation aides PAC → soutiens HPE
 - ✓ Normes éco-conditionnelles très strictes
 - ✓ Rotation cultures obligatoire
 - ✓ S compensation écologique: 10% SAU
 - ✓ ↗ Exigences politiques environnementales
 - ✓ ↗ Prix énergie
 - ✓ ↘ Volume prélevable (jusqu'à -40%)

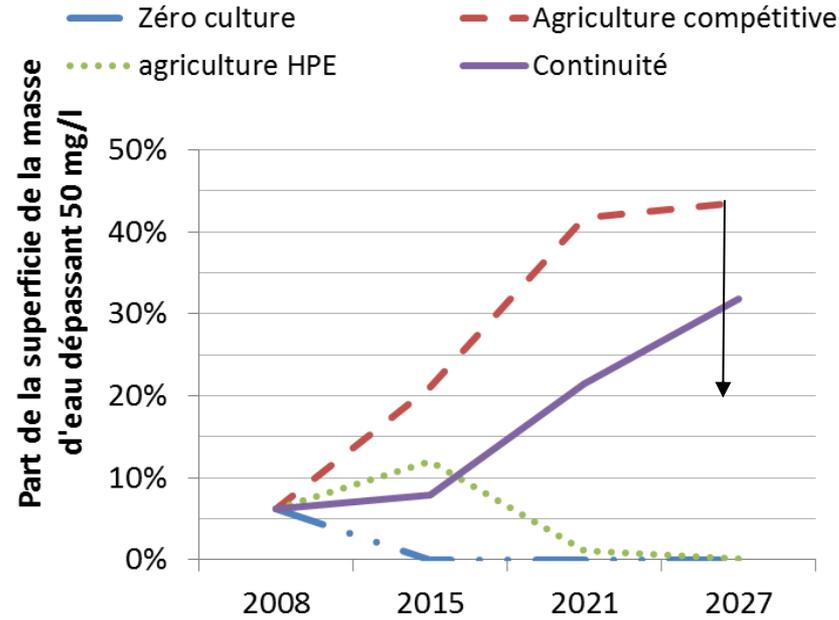
**QUALITE MASSE
D'EAU 2027**

- ✓ Amélioration progressive
 - ✓ NO3 ≈ 30 mg/l
- ✓ 0% superficie > 50 mg/l

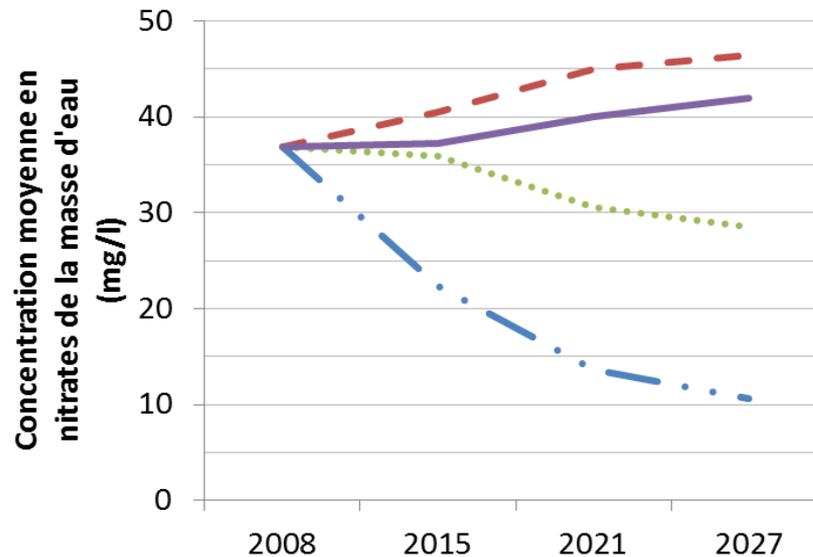
- AGRICULTURE 2027**
- ✓ Taille moyenne des exploitations
 - ✓ Conversion systèmes HPE
 - ✓ Diversification assolements
 - ✓ ↘ intrants



Scénarios



✓ Programme d'actions construit sur la base des résultats du scénario A



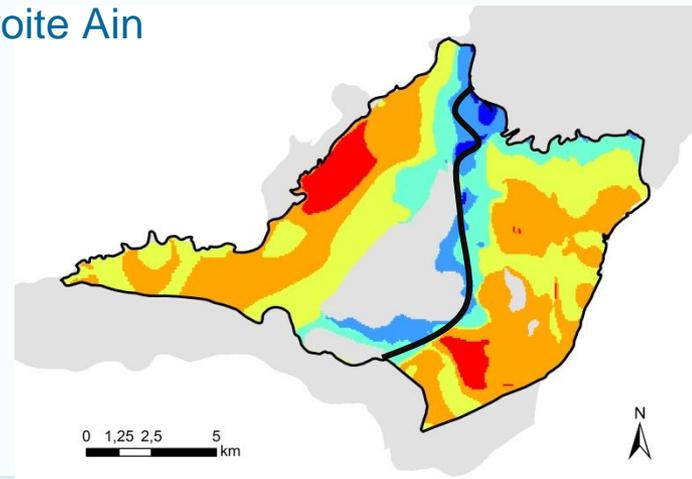
- **Quelles actions mettre en œuvre pour l'atteinte du bon état?**

Où est-il le plus coût-efficace d'agir?

Quelle acceptabilité économique des actions proposées?

Action	Description
P1	Reconversion de 5% des terres arables en prairies de fauche (avec fertilisation et vente du foin)
P2	Reconversion de 5% des terres arables en gel sans production.
R1	Diminution de la fréquence de retour du maïs : trois années sur quatre maximum
R2	Diminution de la fréquence de retour du maïs : deux années sur trois maximum
R3	Diminution de la fréquence de retour du maïs : deux années sur cinq maximum

- **5 actions retenues**
- **Simulation BICHE-MARTHE**
 - ✓ Chaque action prise individuellement
- **3 périmètres de mise en œuvre:**
 - ✓ Ensemble de la masse d'eau
 - ✓ Partie rive gauche Ain
 - ✓ Partie rive droite Ain



A ne pas confondre avec les dispositifs MAE rotationnelles existants

● Evaluation du coût de mise en œuvre

Action	Description	Coût direct	Surface potentielle de mise en œuvre
P1	Reconversion de 5% des terres arables en prairies de fauche (avec fertilisation et vente du foin)	327-392 €/ha/an : Différence entre la marge brute moyenne d'une prairie de fauche (121 €/ha/an) et des successions culturales type du scénario A ^a	525 ha
P2	Reconversion de 5% des terres arables en gel sans production.	448-513 €/ha/an : Perte de la marge brute moyenne correspondant aux successions culturales type du scénario A ^a	525 ha
R1	Diminution de la fréquence de retour du maïs : trois années sur quatre maximum	23 €/ha/an : Différence entre la marge brute moyenne d'une rotation du type MMMB ou MMMS (490 €/ha/an) et des successions culturales de type MMMMMB ^a	6 480 ha
R2	Diminution de la fréquence de retour du maïs : deux années sur trois maximum	52 €/ha/an : Différence entre la marge brute moyenne d'une rotation du type MMB ou MMS (461 €/ha/an) et des successions culturales de type MMMMMB ^a	6 480 ha
R3	Diminution de la fréquence de retour du maïs : deux années sur cinq maximum	107-172 €/ha/an : Différence entre la marge brute moyenne d'une rotation du type MMOTB (341 €/ha/an) et des successions culturales type du scénario A ^a	8 840 ha

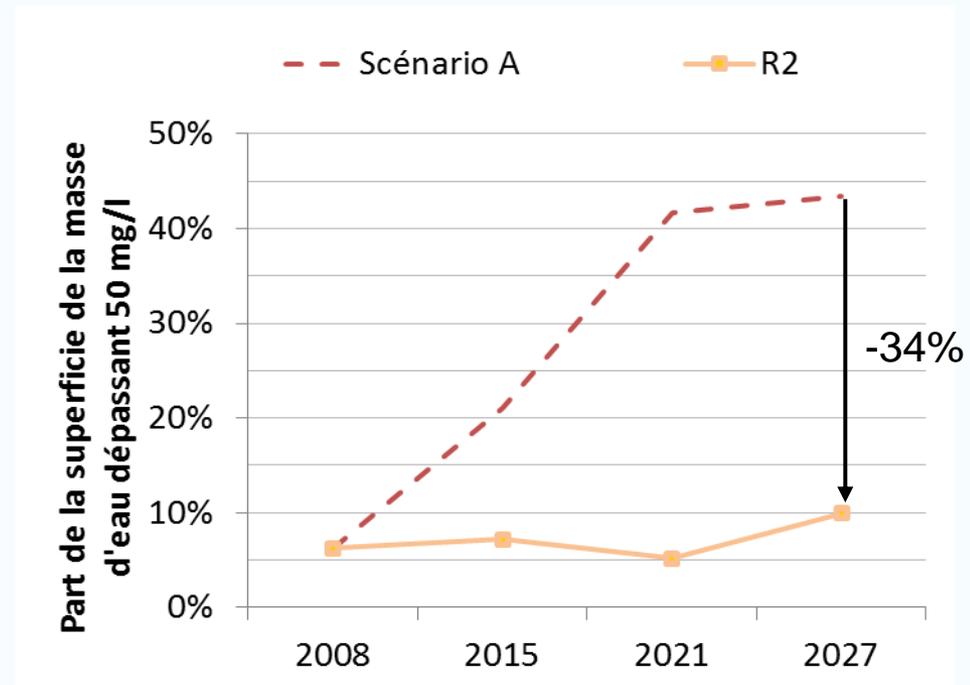
^a Les successions types sur les secteurs de mise en œuvre des actions sont MMMMMB (marge brute moyenne de 513 €/ha/an) et MMB (marge brute moyenne de 448 €/ha/an)

B : Blé, M : Maïs, O : Orge, S : Soja, T : Tournesol

SCOP : Surface en Céréales et Oléoprotéagineux

● Evaluation de l'efficacité

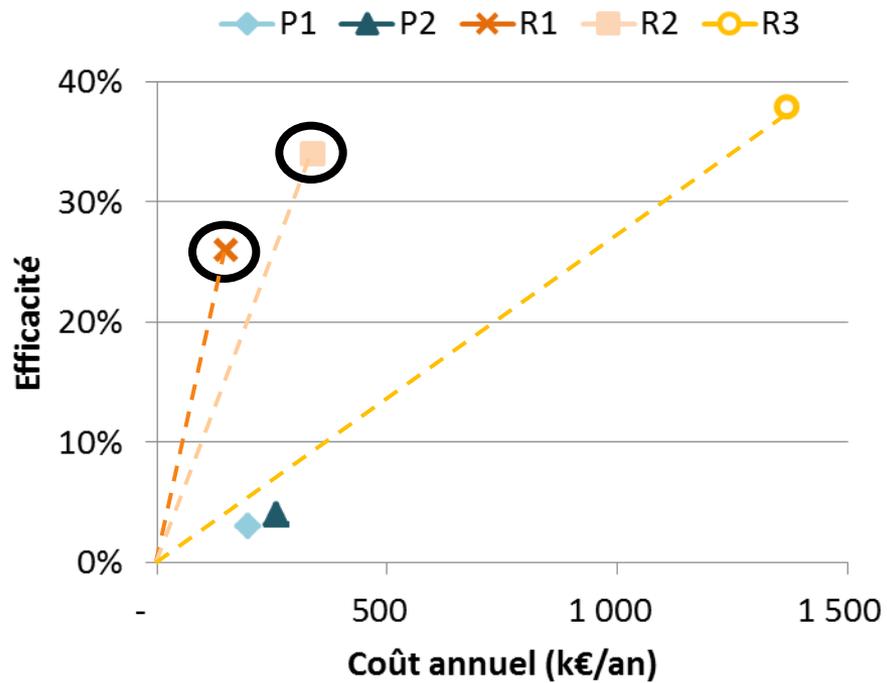
Action	Description	Efficacité
P1	Reconversion de 5% des terres arables en prairies de fauche (avec fertilisation et vente du foin)	3%
P2	Reconversion de 5% des terres arables en gel sans production.	4%
R1	Diminution de la fréquence de retour du maïs : trois années sur quatre maximum	26%
R2	Diminution de la fréquence de retour du maïs : deux années sur trois maximum	34%
R3	Diminution de la fréquence de retour du maïs : deux années sur cinq maximum	38%



Efficacité: diminution de la part de la superficie > 50mg/l en 2027

Actions

Analyse coût-efficacité

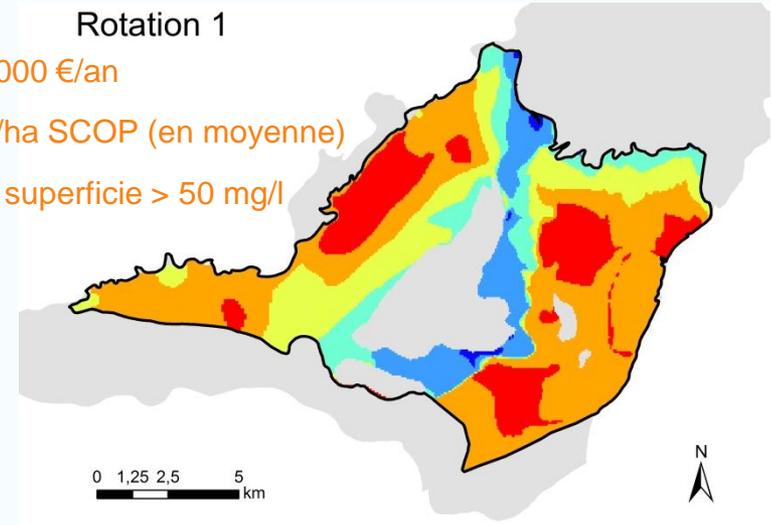


Rotation 1

150 000 €/an

23 €/ha SCOP (en moyenne)

17% superficie > 50 mg/l

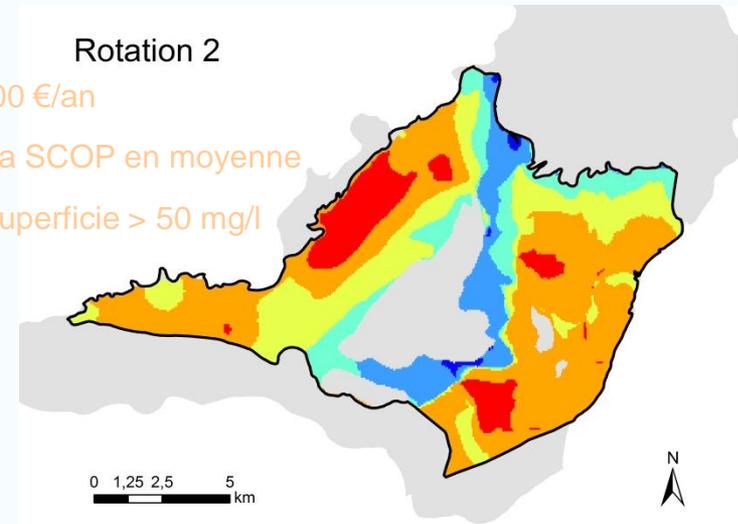


Rotation 2

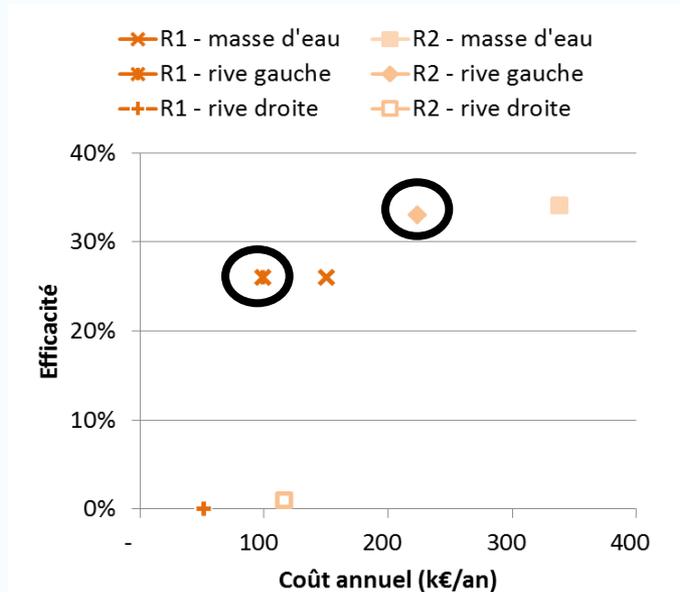
339 000 €/an

52 €/ha SCOP en moyenne

10% superficie > 50 mg/l



Facteurs d'influence du coût des actions



Périmètre de mise en œuvre

- ✓ Meilleurs résultats sur la partie rive gauche
- ✓ R2: 223 000 €/an soit -34%
- Mieux cibler les périmètres de mise en œuvre permet de minimiser les coûts

Variations du cours des COP

- ✓ R2: de 23 à 132 €/ha pour les variations observées sur la période 1999-2007



- A prendre en compte dans le calcul des niveaux d'aides

Produit	Prix moyen (€/ql)	Prix min (€/ql)	Prix max (€/ql)
Blé ¹	9,9	7,9	14,4
Orge ¹	9,6	7,4	14,4
Maïs¹	12,3	9,8	18,3
Tournesol ¹	20,5	15,6	30,4
Soja ¹	19,1	15,6	25,9
Prairie de fauche ²	5,2	4,1	7,7

¹ Données sur la période 1999 - 2007, source: CEREGRAIN
² Indexé sur le prix du maïs, selon Colas et Hébert (2000): calcul équivalence prix maïs Ensilage / maïs Grain puis équivalence du prix selon unité fourragère

Conclusion

- **Incertitudes et implications en termes d'actions à mener**
- **Absence de dispositif suffisamment incitatif pour atteindre durablement le bon état**
- **Méthodologie reproductible dans d'autres contextes agro-hydrogéologiques**