HAL
open science

Plateforme collaborative technologique pour la mise en place de la directive européenne 2000/60/CE dans un contexte agricole Concert'eau : Rapport final sur l'efficacité des mesures co-construites pour la réduction des concentrations en nitrate et produits phytosanitaires dans les eaux superficielles des Coteaux de Gascogne

Paul Bordenave, Sabine Sauvage, Odile Leccia, Marion Cattaneo, Anaïs Abraham, J.M. Sánchez-Pérez, Ramon Laplana, Jean-Luc Probst

To cite this version:

Paul Bordenave, Sabine Sauvage, Odile Leccia, Marion Cattaneo, Anaïs Abraham, et al.. Plateforme collaborative technologique pour la mise en place de la directive européenne 2000/60/CE dans un contexte agricole Concert'eau : Rapport final sur l'efficacité des mesures co-construites pour la réduction des concentrations en nitrate et produits phytosanitaires dans les eaux superficielles des Coteaux de Gascogne. [Rapport de recherche] irstea. 2009, pp.19. hal-02593223

HAL Id: hal-02593223

https://hal.inrae.fr/hal-02593223v1

Submitted on 15 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

LIFE Project Number

LIFE06 ENV/F/000132

LIFE PROJECT NAME

PLATEFORME COLLABORATIVE TECHNOLOGIQUE POUR LA MISE EN PLACE DE LA DIRECTIVE EUROPEENNE 2000/60/CE DANS UN CONTEXTE AGRICOLE

- CONCERT'EAU -

TASK 4 Deliverable 4.2.3.2. Report on environmental effectiveness of mitigation measures : Cemagref ; AEAG ; ADERA-ECOBAG ; INPT-ENSAT ; CNRS ; CRAN

30 septembre 2009

Rédaction : Paul Bordenave, Sabine Sauvage, Odile Leccia, Marion Cattaneo, Anaïs Abraham, José-Miguel Sanchez, Ramon Laplana, Jean-Luc Probst

CemOA : archive ouverte d'Irstea / Cemagref

SOMMAIRE

I - Objectifs du présent rapport ; zone d'étude p 3

II – Méthodes utilisées pour traduire les scénarios d'acteurs en scénarios modélisés adaptés au territoire et aux modèles utilisés p 4

2.1. premiers scénarios modélisés avant la réunion du 4 juin p 4

2.2. des scénarios issus des groupes d'acteurs aux scénarios effectivement modélisés p 5

2.2.1. *composition d'un scénario modélisé ou simulation* p 6
2.2.2. *traduction des scénarios issus des tables rondes en scénarios modélisés* p 7
2.2.3. *durée de la simulation* p 8

III – Résultats p 8

3.1. indicateurs retenus p 8
3.2. résultats pour l'azote p 9
3.3. résultats pour les produits phytosanitaires p 13
3.4. résultats pour le nitrate et les produits phytosanitaires p 16
3.5. exemple de résultats d'efficacité calcules par sous-bassins pour les produits phytosanitaires p 17

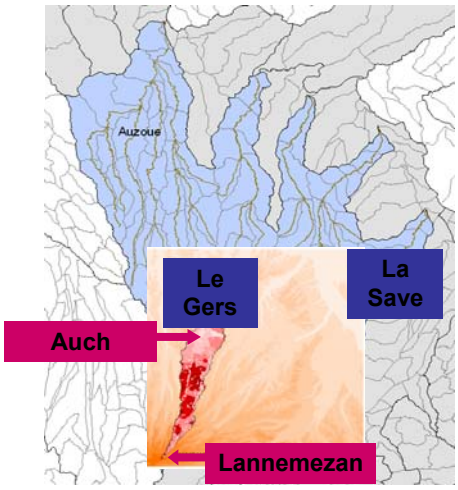
IV – Conclusions p 18

CemOA : archive ouverte d'Irstea / Cemagref

I - Objectifs du présent rapport

Il s'agit de présenter les résultats d'efficacité obtenus à partir des simulations de chacun des scénarios modélisables issus des différents groupes d'acteurs pour les indicateurs retenus par les groupes d'acteurs (à savoir les effets sur la concentration en nitrate et en produits phytosanitaires) dans les eaux du Gers au point de prélèvement pour l'eau potable (AEP) de la partie amont de ce bassin versant correspondant au périmètre de l'action Test-Gers amont.
Les simulations sont effectuées sur l'ensemble du bassin versant du Gers-Amont (660 km^2) mais, à la demande des groupes d'acteurs, les scénarios ne sont testés que sur la partie du bassin versant située dans le département du Gers (460 km^2).

Le bassin versant modélisé : la partie amont du bassin versant du Gers de Lannemezan à « Roquelaure Rambert » (~660 km^2)



La zone d'application des scénarios : une partie du bassin versant du Gers-amont de Chelan à Roquelaure (Rambert) correspondant à l'action test Gers-amont (~460 km^2)

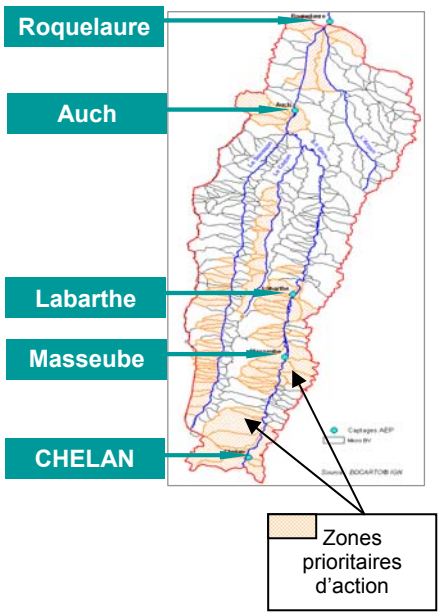


figure 1. la zone d'étude

Des zones d'action prioritaires, correspondant surtout à des zones de plus grande vulnérabilité (pente, distance au réseau hydrographique) et de pression (nature des cultures, quantités de fertilisants et de produits phytosanitaires épandues). Nous avons utilisé ces zonages, lors de la construction du système modélisé avec SWAT de manière à être en mesure de simuler le plus possible des scénarios proposés par les groupes d'acteurs.

CemOA : archive ouverte d'Irstea / Cemagref

II - Méthodes utilisées pour traduire les scénarios d'acteurs en scénarios modélisés adapté au territoire et aux modèles utilisés

2.1. premiers scénarios modélisés avant la réunion du 4 juin ; construction du scénario de référence (rappels)

En accord avec les décisions des Comité technique et Comité de direction, il a été décidé de construire et de modéliser pour la réunion du Groupe d'Acteurs du 4 juin deux premiers scénarios de façon à présenter des résultats concrets et intégrés. Ceci nous a permis de finaliser complètement le scénario de référence (scénario Avant Action Test appelé AVGA) qui représente, sous forme de tables de données spatiales (géodatabases) le bassin versant modélisé avant la mise en place de l'action test « Gers-Amont ». Il correspond à ce que l'on peut appeler le **scénario 0 ou encore scenario de référence**. Les itinéraires techniques sont issus de données fournies par l'Agence de l'Eau Adour Garonne (AEAG), complétés par une expertise pour les nombreuses données manquantes. Les itinéraires techniques ainsi construits ont été comparés aux données d'enquêtes de la Chambre Régionale d'Agriculture Midi-Pyrénées qui présentent l'avantage de porter sur un plus grand nombre de parcelles (*cf* Milestone 1). Les autres données utilisées sont : le fichier des altitudes (MNT au pas de 25 mètres), la couche d'occupation du sol ou Land Use, les données pédologiques (source Chambre Régionale d'Agriculture Midi-Pyrénées et Cemagref Bordeaux), climatiques (source Météo France). Les méthodes utilisées sont décrites plus précisément dans le Milestone 1 pour la partie « environnementale » et « économique ».

Le deuxième scénario (scénario 1) est celui représentant les modifications apportées par les premières actions contractualisées dans le cadre de l'action Test Gers-Amont (GA). Il est dérivé du précédent en rajoutant sur la carte d'occupation du sol le contour des 122 exploitations (sur 700) ayant engagé contractuellement des modifications de leurs pratiques. Les modifications adoptées portent sur 10 % de la SAU de la zone d'étude. Elles ne concernent que les produits phytosanitaires mais la plupart d'entre elles sont susceptibles d'avoir un effet indirect sur les flux d'azote soit par variation des intrants (rotations longues…), soit par suite d'effets sur les transferts d'eau et/ou d'azote (travail superficiel du sol…). Dans le Land Use utilisé par le modèle SWAT, chaque modification est représentée spatialement par un cercle centré sur le siège de l'exploitation dont la surface correspond à la surface engagée. La localisation des mesures adoptées est utilisé ensuite pour définir des itinéraires techniques adaptés aux cultures et aux rotations pratiquées dans la zone. Par exemple : la mesure rotationnelle ne sera pas la même suivant que l'on se trouve dans une exploitation où se trouve du blé et du tournesol en rotation de deux ans que dans une autre où la rotation est plus longue (à base de maïs fourrage et prairies par exemple). Chaque scénario nécessite ainsi la traduction en mesures adaptées localement à la nature des activités.

Sur les zones agricoles, les mesures adoptées par les exploitations sont issues de données fournies par l'Agence de l'Eau Adour-Garonne. L'essentiel des mesures est constitué par une augmentation de la durée de rotation (mesure rotationnelle MAE 0201A13), puis par le développement de méthodes de travail superficiel du sol sans labour (MAE1303A11) puis la mise en place de cultures intermédiaires pièges à nitrate (CIPAN) (MAE0301A) sur les inter-cultures longues, c'est-à-dire entre cultures d'hiver et de printemps. Une seule exploitation a développé l'agriculture biologique. Ces 4 MAE représentent 78 % de la surface engagée dans les modifications. La mise en place de haies (MAE0501B11) a été choisie essentiellement par une seule exploitation et n'a pas été modélisée en raison de la difficulté pour construire, dans les délais impartis, ce type d'aménagement quand on ne dispose pas du contour des parcelles.

CemOA : archive ouverte d'Irstea / Cemagref

De chacune des couches créées d'abord pour modéliser l'efficacité environnementale, nous extrayons les données nécessaires au fonctionnement des modèles économiques, lesquels utilisent une résolution spatiale communale. Ainsi est réalisé le lien entre les deux types de modélisation.

Le scenario 0 prend aussi en compte la présence de bandes enherbées de 10 mètres (5 m de part et d'autre) le long des ruisseaux principaux sauf lorsqu'une prairie ou une surface toujours en herbe existe déjà. La présence des prairies en bordure des cours d'eau est modélisée à partir du traitement d'un traitement de trois images satellites (Landsat TM) de 2006. L'implantation spatiale des bandes enherbées est ensuite simulée à partir de la base de données Carthage avec vérification sur la base de données de référence de l'IGN. Ainsi, le réseau hydrographique pris en compte pour la modélisation des bandes enherbées du scénario de référence est proche, en longueur et position spatiale du réseau, effectivement pris en compte sur le terrain pour l'implantation des bandes enherbées (réseau sur la carte IGN en traits pleins et pointillés).

La méthode utilisée pour construire ces deux scénarios a été ensuite généralisée à la construction et la modélisation de tous les scénarios produits par les groupes d'acteurs. Nous décrivons ci-dessous, de manière non exhaustive, les principes utilisés.

2.2. des scénarios issus des groupes d'acteurs aux scénarios effectivement modélisés

Le nouveau scenario de référence est le scenario GA précédent. On admet ainsi que les modifications adoptées par les 122 exploitations dans l'Action-Test Gers-Amont ont effectivement été mises en place.

Les scénarios issus des tables rondes sont très divers dans leur structure et leur niveau de précision. Un scénario peut être constitué par une seule mesure, ou par une combinaison de mesure. De plus, chaque scénario peut être appliqué sur des zones différentes. Par ailleurs, les scénarios issus des tables rondes comportent un certain nombre d'incertitudes, d'imprécisions aussi bien sur le plan spatial que sur le plan des itinéraires techniques. Ceci est inhérent à toute méthode de simulation à base de scénarios. Ainsi, les scénarios produits par les acteurs comportent forcément une part de généralités, de présupposés et c'est bien l'objectif du projet que d'aider les acteurs à préciser l'application spatiale possible de leurs propositions. D'autre part, les outils de modélisation utilisés nécessitent une description très précise des zonages et des itinéraires techniques dans des formats informatiques qui leurs sont spécifiques.

Avant de valider la possibilité ou pas de modéliser un scénario, nous avons vérifié la possibilité de le traduire en tables de données adaptées aux modèles utilisés pour la modélisation « efficacité environnementale » et « économique » compte tenu des données disponibles et en relation avec les données spatiales.

Chaque type de scénario envisagé par les acteurs, même le plus simple à priori, donne lieu à plusieurs variantes possibles. Par ailleurs, il n'est pas possible non plus de simuler toutes les combinaisons. A ceci, il faut ajouter le fait que la modélisation en retour, qui consisterait à partir d'une qualité d'eau souhaitée pour remonter sur le scénario permettant de l'obtenir n'est pas opérationnelle ici, compte tenu de la taille des objets géographiques traités et de leur complexité. On utilise donc la méthode qui consiste à simuler plusieurs variantes d'un même scénario pour proposer aux acteurs un éventail d 'évaluations. Il peut donc y avoir plusieurs simulations pour un seul scénario.

CemOA : archive ouverte d'Irstea / Cemagref

2.2.1. composition d'un scénario modélisable ou simulation

Chaque scénario modélisable ou simulation est constitué par une couche géographique d'occupation du sol (appelée Land Use dans le modèle SWAT) et par des tables contenant une description précise des itinéraires techniques (ITK) pour chacune des zones décrites dans le Land Use. Les ITK sont construits à partir des rotations types (*cf* Milestone 1). Les ITK sont ensuite entrés « manuellement » ou par l'intermédiaire de modules de programmation dans les fichiers .mgt (fichiers de management du modèle SWAT).
Les données nécessaires aux modèles économiques sont issues d'un traitement sous Système d'Information Géographique (SIG ArcGis 9.2 en l'occurrence) de chaque couche du Land Use. Il s'agit principalement de pourcentages surfaciques, de longueurs par communes pour les données spatiales, et des itinéraires techniques.
Le modèle sociologique utilise directement les scenarios issus de la table ronde (*cf* 8.1.)

En résumé, les simulations ont nécessité la réalisation d'un Système d'Information à Référence Spatiale (SIRS) basé sur SIG et sur des modules de programmation chargés de transférer l'information entre les bases de données « sources », les différentes unités spatiales et les modèles. De plus, pour éviter la saisie manuelle de chacun des scénarios, des modules de programmation en Visual Basic/Access/Visual C++/Visual Fortran ont été réalisés pour « automatiser » partiellement la modélisation des scénarios et le traitement des données produits par les modèles.

CemOA : archive ouverte d'Irstea / Cemagref

2.2.2. traduction des scénarios issus de la table ronde en scénarios modélisables

La première opération a été d'évaluer ce qui était modélisable puis d'élaborer les tables (géodatabases) correspondantes à chacun des scénarios et les variantes retenues. Plusieurs itérations, nécessitant des échanges entre les partenaires des différentes tâches, ont été nécessaires. La démarche est résumée ci-dessous.

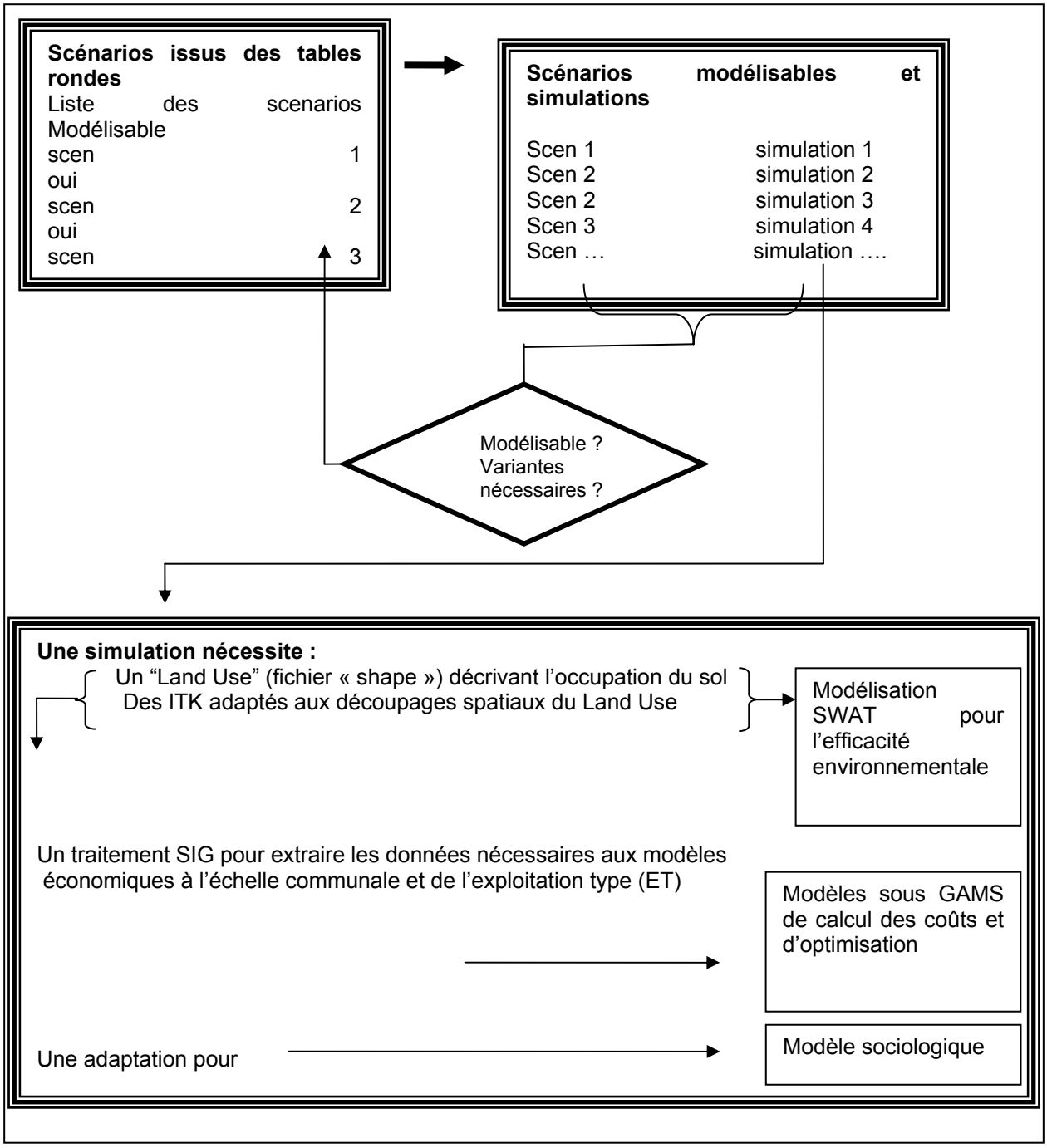


figure 2. Shema décrivant la démarche utilisée pour la traduction des scenarios issus des tables rondes en scenarios modélisables adaptés aux calculs des trois composantes du « développement durable » prises en compte dans la WebPlatform (suivant l'outil Mulino)

CemOA : archive ouverte d'Irstea / Cemagref

2.2.3. durée des simulations

Les simulations sont effectuées journellement sur une période de 20 années correspondant aux données climatiques utilisées (1985 à 2006). Cette période a été choisie pour tenir compte du temps de mise à l'équilibre du bassin versant considérée au maximum comme étant de dix années.
Etant donné que les modifications proposées ne sont pas encore, pour la plupart, mises en œuvre, les simulations relèvent essentiellement d'une évaluation ex-ante dont les résultats sont utilisables sur une période bien plus longue que la durée de l'étude.

III - Résultats

.

3.1. indicateurs retenus

Les indicateurs principaux retenus dans Concert'eau sont les concentrations moyennes annuelles pondérées par les débits pour les dix dernières années de la simulation. Ils sont présentés pour chacun des scénarios dans les tableaux 1 et 2. Ces concentrations sont des données d'entrée pour la matrice d'évaluation de l'outil de délibération élaboré par la tâche 3 (outil basé sur les principes de la méthode Mulino). A partir de ces résultats, nous avons aussi calculé des efficacités qui permettent de préciser si nécessaire, à la demande des acteurs, les résultats concrets obtenus pour chacun des scénarios. Enfin, d'autres résultats sont présentés en coût-efficacité dans le deliverable 4.2.3.3. (Cost of mitigation measures)

L'efficacité d'un scénario est évaluée relativement au scénario 0 par :

Efficacité en % =[(Cm10Sx - Cm10S0) / Cm10S0] *100 avec :

Cm10Sx = concentration moyenne annuelle des 10 dernières années de la simulation du scénario x (en mg/l pour le nitrate ; en µg/l pour les produits phytosanitaires)
Cm10S0 = concentration moyenne annuelle des 10 dernières années de la simulation du scénario 0 (en mg/l pour le nitrate ; en µg/l pour les produits phytosanitaires)

Les concentrations moyennes annuelles sont calculées à partir des calculs journaliers de débit et de flux du modèle SWAT dans la rivière Gers au point de Rembert/Roquelaure. Pour les produits phytosanitaires, il s'agit de la somme des molécules.
Le modèle calcule ces valeurs pour chacun des exutoires des 47 sous-bassins. Les sous-bassins sont connectés entre eux par un arbre de drainage déterminé par le modèle en fonction de la topographie et du réseau hydrographique de la base de données Carthage. Les efficacités par sous-bassin ont été calculées pour les scénarios les plus efficaces et présentés sous forme de cartes dans la « plateforme » web. Nous présentons deux exemples des représentations cartographiques obtenues pour les produits phytosanitaires.

CemOA : archive ouverte d'Irstea / Cemagref

3.2. résultats pour l'azote (nitrate)

Les résultats montrent que 40% des scénarios n'ont pas d'effets significatifs sur la réduction des concentrations en nitrate à l'exutoire. Ces scénarios concernent surtout des mesures ayant des actions sur les produits phytosanitaires.

Tableau 1. Tableau de résultats de simulation des scénarios, valeur de la concentration en nitrate du cours d'eau (Gers) à l'exutoire du bassin versant.

	Zone d'application	Concentration nitrates (mg/l)	Mesures
Avant Action Test Gers Amont			
Scénario 0		17.6	Scénario de départ AVGA. Le résultat traduit l'état initial de l'azote sur le Bassin versant Gers Amont.
Action Test Gers Amont			
Scénario 1		16.2	Mise en place des MAE sur le territoire Gers Amont. Cette simulation étant le résultat d'un Programme d'Action Territorialisé, elle constitue pour les simulations à venir le scénario de référence.
PAT 2009			
Scénario 2	**Sur Zones Prioritaires de 2008 et 2009**	14.4	Raisonnement et réduction des traitements herbicides de 40% sur Zones Prioritaires du PAT0809, aide et maintien des bandes enherbées.
PAT 2012			
Scénario 3	**Zones prioritaires**	16.2	Raisonnement et réduction des traitements herbicides de 40% sur Zones Prioritaires du PAT2012, aide et maintien des bandes enherbées.
TR Agriculture Alternative			
Scénario 4	**Tout Gers Amont**	14.2	Allongement des rotations et absence de désherbage chimique.
Scénario 5	**Zones prioritaires**	15.3	
Scénario 6	**Zones prioritaires**	12.3	100% bandes enherbées sur les bords de cours d'eau et milieu de parcelle sur zones à risques. 100% agroforesterie sur zone prioritaires.
Scénario 7	**Tout Gers Amont**	16.2	Désherbinage et réduction du désherbage chimique.
Scénario 8	**Zones prioritaires**	16.2	
TR Agriculture Biologique			
Scénario 9	**Tout Gers Amont**	12.5	Combinaison de mesures: agroforesterie, rotation longue, bande enherbée sur réseau de talweg, désherbage mécanique. La seule variante entre les 2 scénarios concerne les économistes
Scénario 10	**Tout Gers Amont**	12.5	
TR Aménagements bords de parcelle			
Scénario 11	**Zones prioritaires**	16.2	Ripisylves aux bords des cours d'eau sur zones prioritaires.
Scénario 12	**Tout Gers Amont**	16.2	Bandes enherbées au bord des cours d'eau sur tout Gers Amont.
Scénario 15	**Zones prioritaires**	14.2	100% agroforesterie.
TR Grandes cultures			
Scénario 16	**Zones prioritaires**	16.2	Ripisylves aux bords des cours d'eau.
Scénario 17	**Tout Gers Amont**	16.2	

CemOA : archive ouverte d'Irstea / Cemagref

Scénario 18	**Zones prioritaires**	15.40	100 % agroforesterie, allongement des rotations et introduction d'une CIPAN.
Scénario 19	**Tout Gers Amont**	12.3	
Scénario 20	**Zones prioritaires**	16.2	Réduction de 40 % des doses en produits phytosanitaires .
Scénario 21	**Tout Gers Amont**	16.2	
Scénario 22	**Zones prioritaires**	16.2	Réduction de 40% des doses en herbicides.
Scénario 23	**Tout Gers Amont**	16.2	
Scénario 24	**Zones prioritaires**	15.3	Suppression des herbicides et introduction du désherbage mécanique.
Scénario 25	**Tout Gers Amont**	14.2	
Scénario 26	**Zones prioritaires**	15.3	Allongement des rotations.
Scénario 27	**Tout Gers Amont**	14.1	
TR Elevage et épandage			
Scénario 35	**Zones prioritaires**	16.2	Valorisation de la bande enherbée sur les Zones Prioritaires: intégration de la luzerne.
Scénario 36	**Sur zone de captage**	16.2	Réduction des doses en produit phytosanitaire et application d'un désherbage mécanique sur zones Prioritaires AEP.
Scénario 40	**Tout Gers Amont**	10.50	Ré introduction de l'herbe et valorisation économique. Nouveaux itinéraires techniques qui comportent plus de couverts herbacés. Scénario appliqué sur un nouveau découpage fournit par les économistes.
Scénario 45	**Tout Gers Amont**	16.2	Pas d'utilisation d'herbicide sur les prairies.
Autres propositions			
Scénario 48	**Zones prioritaires**	16.2	100% maïs OGM Bt et 100 % maïs OGM "résistant" au glyphosate (remplacement des herbicides maïs par du glyphosate).
Scénario 49	**Tout Gers Amont**	16.2	
Scénario 50	**Zones prioritaires**	15.2	Agriculture biologique sur 12% des Zones Prioritaires .
Scénario 51	**Tout Gers Amont**	11.7	Agriculture biologique sur 6% de tout Gers Amont.
Autres propositions			
Scénario 53	**Zones prioritaires 2008/2009**	14.4	IFT 40% sur zones prioritaires 2008/2009.
Scénario 54	**Zones prioritaires 2008/2009**	14.5	IFT 40% sur zones prioritaires 2008/2009 et rotation longue sur 400 ha de ces zones.
Scénario 55	**Tout Gers Amont**	14.3	CIPAN pour les céréales à pailles et colza
Scénario 56	**Tout Gers Amont**	14.3	Réseaux hydrographique étendu, CIPAN pour les céréales à pailles et colza
Scénario 57	**Tout Gers Amont**	14.7	Réseaux hydrographique fin, itinéraires techniques de l'action test.
Scénario 58	**Tout Gers Amont**	14.3	Combinaison des scenarios 53 et 55
Scénario 59	**Tout Gers Amont**	14.3	Combinaison des scenarios 53 et 56
Scénario 60	**Tout Gers Amont**	14.7	Combinaison des scenarios 53 et 57

CemOA : archive ouverte d'Irstea / Cemagref

La figure 3 présente les résultats d'efficacité pour les scénarios concernant des mesures et/ou combinaisons de mesures sur l'ensemble du territoire.

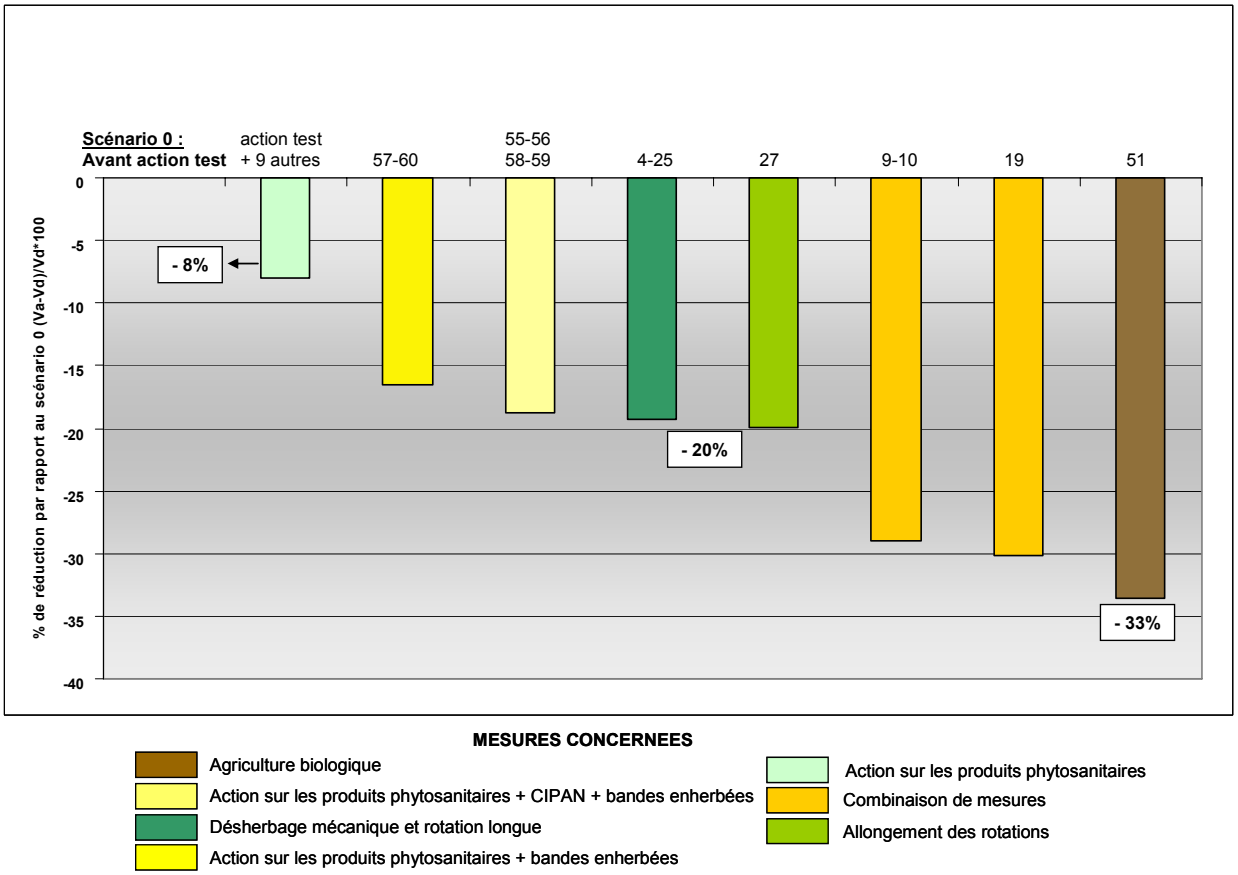


figure 3. taux de réduction en concentration en nitrates pour les scénarios concernant l'ensemble du territoire en pourcentage relatif par rapport au scénario de référence (scénario 0).

Les résultats montrent que sur 44% des scénarios testés pour des mesures appliquées sur l'ensemble du territoire ont le même effet que l'action test (8% de réduction). Les actions sur les produits phytosanitaires qui intègrent des mesures types CIPAN et bandes enherbées ainsi que les mesures de type rotation longue/allongement des rotations montrent des effets entre 15 et 20% de réduction. Si nous combinons les mesures précédentes avec de l'agroforesterie nous observons des taux de réduction autour de 30%. Le scénario le plus efficace concerne l'agriculture biologique appliqué sur 6% du territoire (33% de réduction).

Sur la base de ces résultats, nous avons représenté dans la figure 2 l'évolution des concentrations en nitrate moyennes journalières par année sur les 10 ans retenus pour 3 scénarios. La concentration initiale correspond à la concentration moyenne journalière observée avant l'action test. Ces graphes permettent de mettre en évidence le nombre d'années nécessaires pour atteindre l'efficacité maximale. Cette durée correspond à 6 ans dans le cadre de l'action test (avec une efficacité de 8%), 5 ans pour la rotation longue (efficacité de 30%) et 2 ans pour l'agriculture biologique sur 6% du territoire (efficacité de 33%). Cette figure montre donc que certaines mesures et/ou combinaison de mesures peuvent avoir un effet sur la réduction de la concentration en nitrate à l'exutoire à court terme. Cela s'explique par la typologie du bassin versant qui possède des réservoirs à renouvellement rapide comparé à d'autres bassins versants qui possèdent des réservoirs plus grands et donc à renouvellement plus long.

CemOA : archive ouverte d'Irstea / Cemagref

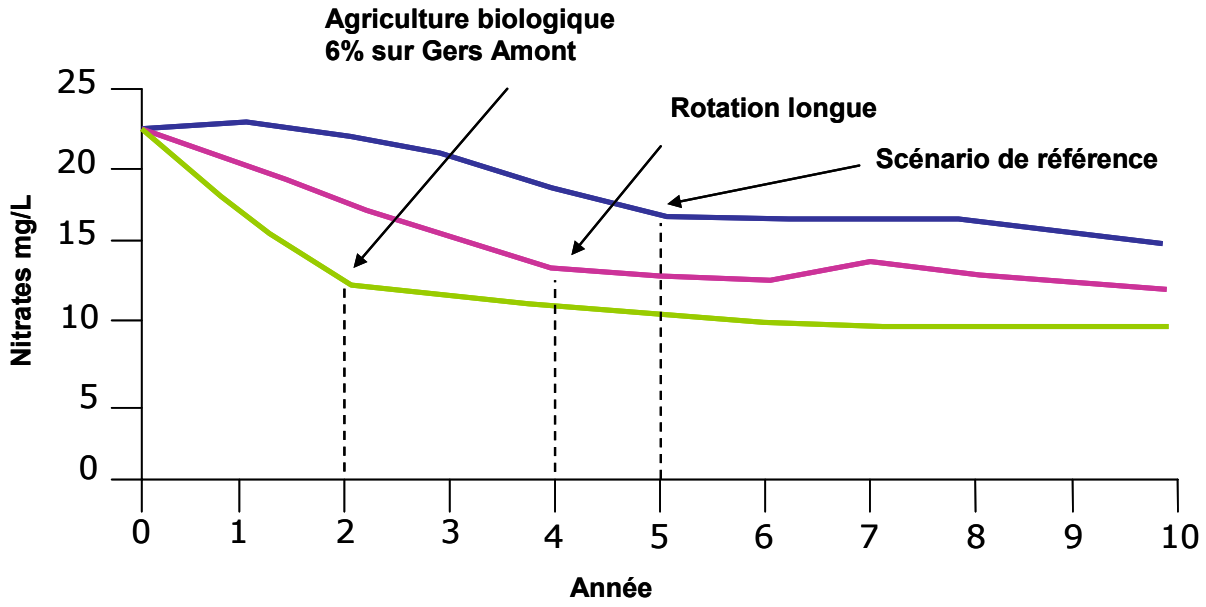


figure 4. Evolution des concentrations en nitrate moyennes journalières par année sur les 10 années retenues pour 3 scénarios (scénario de référence, scénario rotation longue et scénario agriculture biologique 6% sur le territoire). La concentration initiale correspond à la concentration moyenne journalière observée avant l'action test.

3.3. Résultats pour les produits phytosanitaires

Pour les produits phytosanitaires, l'efficacité varie entre quelques pour cent et près de 60 % suivant les scénarios. Il y a donc une grande marge de progrès pour la réduction des flux et concentrations en produits phytosanitaires. Les scénarios les plus efficaces ne sont pas systématiquement les plus coûteux. Ainsi, les simples bandes enherbées appliquées le long des ruisseaux principaux (réseau étendu) permettent d'obtenir des efficacités élevées pour des coûts d'implantation relativement peu élevés (*cf* deliverable « Cost of mitigations measures …»). Il paraît cependant difficile d'obtenir des réductions suffisantes (de l'ordre de 50 % nécessaires sur cette zone) par la mise en œuvre d'une seule mesure. L'efficacité des bandes environnementales est limitée par le fait qu'elles agissent surtout pour la réduction des flux liés aux transferts de surface ou de subsurface (matières en suspension, produits phytosanitaires, azote organique, phosphore…). Pour les produits phytosanitaires, leur efficacité est limitée en cas d'évènements pluvieux intense proche de l 'épandage et aussi parce qu'une partie des flux transite sous forme soluble dans les eaux de nappe alimentant la rivière en dessous de leur zone d'influence. Leur effet est ainsi limitée par la présence de drainages qui relient directement les nappes superficielles aux ruisseaux. L'augmentation de la largeur des bandes environnementales à un effet non proportionnel sur le réduction des transferts de produits phytosanitaires. Ce sont les premiers mètres qui sont les plus efficaces et au dessus de 15 mètres (de part et d'autre du ruisseau) le gain d'efficacité est réduit. Il vaut mieux dans ce cas augmenter la longueur de réseau hydrographique protégé. La mise en place de bandes environnementales sur le réseau très fin est la plus efficace mais dans ce cas, il est supposé que les bandes sont mises en place à l'intérieur des parcelles actuelles, ce qui obligerait à les « redécouper ». Malgré tout, il semble que la mise en place de bandes enherbées sur un réseau hydrographique étendu doit être la mesure à privilégier, d'autant que son efficacité est immédiate. Elle doit cependant être

CemOA : archive ouverte d'Irstea / Cemagref

complétée localement par au moins une autre mesure en privilégiant celles qui permettent d'obtenir une réduction des apports. Parmi les plus efficaces, on trouve la réduction progressive et raisonnée des doses de matières actives (mesure inscrite dans le Grenelle de l'environnement), le choix systématique des molécules présentant les risques de transferts les plus faibles, le desherbinage pour les cultures en ligne, le remplacement du desherbage chimique par du desherbage mécanique chaque fois que cela est possible en utilisant notamment des techniques utilisées par l'agriculture biologique, le développement de l'agriculture biologique, le développement de l'agroforesterie et des bandes environnementales bien positionnées dans le paysage (c'est à dire en fonction des transferts)…
Dans tous les cas, il faut certes cibler les actions sur les zones à priori prioritaires (encore qu'il soit difficile de les déterminer *cf* ci-dessous) mais en veillant à ce que les mesures les plus efficaces soient appliquées sur le plus de surface possible.
Nos résultats suggèrent aussi que les zones prioritaires d'action devraient être davantage basés sur la pression (itinéraires techniques, nature des molécules, doses d'apport) et le niveau de protection des cours d'eau (bandes environnementales, importance des drainages…) que sur la vulnérabilité physique (pentes…).
Les scénarios utilisant la mesure rotationnelle, ou les CIPAN (cultures piège à nitrate) ont une efficacité réduite même s'ils sont appliqués sur une surface importante.

Tableau 2. Tableau de résultats de simulation des scénarios, valeur de la concentration en produits phytosanitaires dans le cours d'eau (Gers) à l'exutoire du bassin versant.

	Zone d'application	Concentration (µg/l)	Mesures
Avant Action Test Gers Amont			
Scénario 0		1.20	Scénario de départ AVGA. Le résultat traduit l'état initial de l'azote sur le Bassin versant Gers Amont.
Action Test Gers Amont			
Scénario 1		1.17	Mise en place des MAE sur le territoire Gers Amont. Cette simulation étant le résultat d'un Programme d'Action Territorialisé, elle constitue pour les simulations à venir le scénario de référence.
PAT 2009			
Scénario 2	**Sur Zones Prioritaires de 2008 et 2009**	1.04	Raisonnement et réduction des traitements herbicides de 40% sur Zones Prioritaires du PAT0809, aide et maintien des bandes enherbées.
PAT 2012			
Scénario 3	**Zones prioritaires**	1.17	Raisonnement et réduction des traitements herbicides de 40% sur Zones Prioritaires du PAT2012, aide et maintien des bandes enherbées.
TR Agriculture Alternative			
Scénario 4	**Tout Gers Amont**	0.71	Allongement des rotations et absence de désherbage chimique.
Scénario 5	**Zones prioritaires**	0.95	
Scénario 6	**Zones prioritaires**	0.82	100% bandes enherbées sur les bords de cours d'eau et milieu de parcelle sur zones à risques. 100% agroforesterie sur zone prioritaires.
Scénario 7	**Tout Gers Amont**	0.90	Désherbinage et réduction du désherbage chimique.
Scénario 8	**Zones prioritaires**	1.07	
TR Agriculture Biologique			

CemOA : archive ouverte d'Irstea / Cemagref

Scénario 9	**Tout Gers Amont**	0.60	Combinaison de mesures: agroforesterie, rotation longue, bande enherbée sur réseau de talweg, désherbage mécanique. La seule variante entre les 2 scénarios concerne les économistes
Scénario 10	**Tout Gers Amont**	0.60	
TR Aménagements bords de parcelle			
Scénario 11	**Zones prioritaires**	0.85	Ripisylves aux bords des cours d'eau sur zones prioritaires.
Scénario 12	**Tout Gers Amont**	0.78	Bandes enherbées au bord des cours d'eau sur tout Gers Amont.
Scénario 15	**Zones prioritaires**	0.82	100% agroforesterie.
TR Grandes cultures			
Scénario 16	**Zones prioritaires**	1.15	Ripisylves aux bords des cours d'eau.
Scénario 17	**Tout Gers Amont**	1.15	
Scénario 18	**Zones prioritaires**	0.83	100 % agroforesterie, allongement des rotations et introduction d'une CIPAN.
Scénario 19	**Tout Gers Amont**	0.70	
Scénario 20	**Zones prioritaires**	1.01	Réduction de 40 % des doses en produits phytosanitaires .
Scénario 21	**Tout Gers Amont**	0.85	
Scénario 22	**Zones prioritaires**	1.00	Réduction de 40% des doses en herbicides.
Scénario 23	**Tout Gers Amont**	0.88	
Scénario 24	**Zones prioritaires**	0.96	Suppression des herbicides et introduction du désherbage mécanique.
Scénario 25	**Tout Gers Amont**	0.44	
Scénario 26	**Zones prioritaires**	1.14	Allongement des rotations.
Scénario 27	**Tout Gers Amont**	1.13	
TR Elevage et épandage			
Scénario 35	**Zones prioritaires**	0.95	Valorisation de la bande enherbée sur les Zones Prioritaires: intégration de la luzerne.
Scénario 36	**Sur zone de captage**	0.84	Réduction des doses en produit phytosanitaire et application d'un désherbage mécanique sur zones Prioritaires AEP.
Scénario 40	**Tout Gers Amont**	0.76	Ré introduction de l'herbe et valorisation économique. Nouveaux itinéraires techniques qui comportent plus de couverts herbacés. Scénario appliqué sur un nouveau découpage fournit par les économistes.
Scénario 45	**Tout Gers Amont**	1.19	Pas d'utilisation d'herbicide sur les prairies.
Autres propositions			
Scénario 48	**Zones prioritaires**	1.14	100% maïs OGM Bt et 100 % maïs OGM "résistant" au glyphosate (remplacement des herbicides maïs par du glyphosate).
Scénario 49	**Tout Gers Amont**	1.13	
Scénario 50	**Zones prioritaires**	1.14	Agriculture biologique sur 12% des Zones Prioritaires .
Scénario 51	**Tout Gers Amont**	0.92	Agriculture biologique sur 6% de tout Gers Amont.
Autres propositions			
Scénario 53	**Zones prioritaires 2008/2009**	1.20	IFT 40% sur zones prioritaires 2008/2009.

CemOA : archive ouverte d'Irstea / Cemagref

Scénario 54	Zones prioritaires 2008/2009	1.19	IFT 40% sur zones prioritaires 2008/2009 et rotation longue sur 400 ha de ces zones.
Scénario 55	Tout Gers Amont	1.18	CIPAN pour les céréales à pailles et colza
Scénario 56	Tout Gers Amont	0.76	Réseaux hydrographique étendu, CIPAN pour les céréales à pailles et colza
Scénario 57	Tout Gers Amont	0.50	Réseaux hydrographique fin, itinéraires techniques de l'action test.
Scénario 58	Tout Gers Amont	1.18	Combinaison des scenarios 53 et 55
Scénario 59	Tout Gers Amont	0.76	Combinaison des scenarios 53 et 56
Scénario 60	Tout Gers Amont	0.50	Combinaison des scenarios 53 et 57

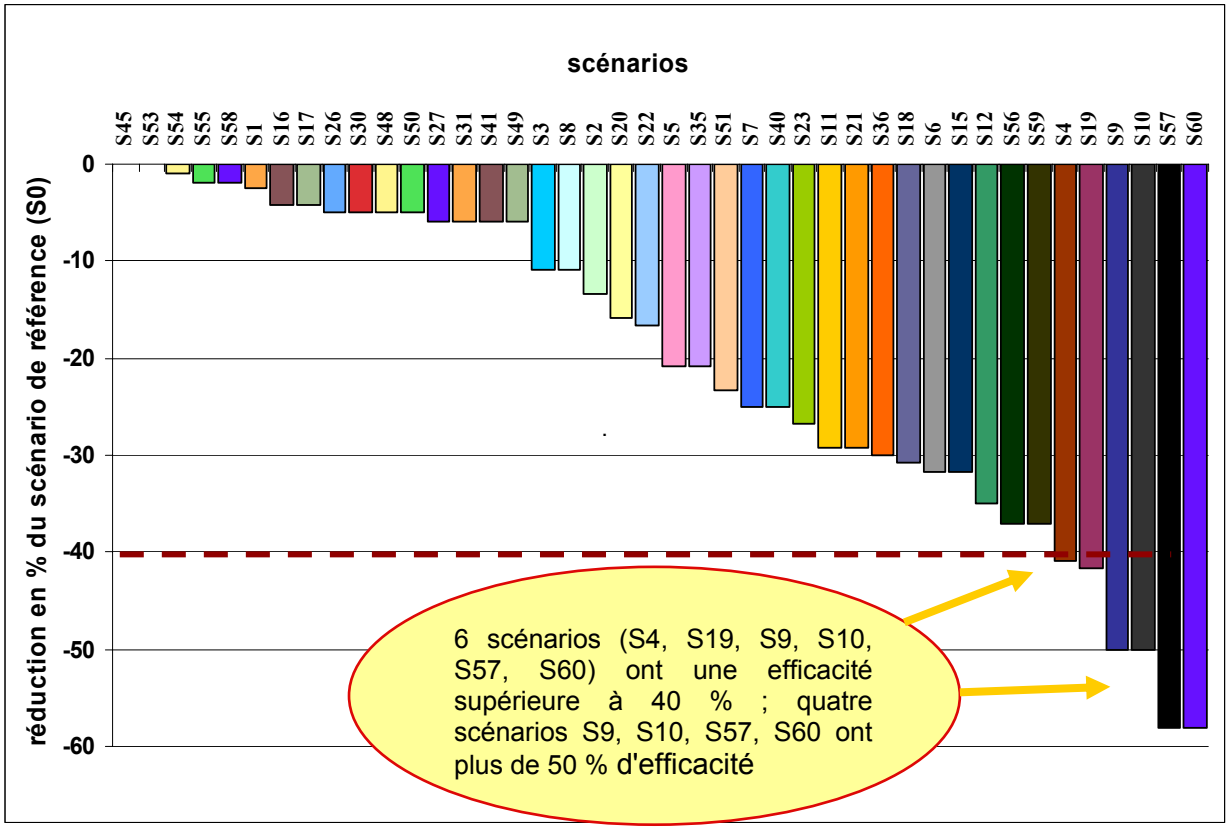


figure 5. **efficacité des scénarios sur la réduction de la concentration en produits phytosanitaires**

Les efficacités présentées sont réduites du fait que la partie amont du bassin versant du Gers dans les Haute Pyrénées est aussi concernée par les pollutions diffuses provenant des zones de cultures. Ainsi la concentration moyenne annuelle en produits phytosanitaires des eaux du Gers au point d'AEP de Chelan (cf fig 1. ; point d'entrée dans la périmètre de l'action test Gers Amont) est de l'ordre de 0.6 microgrammes par litre (moyennes annuelles du cumul des molécules mesurées), soit environ la moitié de celle mesurée au point exutoire de Rembert/Roquelaure (1.2 microgrammes par litre). L'extension des mesures en amont de la zone paraît ainsi indispensable à envisager pour la réduction des concentrations aux points d'AEP de Gers-amont en notant toutefois que les effets amont-aval ne sont pas additifs en

CemOA : archive ouverte d'Irstea / Cemagref

raison des dilutions éventuelles dans la rivière, déterminées par l'importance des apports suivant les zones traversées, mais aussi parce qu'une partie de la pollution est épurée dans la rivière d'amont en aval.

3.4. résultats pour l'azote et les produits phytosanitaires

La figure 6 présente les résultats d'efficacité pour l'azote et les produits phytosanitaires. Les scénarios ont des efficacités différentes suivant le paramètre considéré. Les scénarios les plus efficaces pour la réduction des concentrations en produits phytosanitaires (S57, S60) ont une action plus réduite sur le nitrate. Les scénarios les plus efficaces sur les deux paramètres sont ceux qui font appel à l'agriculture biologique ou à des méthodes utilisées par l'agriculture biologique (méthodes de desherbage mécanique, d'allongement des rotations…). L'efficacité des scénarios d'agriculture biologique apparaît relativement réduite dans nos résultats alors que ces mesures sont intrinsèquement les plus efficaces. Ceci provient du fait que la surface retenue pour la mise en œuvre de ces scénarios est réduite à 6 % ou 12 % de la surface (scénarios basés sur les objectifs du Grenelle de l'environnement).

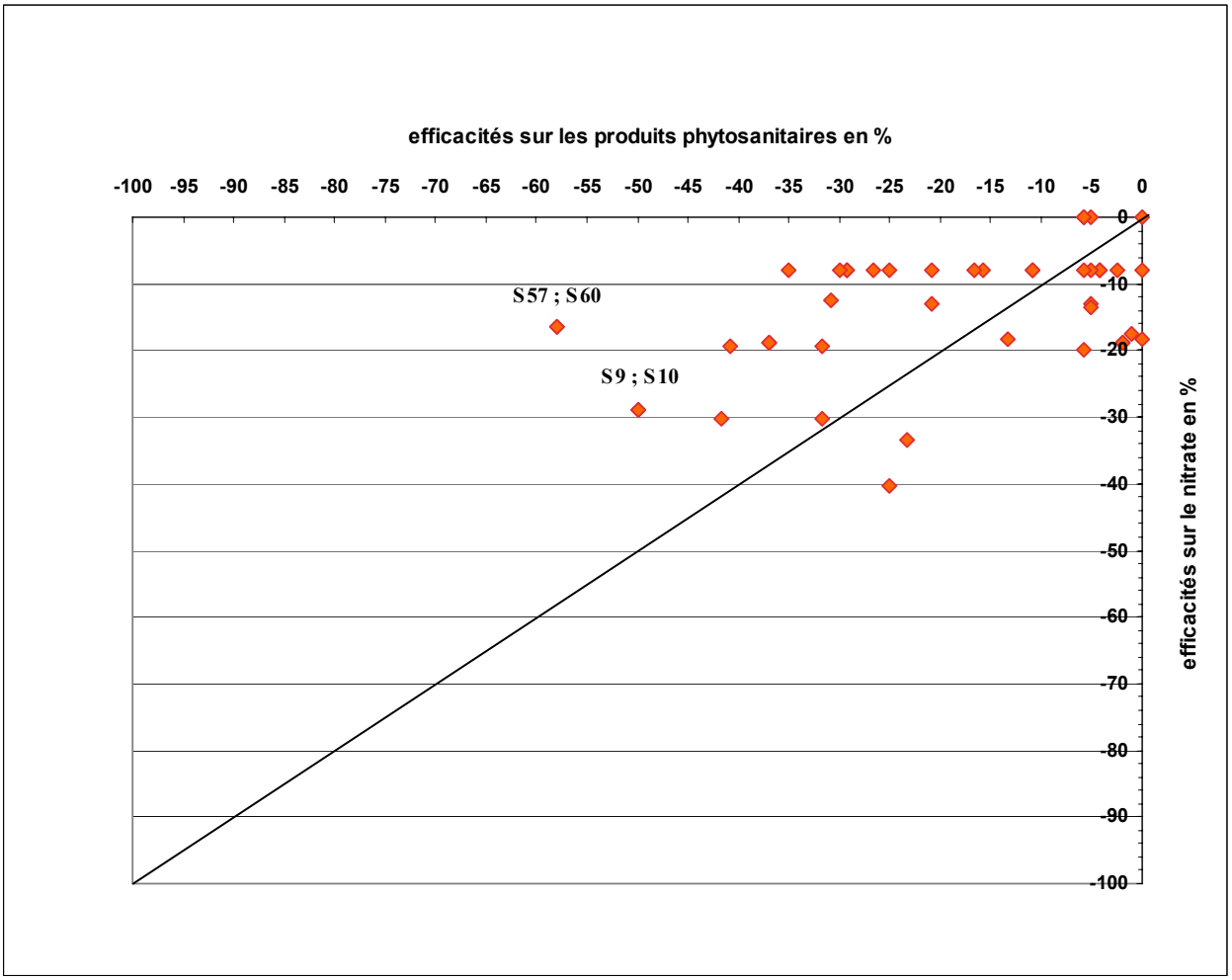


figure 6. efficacités sur le nitrate et les produits phytosanitaires

CemOA : archive ouverte d'Irstea / Cemagref

3.5. exemples de résultats d'efficacité calculées par sous-bassin pour les produits phytosanitaires

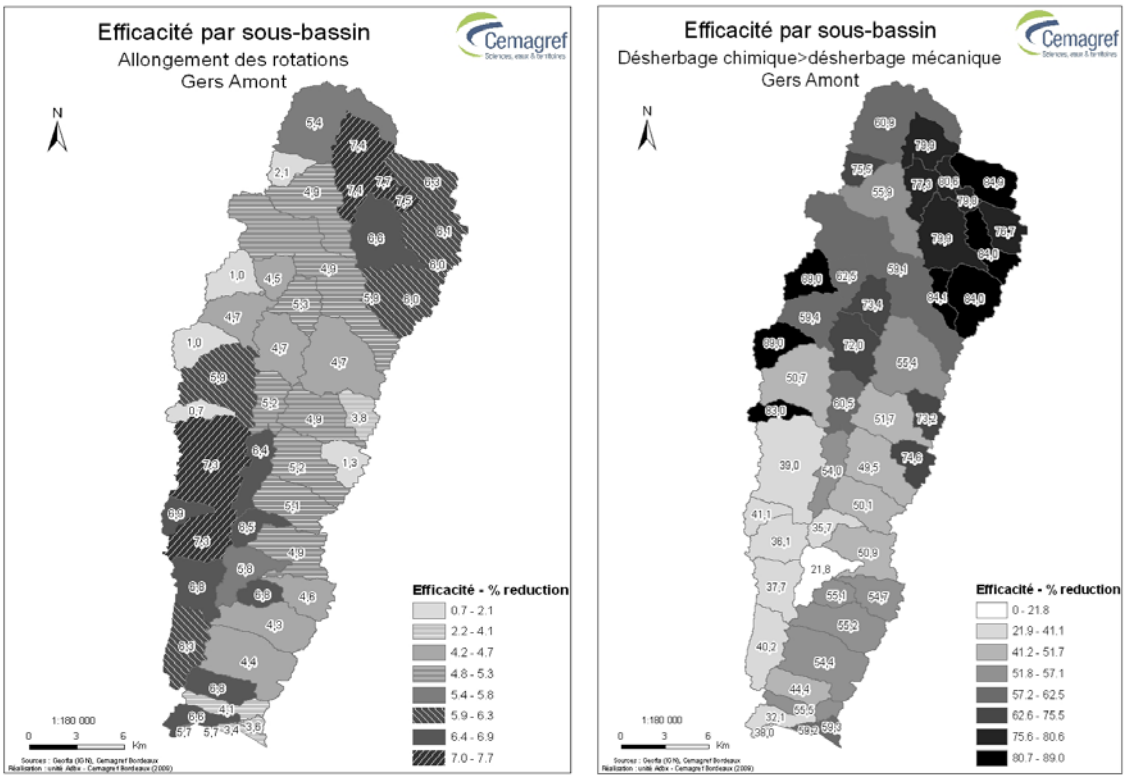


figure 7. efficacités par sous-bassins de deux scénarios pour la réduction des produits phytosanitaires

Ces résultats montrent la forte variabilité spatiale de l'efficacité d'un scénario. De plus les zones d'efficacité maximale ne sont pas les mêmes d'un scénario à l'autre. On note aussi que les zones d'efficacité maximale ne sont pas systématiquement les zones considérées comme prioritaires (*cf* fig 1).

CemOA : archive ouverte d'Irstea / Cemagref

VI – Conclusions

Concernant la méthode, il nous semble que le choix de la modélisation est pleinement justifié dans ce type d'étude. Il est confirmé que l'efficacité d'une mesure ou d'un ensemble de mesures dépend certes de sa valeur intrinsèque, telle que l'on peut la déterminer par des expérimentations classiques qui sont évidemment indispensables, mais aussi et surtout de la façon dont elle est appliquée et adaptée au niveau du territoire. Le coût de la modélisation est souvent considéré comme élevé mais notre expérience dans Concert'eau montre que plus de 75 % des coûts proviennent de l'acquisition des données, notamment des itinéraires techniques, et de la construction du Système d'Information Géographique.
Dans Concert'eau, deux indicateurs seulement ont été retenus pour l'évaluation de l'efficacité environnementale, alors que les modèles utilisés permettent d'évaluer les scénarios sur un ensemble de paramètres (azote organique, matières en suspension et érosion, phosphore, rendement des productions végétales, effets des pollutions ponctuelles, flux vers l'atmosphère, pollution des sols…). Ainsi, la seule efficacité pour la réduction d'un flux ou d'une concentration n'est pas suffisante pour l'évaluation d'un scénario et peut conduire finalement à des appréciations erronées. Par exemple un scénario peut être efficace pour la réduction des flux dans l'eau et augmenter les flux vers l'atmosphère ou les sols. Inversement, un scénario moins efficace sur la réduction des flux peut être par contre plus favorable du point de vue de la biodiversité.

Concernant les résultats, les résultats montrent qu'il existe sur ce territoire des combinaisons de mesures relativement simples, peu coûteuses et acceptables à appliquer pour obtenir une réduction des flux et concentrations dans l'eau aussi bien pour l'azote que pour les produits phytosanitaires (*cf* deliverable 4.2.3.3. « Costs of mitigation measures »). Pour les produits phytosanitaires, la mise en place de bandes enherbées sur un réseau hydrographique étendu est la mesure à privilégier dans un premier temps.

* * * * *

CemOA : archive ouverte d'Irstea / Cemagref

CemOA : archive ouverte d'Irstea / Cemagref