

**PROGRAMME FEDERATEUR « AGRICULTURE ET DEVELOPPEMENT DURABLE »
Appel à propositions de recherche 2006**

Décembre 2006

1- FICHE D'IDENTITE DU PROJET

Titre du projet

**Quels agrosystèmes et quelles politiques publiques pour une gestion durable de la ressource en eau ?
Outils et méthodes pour une gouvernance territoriale.**

Acronyme

APPEAU

Résumé court

Ce projet a pour objectif de contribuer à améliorer les prises de décision collective¹ dans le cadre de la gestion de la ressource en eau à l'échelle de territoires (bassins versants, périmètres irrigués, etc...). Il vise plus spécifiquement à développer des outils et méthodes à base de modèles mathématiques permettant l'évaluation de scénarios en vue d'une meilleure planification conjointe des activités agricoles et des ressources en eau.

Responsable du projet

Civilité (M, Mme, Mlle)	Mme	Titre	Dr	Nom	LEENHARDT	Prénom	Delphine
Adresse électronique	Delphine.Burger-Leenhardt@toulouse.inra.fr			Tel	05 61 28 50 43	Fax	05 61 73 55 37
Etablissement	INRA						
Unité (nom complet)	UMR1248 ARCHE(AgRosystèmes Cultivés & Herbagers)						
Département	Environnement et Agronomie						
N° d'unité	UMR 1248						
Directeur d'unité	DURU Michel						
Adresse	BP 52627						
Code Postal	31326			Ville	Castanet Tolosan Cedex		

Ce projet fait-il partie des projets labellisés (ou en cours de labellisation) par un pôle de compétitivité (ou par plusieurs, en cas de projet interpôle) ?

Oui [] Non [x]

Si oui, nom du pôle ou des pôles :

Axe(s) thématique(s)² auquel le projet se rattache :

Thématique 1	3.2 De la préservation à l'amélioration des ressources naturelles par l'agriculture
Éventuellement Thématique 2	
Éventuellement Thématique 3	

Principales disciplines associées au projet :

Discipline 1	agronomie
Discipline 2	économie
Discipline 3	sciences de gestion

Mots clés libres associés au projet (5 maximum)

Français	Gestion de l'eau, modélisation, scénarios, agrosystèmes
Anglais	Water management, modelling, scenarios, agricultural systems

¹ Même si ce projet n'a pas pour objectif de fournir des outils d'aide à la décision individuelle, il est envisagé de prendre en considération les logiques d'action individuelles

² Cf. « Les thématiques de recherche », partie 3 de l'appel 2006

PADD 2006 - APPEAU

Autres partenaires

Partenaire n°	Nom du correspondant principal	Prénom	Fonction	Organisme	Sigle Organisme	Ville	Pays
1	Faby	Jean-Antoine		Office International de l'Eau	OIEau	Limoges	
2	GAECKLER	Martine,	conseiller recherche et prospective	Agence de l'Eau Adour Garonne	AEAG	Toulouse	
3	SANCHEZ PEREZ	José Miguel	chercheur	Laboratoire d'Ecologie des Hydrosystèmes UMR 5177 CNRS-UPS Equipe Ecofonbio	ECOFON	Toulouse	
4	Rass	Gerard	Secrétaire Général	Association pour la Promotion d'une Agriculture Durable	APAD	Bruz (35)	
....							
n							

PADD 2006

Durée du projet : 24 mois 36 mois

Nombre de personnes-mois³ mobilisées pour toute la durée du projet : 284.5

Chercheurs et enseignants-chercheurs permanents	Post doctorants déjà recrutés	Doctorants déjà recrutés	Ingénieurs et techniciens permanents	Personnes à recruter
136		46	42.5	60

³ Nombre de personnes x nombre total de mois de travail sur le projet.

2- RESUME DU PROJET

Ce projet a pour objectif de contribuer à améliorer les prises de décision collective⁴ dans le cadre de la gestion de la ressource en eau à l'échelle de territoires (bassins versants, périmètres irrigués, etc...). Il vise plus spécifiquement à développer des outils et méthodes à base de modèles mathématiques permettant l'évaluation de scénarios en vue d'une meilleure planification conjointe des activités agricoles et des ressources en eau. Ce projet s'inscrit donc dans le cadre de la gestion spatiale de l'eau telle que définie par (Narcy and Mermet, 2003)⁵ en mettant l'accent sur la composante agricole du territoire.

Ce projet comprend :

- ☞ Le développement et d'implémentation de modèles mathématiques dans le but de contribuer à une meilleure planification des ressources en eau dans les zones critiques, que ce soit d'un point de vue quantitatif et/ou qualitatif;
- ☞ La construction de scénarios portant sur des changements du contexte agronomique (en particuliers changement des systèmes de culture et de la configuration spatiale des agrosystèmes) ou sur des changements du contexte économique ou réglementaire.
- ☞ L'évaluation de ces scénarios par utilisation des modèles mathématiques évoqués plus haut.

Ces 3 types de travaux sont conduits sur plusieurs sites, avec des partenaires locaux et selon les problèmes que pose la gestion de la ressource en eau. Les problèmes de pénurie et de partage de la ressource (aspects quantitatifs dans lesquels l'irrigation tient une place importante) seront abordés dans le Sud-Ouest de la France (Gascogne) et dans le Sud-Est (Val de Drôme). Dans ce dernier cas, les questions de diversification de l'agriculture irriguée et de pluriactivité sont clairement posées pour le maintien des petites exploitations. Les problèmes de pollution des eaux par l'agriculture (aspects qualitatifs) seront abordés principalement en Bretagne, mais également en Gascogne.

Bien que la plupart des travaux proposés dans ce projet impliquent des collaborations avec des partenaires de terrains, on peut néanmoins distinguer deux types de postures de recherche complémentaires, qui sont à l'origine de l'organisation de ce projet en 4 WP. La première posture correspond à un ensemble de travaux qui visent à développer des méthodes et outils pouvant être utiles dans une démarche prospective de gestion spatiale de l'eau. Ils concernent deux problèmes principaux: le partage de l'eau au sein d'un bassin versant irrigué (WP1) et la remédiation de la pollution de l'eau par les nitrates et pesticides au sein de petits bassins versants (WP2). Ces travaux sont conduits en mobilisant des partenaires ciblés, pour d'une part développer, implémenter et valider les modèles, et d'autre part, construire et évaluer des scénarios pertinents vis-à-vis d'une gestion spatiale de l'eau. Une deuxième posture de recherche met en oeuvre, dès l'origine, les 3 types de travaux (développement et d'implémentation de modèles, construction de scénarios et évaluation de ces scénarios) dans le cadre d'un dispositif collectif qui rassemble différents types d'acteurs ayant un objectif commun de gestion des ressources en eau et des activités agricoles (voire économiques) au sein d'un territoire défini (se superposant ou non à un bassin versant). Ce type de posture, conduit avec deux dispositifs collectifs (WP3), suppose de représenter les diverses interactions du système en présence: interactions entre les différentes composantes du système biophysique, interactions entre acteurs/usagers et interactions entre le système biophysique et les usages. Une possibilité pour cela est de mobiliser des modèles déjà développés.

La complémentarité entre les deux postures décrites réside d'une part dans la mobilisation par le WP3, de modèles développés et la validé par les WP1 et 2, qui ont une approche plus partielle des problèmes à traiter, et d'autre part, dans la possibilité de voir émerger d'une démarche en dispositif collectif, de nouvelles questions ou contraintes pour la conception et le développement de modèles (effet retour). Cette complémentarité entre les deux types d'approche sera au cœur du WP4 qui vise à traiter des questions génériques et méthodologiques transversales aux sites d'études et aux problèmes de ressource en eau, et à alimenter et enrichir par des modèles adaptés, la démarche participative du WP3.

⁴ Même si ce projet n'a pas pour objectif de fournir des outils d'aide à la décision individuelle, il est envisagé de prendre en considération les logiques d'action individuelles

⁵ Selon, Narcy et Mermet (2003) la « gestion spatiale de l'eau » vise à coordonner la gestion de l'eau avec la gestion des espaces qui génèrent ou régulent ces flux. La gestion des activités et des espaces agricoles est donc centrale dans une approche de gestion spatiale de l'eau.

3- DESCRIPTION DU PROJET

A. Problématique et objectifs scientifiques

La raréfaction et la dégradation de la qualité des ressources en eau pose la question de la durabilité des usages actuels de cette ressource. Parmi ceux-ci, l'agriculture occupe une place prépondérante du fait des montants qu'elle prélève et de la pollution diffuse qu'elle génère.

Dans une logique de développement durable, il s'impose de considérer l'eau comme une ressource multi-usages et multi-sources et d'exclure a priori une logique "tout barrage" ou "tout pompage en nappe" (qui consisterait à envisager comme unique solution aux problèmes de pénurie la création de ressources nouvelles) ou « tout curatif » (qui consisterait à envisager comme unique solution aux problèmes de qualité le recours à des stations de traitement des eaux). En conséquence, traiter du rapport entre les agrosystèmes et la ressource en eau suppose de se situer à une échelle territoriale (échelle de l'action publique) pour poser la question de la prise en compte conjointe de la viabilité économique des exploitations agricoles et du territoire dans son ensemble, de la durabilité écologique de la ressource en terme de qualité et de quantité et de l'équité sociale, tout en tenant compte des interdépendances fortes entre acteurs et usages.

La modélisation est un outil qui s'impose pour traiter d'une part les interactions entre usages (et entre usagers) et d'autre part les phénomènes concernant de grandes étendues ou de longues périodes de temps, échelles auxquelles l'expérimentation est difficile. Le bassin versant constitue le niveau pertinent pour appréhender dans un modèle certains phénomènes physiques tels que la pollution des eaux ou bien tels que des problèmes de pénurie en ressource. De plus, le territoire ou le grand bassin versant ont acquis via la Directive Cadre Européenne sur l'eau le statut de concept opératoire aussi bien dans le domaine de l'aménagement du territoire que dans celui de la gestion de l'eau. Le bassin versant constitue également une échelle spatiale suffisamment fine pour permettre un travail sur des données non agrégées mais aussi suffisamment large pour pouvoir réfléchir à des questions d'organisation de l'espace induites par des problèmes de rareté ou de pollution de l'eau.

Objectifs

Ce projet a pour objectif de contribuer à améliorer les prises de décision collective⁶ dans le cadre de la gestion de la ressource en eau à l'échelle de territoires (bassins versants, périmètres irrigués, etc...). Il vise plus spécifiquement à développer des outils et méthodes à base de modèles mathématiques permettant l'évaluation de scénarios en vue d'une meilleure planification conjointe des activités agricoles et des ressources en eau. Ce projet s'inscrit donc dans le cadre de la gestion spatiale de l'eau telle que définie par (Narcy and Mermet, 2003)⁷ en mettant l'accent sur la composante agricole du territoire.

La diversité des équipes de recherche impliquées dans le projet permet de relever le défi scientifique consistant à interfacier les modèles issus des études biophysiques (modèles hydrologiques, modèles de culture) avec des études portant sur les activités humaines (identification des pratiques agricoles et de leurs déterminants, modélisation des processus de décision) et sur les effets de l'action publique (modèles économétriques, modèles d'optimisation économique, outils de négociation). Cette diversité de disciplines de recherche permet également d'étudier les modes d'appropriation des modèles et concepts par les acteurs locaux et d'en tenir compte pour concevoir des outils utiles et transférables. Le travail en partenariat (avec des agriculteurs, des gestionnaires, des administrations, etc.) garantit en outre l'opportunité du choix des situations sur lesquelles sont développés et appliqués les modèles et des scénarios qui sont évalués.

Les rapports entre agriculture et ressource en eau peuvent être appréhendés en fonction des enjeux d'acteurs et des problèmes portant sur la ressource. Dans ce projet nous nous proposons d'approfondir ces différentes approches de façon à aller jusqu'au développement et à la mise à l'épreuve de modélisations adaptées à ces approches, mais également de croiser ces approches pour en tirer des enseignements génériques pour la gestion spatiale de l'eau sur la représentation des activités agricoles, la modélisation des processus biophysique, décisionnel et/ou économique, la construction et l'évaluation de scénarios de changement de contexte.

⁶ Même si ce projet n'a pas pour objectif de fournir des outils d'aide à la décision individuelle, il est envisagé de prendre en considération les logiques d'action individuelles

⁷ Selon, Narcy et Mermet (2003) la « gestion spatiale de l'eau » vise à coordonner la gestion de l'eau avec la gestion des espaces qui génèrent ou régulent ces flux. La gestion des activités et des espaces agricoles est donc centrale dans une approche de gestion spatiale de l'eau.

Ces différentes approches incluent (i) la prise en compte de la ressource en eau d'un point de vue quantitatif pour répondre à des problèmes de pénurie ou d'un point de vue qualitatif pour répondre à des problèmes de pollution (ii) la considération des besoins du gestionnaire de la ressource en eau, acteur unique au niveau du territoire, des agriculteurs, qui peuvent être considérés à la fois comme des utilisateurs multiples de la ressource pour un même usage (l'usage agricole) et comme des producteurs d'eau au niveau d'un bassin versant, ainsi que des autres acteurs et usagers de l'eau sur le territoire.

La recherche n'a pas pour but de gérer l'eau à la place des décideurs, mais simplement de leur fournir des moyens pour mieux anticiper les impacts de leurs choix ou de leurs non-choix (approche "scénarios") ; mesurer l'impact d'évolutions des milieux (changement climatique, pertes de biodiversité, érosion des sols, évolution du paysage par exemple) ; de proposer et d'évaluer des solutions agronomiques, économiques ou organisationnelles alternatives.

Pour cela, la modélisation est un outil privilégié sans être exclusif. Les modèles utilisés sont de formes variées. Des modèles de représentation des processus physiques, des modèles de représentation des pratiques agricoles, des modèles économiques, ou des systèmes multi-agents peuvent être utilisés seuls ou conjointement pour participer aux processus de décision (modélisation d'accompagnement) ou former des modèles dits de "gestion intégrée" qui ont pour but de répondre à des questions comme : « Quelles demandes satisfaire en priorité selon la rentabilité sociale de l'eau dans ses usages? » ; « Quelles source mobiliser en priorité (selon son coût d'accès)? » ; « Quand faut-il faire un nouveau barrage et quand faut-il mieux s'abstenir? » ; « Quand faut-il mobiliser des réservoirs souterrains et quand faut-il plutôt utiliser du superficiel (même s'il faut traiter l'eau de surface)? » ; « Comment gérer les problèmes amont-aval (les usagers amont privent d'eau les usagers aval ou polluent l'eau en aval)? » ; « Comment gérer les risques (pollutions accidentelles, sécheresses, inondations)? » ; « Comment gérer en même temps des volumes d'eau et la qualité de l'eau? » ; « Comment évaluer le coût pour la collectivité de contraintes de débit réservé résultant d'objectifs "écologiques" de protection des milieux? »

Pour une modélisation efficace et une meilleure gestion de l'eau, la recherche doit encore progresser dans plusieurs grands domaines : la représentation des phénomènes et la connaissance des pratiques agricoles à l'échelle régionale, la prise en compte des coordinations entre acteurs dans les modélisations et dans les attendus des modèles, l'intégration des modèles existants en vue d'une utilisation pour l'action.

B. «Etat de l'art»

Traditionnellement, la gestion de la ressource en eau (et les modèles développés à cette fin) a été analysée à un niveau très sectoriel, voir Lilburne et al. (1998) ou Salman et al. (2001). Rosegrant et al. (2000) relevaient déjà le besoin de développement d'approches holistiques permettant d'éviter le problème de la non-coordination de politiques sectorielles spécifiques. Mac Kinney et al. (1999) proposent une revue de la littérature des modèles de gestion intégrée de la ressource en eau à l'échelle du bassin versant. Ils soulignent qu'un des enjeux importants, à la fois en terme de recherche et de développement d'outils pour aider à la gestion de la ressource en eau, est la caractéristique multidimensionnelle des politiques de l'eau dans de telles approches. La multidimensionnalité reflète les interactions entre les activités humaines, leur impact sur les écosystèmes et les rétroactions qui en résultent. Il n'existe à notre connaissance que très peu de modèles de gestion intégrée de la ressource en eau (modélisation spatialisée et dynamique du système d'offre en eau et du système de demande) à l'échelle du bassin versant. Cela s'explique par plusieurs raisons. D'abord, les modèles de gestion intégrée de la ressource en eau nécessitent une approche multidisciplinaire, agronomie/économie/hydrologie (exemple du modèle CALVIN pour la Californie – Université de Davis (Draper et al. 2003). Ensuite, ces modèles nécessitent beaucoup d'information, informations qui peuvent être dans certains cas difficile à collecter.

Pour prendre en compte les activités humaines et leurs interactions, les modèles pour l'aide à la décision reposent sur des hypothèses qui concernent la rationalité des décideurs et les solutions possibles (Attonaty et al., 1991). On distingue (i) des modèles supposant la rationalité complète des décideurs et fondés sur la recherche de solutions optimales, et (ii) des modèles ne faisant aucune hypothèse sur cette rationalité et proposant des solutions « adaptées ».

La première approche a été utilisée pour des problèmes régionaux, par exemple pour montrer les conséquences possibles de nouveaux équipements comme des barrages (Rieu, 1994). On a utilisé la programmation linéaire, approches économiques telles que la théorie des jeux (Cahuc, 1988 ; Choumette et Colard, 2001). Les modèles de théorie des jeux fournissent des modèles valides au niveau économique et dans différentes situations sociales avec peu d'acteurs.

Dans la seconde approche, le processus de raisonnement des choix est au centre de l'aide à la décision (Bourgine et Lemoigne, 1990). Les Systèmes Interactifs d'Aide à la Décision (SIAD) intéressent des décideurs individuels. Ils mettent l'accent sur le processus de raisonnement des choix et l'évaluation de leurs conséquences. Ils ont pour objectif d' « amplifier le raisonnement du décideur sur la base de ses propres représentations » (Courbon, 1993). Ces systèmes ont une place privilégiée lorsque les problèmes sont peu,

voire non structurés (Stabell, 1988 ; Lévine et Pomerol, 1989, Attonaty et al., 1999). D'autres visent à aider des groupes de décideurs soit pour faire émerger une solution commune (*Group Decision Support System* ; Jelassi et Beauclair, 1987), soit pour aider la négociation (*Negotiation Decision Support System* ; Hahn and M. Jarke, 1991 ; Sebenius, 1992 ; Bui, 1994 ; Bui et Shakun, 1995 ; Chang et Han, 1995 ; Espinasse et al., 1997 ; Kersten, 1998). Pour la gestion de ressources en eau par exemple, Hämäläinen *et al.* (2001) ont mis en œuvre cette approche pour tester la politique de gestion sur un lac et une rivière en Finlande. Les décideurs participent au processus, de la phase de structuration du problème à la phase de consensus entre décideurs. Depuis quelques années dans le domaine de la gestion des ressources, on observe le développement de jeux pour mettre les experts en situation 'virtuelle' de choix stratégiques. On distingue différentes catégories de jeu (Piveteau, 1996 ; Gaudé, 2003). Les *jeux de simulation* sont construits autour d'un modèle dynamique du système de référence généralement élaboré. La simulation rend compte des effets qui résultent de l'interaction de nombreuses règles. Ce type de jeu permet (i) de tenir un ou plusieurs rôles, définis par des objectifs précis et des comportements spécifiques, (ii) d'évaluer le résultat des différents choix sous une forme comptable. Les *jeux de rôles* ont une portée plus sociale.

La représentation du système fait appel à différentes catégories de modèles : modèles de croissance des cultures (Whilser et al., 1986; Baker, 1996; Boote et al., 1996), modèles de simulation des décisions (Attonaty et al., 1999 ; Bergez et al., 2001 ; Meynard et al., 2001 ; Cros et al., 2004) , modèles de transfert des solutés, etc...

Parmi les nombreux modèles de pollution diffuse d'origine agricole (PDOA) existants, certains sont spatiaux, c'est à dire qu'ils calculent les processus de production et de transfert de polluant pour chaque unité spatiale définie dans le système étudié (bassin versant agricole, essentiellement), mais parmi eux, très peu prennent en compte explicitement la topologie du transfert du polluant depuis son émission jusqu'au cours d'eau (Hartkamp et al., 1999, Durand, 2006). De ce fait, ils sont peu sensibles à la structure du paysage et à la localisation des activités dans le paysage. Pour qu'un modèle de PDOA soit donc utile à l'étude, mais aussi à l'aide à la conception de méthodes de rémediation s'inscrivant dans une perspective de développement durable, il faut donc qu'il puisse prendre en compte ces interaction spatiales. Mais ce n'est pas suffisant, car les quelques modèles qui le permettent sont souvent très complexes, très lourds de mise en œuvre et leur capacité à s'adapter aux données disponibles, à simuler des scénarios proposés par les acteurs locaux et à fournir des réponses assimilables par ces mêmes acteurs est souvent limitée (Houet et Hubert-Moy, 2006 ; Tissot et al., 2005). Leur logique, et par là, les évaluations obtenues par ces modèles, peuvent ainsi être non compréhensibles et assimilables par les acteurs (Cordier et al., 2005). C'est pourquoi l'UMR SAS, DREAM et le COSTEL se sont engagés depuis plusieurs années à développer un modèle de transfert de nitrates (TNT2) et un modèle pesticide (projet SACADEAU) tentant de satisfaire à ces exigences. Ces modèles sont à des degrés différents de développement : le modèle SACADEAU (Tortrat et al., 2004) couple un modèle décisionnel décrivant les modes de décision des exploitants (semis, désherbage) et un modèle biophysique concernant le transfert de polluant par ruissellement et lessivage. Le modèle TNT2, récemment utilisé dans le cadre de l'évaluation du programme régional BEP (Bretagne Eau Pure) de reconquête de la qualité des eaux (Durand et al., 2006) a permis l'évaluation de l'effet des changements de pratiques durant la durée du contrat de bassin sur l'évolution de la qualité de l'eau, et l'étude de différents scénarios pour répondre aux objectifs DCE à l'horizon 2015. Toutefois, cette expérience a mis en lumière les voies de progrès nécessaires sur les plans de la lourdeur de mise en œuvre, de la diversité et complexité des scénarios étudiés, et de difficulté d'interprétation des résultats.

C. Résultats attendus

Les résultats attendus sont détaillés plus loin par WP. Ils concernent

- ☞ la production d'outils et de méthodes pour la gestion de l'eau: modèle d'allocation optimale de la ressource en eau, modèles de transfert des polluants, jeu de simulation intégrant différents modèles de processus en interaction
- ☞ la production de résultats d'évaluation : scénarios d'agrosystèmes en conditions de polyculture élevage (Bretagne) et en condition de grandes cultures (Gascogne), systèmes de tarification de l'eau, allocations optimales de la ressource d'un bassin sous différentes conditions d'évolution du contexte.
- ☞ des apports méthodologiques relatifs aux modèles et aux scénarios
- ☞ des propositions en termes opérationnels

Ils visent à répondre à des questions telles que :

D. Description du projet : étapes, méthodologie, outils, données, terrains...

Ce projet comprend :

- ☞ Le développement et d'implémentation de modèles mathématiques dans le but de contribuer à une meilleure planification des ressources en eau dans les zones critiques, que ce soit d'un point de vue quantitatif et/ou qualitatif;

- ☞ La construction de scénarios portant sur des changements du contexte agronomique (en particuliers changement des systèmes de culture et de la configuration spatiale des agrosystèmes) ou sur des changements du contexte économique ou réglementaire.
- ☞ L'évaluation de ces scénarios par utilisation des modèles mathématiques évoqués plus haut.

Ces 3 types de travaux sont conduits sur plusieurs sites, avec des partenaires locaux et selon les problèmes que pose la gestion de la ressource en eau. Les problèmes de pénurie et de partage de la ressource (aspects quantitatifs dans lesquels l'irrigation tient une place importante) seront abordés dans le Sud-Ouest de la France (Gascogne) et dans le Sud-Est (Val de Drôme). Dans ce dernier cas, les questions de diversification de l'agriculture irriguée et de pluriactivité sont clairement posées pour le maintien des petites exploitations. Les problèmes de pollution des eaux par l'agriculture (aspects qualitatifs) seront abordés principalement en Bretagne, mais également en Gascogne.

Bien que la plupart des travaux proposés dans ce projet impliquent des collaborations avec des partenaires de terrains, on peut néanmoins distinguer deux types de postures de recherche complémentaires, qui sont à l'origine de l'organisation de ce projet en 4 WP. La première posture correspond à un ensemble de travaux qui visent à développer des méthodes et outils pouvant être utiles dans une démarche prospective de gestion spatiale de l'eau. Ils concernent deux problèmes principaux: le partage de l'eau au sein d'un bassin versant irrigué (WP1) et la remédiation de la pollution de l'eau par les nitrates et pesticides au sein de petits bassins versants (WP2). Ces travaux sont conduits en mobilisant des partenaires ciblés, pour d'une part développer, implémenter et valider les modèles, et d'autre part, construire et évaluer des scénarios pertinents vis-à-vis d'une gestion spatiale de l'eau. Une deuxième posture de recherche met en oeuvre, dès l'origine, les 3 types de travaux (développement et d'implémentation de modèles, construction de scénarios et évaluation de ces scénarios) dans le cadre d'un dispositif collectif qui rassemble différents types d'acteurs ayant un objectif commun de gestion des ressources en eau et des activités agricoles (voire économiques) au sein d'un territoire défini (se superposant ou non à un bassin versant). Ce type de posture, conduit avec deux dispositifs collectifs (WP3), suppose de représenter les diverses interactions du système en présence: interactions entre les différentes composantes du système biophysique, interactions entre acteurs/usagers et interactions entre le système biophysique et les usages. Une possibilité pour cela est de mobiliser des modèles déjà développés.

La complémentarité entre les deux postures décrites réside d'une part dans la mobilisation par le WP3, de modèles développés et la validé par les WP1 et 2, qui ont une approche plus partielle des problèmes à traiter, et d'autre part, dans la possibilité de voir émerger d'une démarche en dispositif collectif, de nouvelles questions ou contraintes pour la conception et le développement de modèles (effet retour). Cette complémentarité entre les deux types d'approche sera au cœur du WP4 qui vise à traiter des questions génériques et méthodologiques transversales aux sites d'études et aux problèmes de ressource en eau, et à alimenter et enrichir par des modèles adaptés, la démarche participative du WP3.

E. Organisation et conduite du projet :

E1. Organisation générale du projet

WP0 – Coordination administrative et financière du projet

Responsable : Delphine Leenhardt
Equipe impliquée: ARCHE

L'objectif de ce WP est d'assurer la coordination administrative et financière du projet et d'apporter un support technique à la coordination scientifique via la mise en place d'une plate-forme de communication internet pour le projet.

WP1 - Gestion intégrée des ressources en eau à l'échelle d'un **bassin versant**. Application au système Neste

Responsable :Arnaud Reynaud, CR1 au LERNA (Laboratoire d'Economie des Ressources Naturelles)

Equipes impliquées et principaux participants

LERNA : Arnaud Reynaud, Jean-Pierre Amigues et Alban Thomas

Sous-traitant : Compagnie d'Aménagement des Coteaux de Gascogne (CACG)

ARCHE :Delphine Leenhardt, Jacques-Eric Bergez, Philippe Debaeke, Eric Justes, un thésard

GEAU : Jean-Philippe Terreaux

Sous-traitant : Office international de l'Eau (OIEAU)

LAMETA : Tiball Mabel

L'objectif du WP1 est de construire et implémenter *un modèle générique de gestion intégrée de la ressource en eau à l'échelle du bassin versant* permettant d'optimiser et de simuler différents scénarios (climatiques, de politiques économiques, agronomiques). L'accent est bien entendu mis sur l'utilisation agricole de la ressource en eau mais les autres usages sont également modélisés, sous la forme de fonctions de demande (usage domestique et industrielle) ou sous contraintes (usage environnemental). Cette tâche se situe à l'intersection de plusieurs disciplines : économie (modèle opérationnel d'allocation d'une ressource rare entre usages concurrentiels), agronomie (caractérisation des systèmes de culture par régions agricoles, adaptation et paramétrisation d'un outil de simulation agronomique basé sur le modèle de culture STICS) et hydrologie (modélisation simplifiée d'un réseau hydrographique⁸). La durabilité de l'agriculture est prise en compte dans le sens où l'on considère l'usage agricole de l'eau comme une composante, certes importante, d'un système plus complexe intégrant les autres usages.

Un modèle multi-usage dynamique d'allocation de la ressource en eau entre régions agricoles et non-agricoles concurrentes sera développé en partenariat avec le gestionnaire de la ressource en eau d'une des zones concernées (Compagnie d'Aménagement des Coteaux de Gascogne, CACG). Les problématiques que l'on va en particulier étudier s'articulent autour des questions suivantes : Les modèles de gestion intégrée peuvent-ils aider le gestionnaire à mieux gérer la ressource en eau? Comment répartir de manière optimale une ressource rare entre usages concurrentiels dans un bassin versant? Comment simuler des scénarios économiques (réforme de la PAC, choc exogènes sur les prix) ou agronomiques (introduction de nouveaux systèmes de culture) dans des modèles de gestion intégrée de la ressource en eau. Quel est le coût imposé par les débits objectif d'étiage pour l'agriculture et pour les autres usagers?

L'organisation de ce WP en sous-tâches est décrite dans le tableau 1 qui présente également la participation des équipes et la production de livrable.

Tableau 1 : Organisation du WP1 en sous-tâches, articulation du travail entre équipes, présentation des livrables prévus.

1.1. Construction du modèle conceptuel de gestion intégrée de la ressource en eau	1.2 Calibrage du modèle empirique sur le système Neste	1.3 Optimisation du système	1.4 Tests de scénarios
a) Revue de la littérature sur les modèles de gestion intégrée de la ressource en eau. <i>Equipe</i> : LERNA. <i>Délivrable</i> : D1	a) Développement d'un modèle hydraulique simplifié du Système Neste <i>Equipe</i> : LERNA avec CACG <i>Délivrable</i> : D3	a) Optimum libre <i>Equipes</i> : LERNA, ARCHE. <i>Délivrable</i> : D5	Production et test de scénarios climatiques, agronomiques et économiques <i>Equipe</i> : LERNA. <i>Délivrable</i> : D7a
b) Discussion des choix techniques de modélisation <i>Equipe</i> : LERNA, MAGE <i>Délivrable</i> : D2 .	b) Identification (dans l'espace et dans le temps) des régions de demande en eau pour les différents usages (alimentation en eau potable, industrie, agriculture et environnement)	b) Tests de sensibilité du modèle empirique	<i>Equipes</i> : ARCHE <i>Délivrable</i> : D7b
	c) Mesure de la valorisation de l'eau dans chaque région de demande agricole. <i>Equipes</i> : LERNA, ARCHE. <i>Délivrable</i> : D4a <i>Equipes</i> : ARCHE <i>Délivrable</i> : D4b <i>Equipes</i> : LERNA, ARCHE. <i>Délivrable</i> : D4c	c) Mise en œuvre de l'optimum <i>Equipes</i> : LAMETA et GEAU2. <i>Délivrable</i> : D6	<i>Equipes</i> : LERNA, LAMETA et GEAU2. <i>Délivrable</i> : D7c <i>Equipes</i> : ARCHE, LERNA, LAMETA et GEAU.

⁸ Cette compétence a été acquise par le responsable du WP lors d'un séjour post-doctoral à l'Université de Davis (Californie)

	<p>d) Mesure de la valorisation pour les usages autres qu'agricole de l'eau dans chaque région.</p> <p><i>Equipe</i> : LERNA <i>Délivrable</i> : D4d</p>	<p><i>Délivrable</i> : D7d</p>
--	---	---------------------------------------

Liste des délivrables

- D1** *Revue de la littérature sur les modèles multi-usage de gestion intégrée de la ressource à l'échelle des bassins versants.*
- D2** *Maquette conceptuelle d'un modèle de gestion intégrés multi-usage de la ressource en eau à l'échelle du bassin versant.*
- D3** *Modèle hydraulique simplifié du système Neste.*
- D4a** *Caractérisation agronomique et économique des régions de demande en eau agricole du système Neste.*
- D4b** *Production d'un jeu de paramètres du modèle STICS pour les grandes cultures dans les conditions du Sud-ouest de la France.*
- D4c** *Fonctions de valorisation de l'eau pour chaque région de demande agricole en eau.*
- D4d** *Fonctions de valorisation de l'eau dans les usages autres qu'agricole pour chaque région de demande en eau.*
- D5** *Caractérisation de l'optimum et analyse de sensibilité.*
- D6** *Analyse théorique de système de tarification adaptative de la ressource en eau.*
- D7a** *Production de scénarios climatiques.*
- D7b** *Production de scénarios agronomiques.*
- D7c** *Production de scénarios économiques.*
- D7d** *Tests des scénarios à l'échelle du bassin versant.*

Résultats attendus

En terme scientifique, un premier résultat important de ce WP sera le modèle conceptuel générique de gestion intégrée de la ressource en eau à l'échelle du bassin versant. La durabilité de l'agriculture est prise en compte dans le sens où l'on considère l'usage agricole de l'eau comme une composante d'un système plus complexe intégrant les autres usages. Des résultats sont également attendus sur les niveaux de valorisation de la ressource en eau dans ses différents usages. Si la valeur de l'eau dans l'usage agricole commence à être relativement bien connue, les résultats compléteront le corpus scientifique existant pour les usages résidentiels, industriels et environnementaux. En terme plus appliqué, les résultats attendus participent pleinement à la contribution de l'agriculture aux objectifs de développement durable, puisqu'ils permettront un meilleur respect des débits d'étiage et en conséquence de l'environnement, et qu'ils conduiront à une meilleure valorisation économique de la ressource en eau, accompagnant le développement agricole dans les périmètres concernés.

Coordinations prévues avec d'autres programmes ou projets de recherche, notamment ADD (appels 2005 ou 2006).

L'élaboration de scénarios agronomiques, en particulier relatifs à des systèmes de culture innovants, s'appuiera sur les travaux conduits dans le cadre du projet ADD2005 DISCOTECH.

Dans le cadre des travaux sur la tarification adaptative, des synergies existent avec

- 1) un contrat de coopération internationale France Israël (Ministère des affaires étrangères et Ministère chargé de la Recherche en France) . Les compétences des partenaires Israéliens en théorie des jeux pourront être mises en valeur dans le cadre de ce projet ADD.
- 2) le projet Eau et Territoire (Cemagref) : Valorisation des compétences du TR Getirri (Cemagref) pour estimer la « courbe de réponse à l'eau » agronomique de certaines cultures.

WP2 - Remédiation des pollutions diffuses à l'échelle de petits bassins versants

Responsable :Patrick Durand, CR1 à SAS (UMR Sol Agronomie Spatialisation)

Equipes impliquées et principaux participants

SAS: P. Durand, C. Gascuel, J. Salmon-Monviola.

IRISA : Marie Odile Cordier, Ronan Trepos, Véronique Masson.

LETG :Laurence Hubert Moy, Samuel Corgne, Cyril Tissot

INRA : Eric Justes

Partenaires

ECOFON : José Sanchez-Pérez, Jean-Luc Probst, Guillaume Jégo (doctorant) et Férand (doctorant)

L'objectif de ce projet est de développer des outils de modélisation dédiés au test de scénarios spatiaux de remédiation de la pollution diffuse d'origine agricole (PDOA) dans les petits bassins versants et portion de plaine alluviale, afin d'orienter les actions collectives à cette échelle.

A l'échelle d'un petit bassin versant, la structure du paysage et la localisation des activités agricoles sont essentiels pour évaluer les temps de transfert des polluants diffus et leur éventuel piégeage dans des zones tampons naturelles ou intentionnellement implantées (Haag et Kaupenjohann, 2001, Durand, 2006). Ces deux points sont très importants dans les stratégies de reconquête de la qualité de l'eau dans les agrosystèmes très affectés par la PDOA, qui sont directement confrontés à la nécessité de replacer l'agriculture dans une perspective de développement durable. D'une part, tant les mesures réglementaires que les programmes d'actions locaux mettent en avant la restauration d'une mosaïque paysagère propice à l'auto-épuration (bandes enherbées, zones humides, bocage...), et on est là au cœur du problème de la multifonctionnalité de l'agriculture. D'autre part, là où une remédiation a été engagée, le temps de réponse des systèmes est un point clé pour la définition d'objectifs à long terme, l'évaluation de l'efficacité des solutions adoptées pour la remédiation et le maintien de la motivation des acteurs. Le temps de réponse nécessite également de pouvoir simuler le couplage entre quantité d'eau (flux d'eau et notamment l'infiltration profonde et les écoulements latéraux) et de solutés (quantité d'azote nitrique lixiviée et de pesticides lessivés) pour simuler correctement la qualité de l'eau (teneur en nitrate et de pesticides). Les modèles qui seront utilisés permettent d'accéder à ces flux et concentrations.

Le projet comporte trois tâches :

Tâche 2.1 : finalisation du modèle SACADEAU dans ses aspects d'outil d'aide à la décision.

L'objectif du projet SACADEAU est de s'appuyer sur un modèle de transfert de pesticides (Tortrat et al., 2004) pour développer un outil d'aide à la décision utile au gestionnaire du bassin versant et fondé sur les mécanismes décisionnels et biophysiques connus.

Il s'agit d'une part de définir un langage approprié de description des scénarios et de permettre un accès interactif et simple à la simulation du modèle existant. En particulier le choix des paramètres et des variables d'entrée sera effectué en fonction des critères d'accessibilité, de pertinence, de perception par les acteurs de terrain. De même, des représentations des sorties des simulations orientées vers la prise de décision et adaptées aux différents types d'utilisateur seront proposées. La visualisation des sorties tirera profit des concepts utilisés pour modéliser le transfert tels que l'arbre d'exutoires et le graphe de parcelles utilisés pour la représentation du ruissellement sur le bassin versant, ainsi que l'indice topographique visualisant notamment la profondeur de la nappe dans les fonds de vallée, utilisé pour la représentation des transferts par la nappe.

Il s'agit d'autre part de continuer les travaux entrepris (thèse de R. Trepos) sur l'apprentissage automatique de connaissances par analyse et généralisation des résultats des simulations et sur la génération des recommandations d'actions et de règles de décision adaptées à des situations spécifiques. Ces deux derniers points s'appuient sur des travaux en intelligence artificielle dans le domaine de l'apprentissage automatique et de l'aide à la décision. Le site d'expérimentation est le Bv du Frémur (Morbihan).

Tâche 2.2 : élargissement des capacités de TNT2 à d'autres milieux et pour la simulation de scénarios.

TNT2 a été utilisé et évalué en contexte breton. Pour évaluer ses capacités prédictives sur d'autres types de bassins versants, avec d'autres systèmes de culture et sous d'autres pédoclimats, un travail d'évaluation a été entrepris en Gascogne sur le bassin versant d'Auradé (32). A la suite de cette évaluation, il est prévu d'utiliser TNT2 pour simuler l'impact de différents systèmes de culture sur la teneur en nitrates à l'exutoire du bassin versant.

En Bretagne, l'évaluation de TNT2 par Bretagne Eau Pure (BEP) a fait émerger un certain nombre d'insuffisances et de lourdeurs d'utilisation du modèle limitant sa capacité de réponse aux questions des acteurs ou des décideurs : difficulté de traduction directe des indicateurs agri-environnementaux suivis sur le terrain en intrants dans le modèle ; mauvais paramétrage de certaines cultures ; lourdeur d'implémentation de certains scénarios de changements de pratiques. Ces points seront améliorés en concertation avec les fournisseurs de données (gestionnaires de bassin et SRSA notamment) et les utilisateurs des résultats. Ainsi, les successions culturales et les pratiques agricoles seront déterminées avec précision à partir d'images de télédétection à très haute résolution spatiale (Hubert-Moy *et al.*, 2005), d'un ordre métrique, et avec une meilleure répétitivité, ce qui permettra de tester la sensibilité du modèle vis-à-vis de la précision des données d'entrée. A partir de la connaissance des successions culturales et des dynamiques des structures paysagères passées, des simulations prédictives et/ou prospectives de l'usage des terres pourront être effectuées et couplées à TNT2 (Corgne et al., 2003). Sites : bv du Frémur (Morbihan) et du Yar (Côtes d'Armor).

Tâche 2.3 : harmonisation des deux approches TNT2 et SACADEAU afin de permettre des approches multi-polluants des stratégies de reconquête de la qualité des eaux. L'accent sera mis en particulier sur l'adaptation des méthodes d'apprentissage et de médiatisation des sorties développées dans SACADEAU à TNT2.

Tâche 2.4 : couplage externe de TNT2 avec un modèle hydrologique (MARTHE ou MODFLOW) d'écoulement souterrain de l'eau (et de solutés) et prise en compte du battement de la nappe pour simuler le fonctionnement hydraulique en zone de nappe alluviale.

Pour mieux comprendre et pour pouvoir prédire la qualité nitrique des eaux souterraines de nombreux modèles de transferts et de transformation de l'azote ont été développés. Les modèles de cultures permettent de simuler les flux de nitrate sous la zone racinaire comme DAISY, STICS (Brisson et al., 1998 ;2003), SLIM, SOILN, ou encore WAVE,...), Les modèles hydrologiques permettent de simuler les flux d'eau et parfois les flux de solutés associés dans la zone saturée MARTHE (Sauvage et al., 2003), TOPMODEL, MIKE SHE, Le couplage entre ces deux types de modèles permet de modéliser les flux d'azotes des horizons de surface jusque dans la zone saturée, et ainsi de prendre en compte la variabilité spatiale et temporelle des fuites de nitrates sous la zone racinaire. Un certain nombre de ces couplages entre ont été réalisés : TOPMODEL/SLIM (Van Herpe et al., 1998), MIKE SHE/DAISY (Refsgaard et al., 1999), TNT2 (couplage TOPMODEL/STICS et ajouts de spécificités) (Beaujouan et al., 2002). Mais aucun des modules hydrogéologiques de ces couplages ne permet de prendre en compte l'hydrologie particulière d'une plaine alluviale.

L'objectif de cette tâche est de réaliser une couplage externe (dans un premier temps) entre un modèle de culture et un modèle hydrogéologique capable de simuler les flux d'eau et de solutés dans une plaine alluviale qui permette de prendre en compte i) la variabilité spatiale et temporelle des fuites de nitrates vers les eaux souterraines, ii) le battement de la nappe à proximité du cours d'eau, ainsi que iii) les processus de dénitrification. Nous partirons de la structure du modèle TNT2 afin de bénéficier de ces avancées et nous réaliserons un couplage avec le modèle de circulation de l'eau souterraine MARTHE en prenant les modules nécessaires et suffisant et en apportant des spécificités permettant le battement de la nappe et l'interaction avec le fonctionnement du sol (module de STICS).

Pour valider et tester le modèle couplé, le site de Monbéqui dans la plaine alluviale de la Garonne sera utilisé (environ 50 km en aval de Toulouse),

Tâche 2.1 : finalisation du modèle SACADEAU dans ses aspects d'outil d'aide à la décision.		2.2 : élargissement des capacités de TNT2 à d'autres milieux et pour la simulation de scénarios		2.3 : harmo
a) Test du modèle. Identification des variables majeures, des interactions entre activités agricoles et des conditions de milieux. <i>Equipe</i> : SAS, IRISA <i>Délivrable</i> : D1	élargissement des capacités de TNT2 à d'autres milieux <i>Equipe</i> : SAS, ARCHE,	Elaboration de scénario couplant azote et herbicide. Analyse de ces scénarios pour la remédiation des pollutions diffuses et les usages autres qu'agricole. <i>Equipes</i> :SAS, COSTEL <i>Délivrable</i> : D5	Prototype du modèle couplé spatialement distribué <i>Equipes</i> : ARCHE et SAS <i>Délivrable</i> : D7	
b) Outil d'aide à la décision fondé sur des méthodes d'apprentissage automatiques de relations entre variables d'entrée et sortie issues d'un modèle de simulation <i>Equipe</i> : SAS, IRISA <i>Délivrable</i> : D2 .	Elargissement des possibilité de TNT2 -fonctionnement des structures tampons (haies, bandes enherbées) -paramétrisation de plantes utilisées en CIPAN et de légumes de plein champ -amélioration du module prairie <i>Equipe</i> : SAS <i>Délivrable</i> : D3	Analyses de sensibilité des modèles à ces scénarios <i>Equipes</i> :SAS, COSTEL <i>Délivrable</i> : D5	Evaluation du modèle couplé sur le site de Monbéqui <i>Equipes</i> : ECOFON et ARCHE <i>Délivrable</i> : D8	

	<p>c) développement de l'interface SIG/TNT pour la spatialisation des rotations et la construction de scénarios.</p> <p><i>Equipe : SAS, COSTEL</i> Délivrable : D4.</p>	<p>c) Adaptation des méthodes d'apprentissage et de médiatisation des sorties développées dans SACADEAU à TNT2.</p> <p><i>Equipes : SAS, IRISA</i> Délivrable : D6</p>	<p>Simulation de scénarios de système de culture pour réduire la pollution nitrique</p> <p><i>Equipes : ECOFON et ARCHE</i> Délivrable : D9</p>
<p>Liste des livrables</p> <p>D1 Test du modèle SACADEAU complétée et opérationnelle (module transfert et représentation des décisions). Identification des interactions par Application du modèle SACADEAU au bv du Frémeur. Calibration et résultats (publication).</p> <p>D2 Elaboration de l'outil d'aide à la décision fondé sur un langage de scénario et sur l'apprentissage de relations entre les variables d'entrée et de sortie d'un modèle de simulation.(publication)</p> <p>D3 nouvelle version de TNT2 pour prendre en compte des structures paysagères et des occupations du sol</p> <p>D4 chaîne intégrée de traitement des données d'entrée spatialisée : scènes satellite-bd agro-SIG.</p> <p>D5 règles de paramétrisation des modèles spatialisés.</p> <p>D6 relations entre scénarios de pratiques, gestion de l'espace et qualité des eaux en nitrates et pesticides .</p>			

Résultats attendus

Les résultats attendus sont, essentiellement :

- une opérationnalité accrue des outils de modélisation développés et un élargissement thématique et géographique de leurs applications ;
- la recherche de méthodes pour faire le lien entre scénario et qualité des eaux, en utilisant les modèles comme un moyen d'explorer de nombreuses variantes du milieu et des pratiques agricoles, et en dégagant, à partir de ces entrées et sorties de modèles, des règles générales selon des formulations adaptées aux acteurs locaux, utilisant les méthodes d'apprentissage automatique

Coordinations prévues avec d'autres programmes ou projets de recherche, notamment ADD (appels 2005 ou 2006).

- Programme ECOGER « Relations entre structures paysagères, transferts hydriques et flux géochimiques, état écologique des milieux aquatiques (Acronyme : PAPIER : Paysages Agricoles, flux de Polluants, Impact Ecologique en Rivière) » porteur scientifique : Bernard Montuelle (Cemagref Lyon)
- Programme ADD SPADD porteur scientifique : Philippe Leterme (UMR SAS INRA Rennes) soumis 2006
- Programme ADD COPT, porteur scientifique : Marc Benoît (INRA-SAD Mirecourt) : L'équipe COSTEL est une des équipes partenaires de ce projet
- Programme ORFEO-Pléiades du CNES, projet « Haute Résolution et assimilation : étude de l'amélioration de la prévision de la pollution des eaux par assimilation de données Pléiades HR », porteurs scientifiques : L. Hubert-Moy (COSTEL) et S. Le Hégarat-Masclé (CETP/ UMR 8639) [2004- 2007]
- Programme ECOBAG porteur scientifique : José Sanchez-Pérez et Jean-Luc Probst (UMR ECOFON UPS-CNRS-ENSAT Toulouse)

WP3 - Modélisation participative et jeu de simulation pour une gestion collective des ressources à l'échelle du territoire

Responsables : Philippe Le Grusse (CIHEAM) et Jean-Christophe Poussin (IRD)
Equipe impliquée : G-Eau

Ce WP s'inscrit dans une démarche participative de gestion intégrée de la ressource en eau. L'objectif est (i) de construire avec les acteurs locaux une représentation du système dans lequel ils agissent (représentation des différents usages/usagers, des interactions entre action et milieu d'une part et entre usagers d'autre part), et (ii) d'utiliser cette représentation pour faciliter un consensus dont l'enjeu est de partager au mieux

une ressource renouvelable limitée et de déterminer les règles d'accès à cette ressource pour les différents utilisateurs. La finalité du travail proposé est de contribuer à aider les décideurs locaux ou régionaux à élaborer des scénarios raisonnés pour définir des stratégies de gestion intégrée et durable de l'eau.

L'approche mobilisée utilise le jeu au sens de « jeu de simulation », afin d'orienter des choix de gestion dans le domaine environnemental. Les séances de jeu doivent permettre aux participants (i) de comprendre le modèle et ainsi de comprendre les différentes simulations proposées (le plus souvent sous formes spatialisées), (ii) de discuter des résultats obtenus, (iii) de tester différents scénarios d'évolution du système. Dans le domaine agricole, nous avons déjà développé une plateforme de jeu de simulation agro-économique baptisée NECC (Négociation et Evaluation des Choix Collectifs ; Le Bars et al., 2004) autour du SIAD Olympe (Le Bars et al., 2005). Cette plateforme de jeu a pour objectif de mettre des groupes d'acteurs en situation de gestion de systèmes de production agricole (i) dans un territoire avec des ressources limitées et (ii) face à des marchés en évolution.

Le jeu de simulation se fonde sur un modèle régional représentant le fonctionnement du système à l'échelle du territoire aux plans économiques, techniques et environnementaux. Ce modèle régional associe donc des modèles bio-physiques, notamment hydrologiques, et technico-économiques. Les activités agricoles à l'échelle régionale peuvent être vues comme la somme des activités des exploitations agricoles. Des typologies d'exploitations agricoles et de leurs activités (Andreoli & Tellarini [1]; Köbrich *et al.* [5]; Maton *et al.* [10]) permettent de représenter la région comme une somme pondérée d'exploitations types, et chaque type d'exploitation comme la somme pondérée d'ateliers de production types. La représentation technico-économique des activités de production peut utiliser des modèles agronomiques simples pour l'évaluation de ces quantités consommées et/ou produites. Ces inputs et outputs peuvent avoir des prix, ce qui permet de calculer une marge brute unitaire pour chaque atelier de production. Les quantités d'inputs et d'outputs sont ensuite agrégées aux échelles exploitation et région. A partir de cette représentation de base, des scénarios d'évolution concernant les propriétés des différents objets (input, output, atelier de production, exploitation, région) peuvent être définis.

La construction participative du jeu de simulation part du principe d'associer les acteurs locaux à toutes les phases du travail. Elle s'appuie sur la mise en place, dès le démarrage de l'étude, d'un « groupe de pilotage » composé des divers représentants des usagers et acteurs locaux. Ce groupe participe à la construction et valide chacune de ses phases. Les simulations permettent d'analyser les conséquences à l'échelle de l'ensemble du territoire de modifications des choix culturels et de pratiques agricoles (Le Grusse et al., 2006). Ces modifications peuvent être issues directement de « réglementations » ou bien constituées des réactions des agriculteurs suite à la mise en place de nouvelles « réglementations » afin, notamment, de maintenir leurs revenus. Les séances de jeu de simulation permettent de révéler ces « réactions » ou comportements, et d'ajuster les réglementations en fonction de ces comportements et de leurs conséquences environnementales. Ce WP3 est constitué de 3 parties, correspondant chacune à une étape de construction de la démarche d'intervention

Sites : Val de Drôme et Lomagne

3.1 Caractérisation	3.2 Modèle régional	3.3 Scénarios de gestion collective
a) Caractérisation agro-économique des exploitations agricoles et des itinéraires techniques. b) Typologie des Systèmes de production. Validation avec le groupe de pilotage c) Caractérisation des ressources et des modes d'accès à l'eau. <i>Equipe</i> : UMR G-EAU. <i>Délivrable</i> : D1	a) Développement d'un modèle simplifié du fonctionnement de l'offre en eau <i>Lomagne</i> <i>Val de Drome</i> <i>Equipe</i> : UMR G-EAU. <i>Délivrable</i> : D2 b) Caractérisation de modèles bio-physiques utilisables pour mesurer les conséquences des usages sur l'évolution des ressources. Choix de modèles et élaboration de modèles pertinents (WP1,WP2) <i>Equipe</i> : UMR G-EAU et autres équipes. <i>Délivrable</i> : D3	a) Développement d'un jeu de simulation à partir du modèle régional <i>Equipe</i> : UMR G-EAU. <i>Délivrable</i> : D6a b) Réalisation de séances de simulation participatives. Analyse des résultats et proposition de règles collectives <i>Equipe</i> : UMR G-EAU <i>Délivrable</i> : D6b c) Tests approfondis des règles

	<p>c) Construction des modèles agro-économiques sur la base des typologies d'exploitations, des ateliers de production, de la représentation du système physique et des résultats des modèles biophysiques. Validation et tests de sensibilité</p> <p><i>Equipe</i> : UMR G-EAU et autres équipes. <i>Délivrable</i> : D4</p> <p>d) Développement de la version 1.00 du logiciel ZonAgri</p> <p><i>Equipe</i> : UMR G-EAU <i>Délivrable</i> : D5</p>	<p>collectives envisagées et comparaison des types de solutions proposées avec des résultats d'optimisation réalisés dans le même contexte (WP1)</p> <p><i>Equipe</i> : UMR G-EAU <i>Délivrable</i> : D7</p>
<p>D8 : Ensemble Méthodologique pour la modélisation participative et l'élaboration de modes de gestion collective des ressources en eau <i>Equipe</i> : UMR G-EAU</p>		
<p>Liste des livrables :</p> <p>D1 Typologie des exploitations et des systèmes de production sur les deux sites. Cahier des charges correspondant</p> <p>D2 Modèle simplifié d'offre en eau appliqué aux deux sites</p> <p>D3 Modélisation biophysique des systèmes de cultures rencontrés et Critères de choix des modèles biophysiques</p> <p>D4 Modélisation agroéconomique élaborée sur le premier site, validée sur le second et modèle générique</p> <p>D5 Logiciel ZonAgri 1.00</p> <p>D6a Jeu de simulation par site</p> <p>D6b Séances de simulation et élaboration de règles de gestion par site</p> <p>D7 Comparaison des règles de gestion obtenues par simulation participative et par optimisation</p> <p>D8 Ensemble Méthodologique pour la modélisation participative et l'élaboration de modes de gestion collective des ressources en eau</p>		

Résultats attendus

Un modèle régional et un jeu de simulation seront élaborés sur chaque site. Ils s'appuieront sur une méthode générique élaborée à partir des environnements de modélisation Olympe (Le Bars *et al.*,2005) et Zonagri (Pouget *et al.* ,2006). Ces modèles régionaux permettront de formaliser les modes de régulations actuels et de les évaluer au plan économique et environnemental. Ces jeux de simulation permettront de concevoir et tester de nouveaux modes de régulations issus de compromis entre les divers usagers.

Modalités d'interaction avec les autres WP et coordination avec d'autres programmes de recherche

Appui des équipes des WP1 et WP2 pour l'implémentation de modèles bio-physiques pour la construction des modèles régionaux.

Interactions spécifiques avec le WP 1 pour comparer des résultats d'allocation « optimale » avec des résultats d'allocation « négociée ».

Ce WP au travers de l'UMR G-EAU pourra bénéficier d'échanges méthodologiques sur la construction et la structuration d'informations sur les pratiques agricoles au niveau d'un territoire avec le projet ADD COPT « Conception d'observatoire des pratiques territorialisées ».

La généralité de la démarche proposée s'appuiera sur d'autres travaux réalisés par l'UMR G-EAU sur des sites maghrébins. Pour les aspects relatifs à la construction de modèles régionaux, la démarche est mise en œuvre dans le cadre du projet FSP-SIRMA. Pour l'aspect jeu de simulation, la démarche est mise en œuvre dans le cadre des projets européens WADEMED et AQUASTRESS pour la gestion collective d'une nappe en accès libre en Tunisie centrale.

Il convient aussi d'indiquer que l'équipe G-EAU est impliquée dans un projet Interreg MIP AIS dont le site d'application en France est le Val de Drôme, ce qui favorise l'interaction avec les acteurs de ce terrain.

WP4 – Coordination du projet et Echanges méthodologiques

Responsable : Delphine Leenhardt

Equipes impliquées et principaux participants : tous

L'objectif de ce WP est d'assurer la coordination et l'animation scientifique du projet, de piloter la valorisation des résultats et d'organiser la participation de chercheurs aux séminaires dans le cadre de collaborations extérieures au projet. Pour cela un comité d'organisation sera constitué par au moins un représentant de chaque WP. La composition provisoire (Delphine Leenhardt, Philippe Le Grusse, Arnaud Reynaud, Marie-Odile Cordier) sera finalisée lors de la réunion de démarrage du projet (RD). Celle-ci permettra la prise en main générale du projet, une précision de la composition et des fonctions du comité de pilotage du projet, la définition d'une politique de valorisation des résultats et de suivi et d'encadrement des thésards et CDD impliqués dans le projet. Par la suite 3 séminaires permettront de traiter des 4 thèmes transversaux aux 3 WP, et d'interagir avec d'autres chercheurs, notamment en sciences sociales. Ces séminaires seront ouverts aux partenaires de terrains ainsi qu'à d'autres équipes ou projets qu'il apparaîtrait intéressant d'associer aux échanges, en fonction des propositions qui seront faites par le comité d'organisation⁹. Ces séminaires visent à traiter des questions génériques et méthodologiques transversales aux sites d'études et aux problèmes de ressource en eau et à alimenter et enrichir par des modèles adaptés, la démarche participative du WP3. Chacun des 4 thèmes fera l'objet d'une session lors de chacun des séminaires.

Thème 1 : Complémentarité des modèles pour la gestion de l'eau

Une présentation des différents travaux (envisagés puis réalisés) sur le développement et l'implémentation de modèles sera réalisée. L'accent sera mis sur les questions traitées, les échelles d'approches, les destinataires et les utilisateurs, les processus modélisés, les données mobilisées et mobilisables pour faire tourner ces modèles, leur utilité pour différents objectifs de gestion de l'eau, leur possibilité d'appropriation par les acteurs, leur condition de transférabilité. Au-delà d'une analyse comparée des modèles, on s'attachera à étudier les possibilités de transfert des modèles développés dans les WP1 et WP2 vers le WP 3 pour une valorisation dans l'action collective.

Thème 2 : Articulation entre modèle (représentation théorique) et réalités terrain (biophysiques, économiques, sociales)

Sur la base des travaux menés dans les WP1, 2 et 3 et d'autres travaux, ce thème visera à instruire des questions de représentation des phénomènes dans les modèles, en particulier à l'échelle régionale :

- à quel niveau de finesse représenter les processus et les hétérogénéités spatiales relatives aux conditions de milieux et aux pratiques d'acteurs?
- comment concilier efficacité (il faut un modèle utilisant des données accessibles et manipulables) et réalisme (les prédictions du modèle doivent être assez justes pour générer de bonnes prises de décision)?

La connaissance des pratiques agricoles est essentielle pour la paramétrisation des modèles de processus rendant compte des interactions entre dynamiques de l'eau et pratiques culturales. En l'absence de méthode « photographique » de description de l'hétérogénéité des pratiques au sein d'une région, chaque fois qu'un modèle nécessitant une description des pratiques agricole est utilisé à l'échelle régionale, des méthodes de description et quantification des pratiques sont mobilisées ou développées (typologies notamment). Une analyse de ces méthodes pour représenter la réalité du terrain sera faite, en mettant l'accent sur (i) l'opportunité et les moyens de connaître les pratiques (et la façon d'accéder aux) déterminants des pratiques et (ii) la nécessité de simuler ces pratiques, dans un démarche prospective (par scénarios).

La participation des partenaires de terrain et de chercheurs en sciences sociales, par leur connaissance et analyse des instances de coordination entre acteurs de la gestion de l'eau (Contrats de rivière, SAGE, SDAGE, etc.), et la participation des chercheurs du WP3, par leur expérience de recherche-action, permettront d'apporter un regard critique sur les modèles développés dans les WP1, 2 et 3 :

- les logiques d'acteurs (et notamment les interactions entre agriculteurs et autres acteurs) sont-elles bien représentées / trop simplifiées ?
- les modèles fournissent-ils les informations que les collectifs ont besoin de partager pour prendre des décisions en concertation?
- Les modélisations spatialisées des processus physiques et des pratiques agricoles doivent-elles être intégrées dans des modélisations d'ordre supérieur permettant de mettre en relation des critères d'évaluation agronomiques, techniques, économiques et sociaux ?

La question de la prise en compte de données qualitatives dans des modèles quantitatifs sera également abordée.

Thème 3 : Construction de scénarios en vue d'une action collective efficace

Il s'agira ici de partager les expériences de construction de scénarios menées sur les différents sites d'étude :

scénarios de contexte pédoclimatique, économique ou réglementaire (politiques publiques)

⁹ La participation des chercheurs engagés dans le projet porté par S. Allain et déposé dans le cadre du présent appel d'offre rentre dans ce cadre. Les thèmes abordés dans ce WP4 ont été discutés lors d'une réunion commune aux chercheurs des deux projets.

scénarios, spatialisés ou non, portant sur les systèmes de culture et les agrosystèmes, scénarios co-construits avec les acteurs ou émergeant d'optimisations économiques.

Une analyse, bénéficiant des apports des partenaires de terrain, sera menée sur les conditions de construction de ces scénarios, leur pertinence (au regard des enjeux socio-économiques, en termes juridiques et vis-à-vis des cadres institutionnels de la gestion spatiale de l'eau), leur possibilité d'évaluation par modèles (en particulier la possibilité du passage de discours en scénarios quantifiés et spatialisés), etc.

Thème 4 : Evaluation de scénarios pour aider à la décision des acteurs

Les scénarios envisagés puis évalués seront présentés et feront l'objet de discussion entre les différents chercheurs du projet, mais aussi avec les partenaires et les chercheurs invités. En particulier, on discutera des conséquences en termes opérationnels (agronomiques, économiques, organisationnels, juridiques) qui pourraient être tirées de ces évaluations de scénarios.

Chaque séminaire fera l'objet d'actes qui constitueront les livrables de ce WP (D1, D2, D3). La synthèse des actes de chaque séminaire sera faite, par thème, dans le rapport final du projet (RF).

Liste des livrables	
D1	Acte du séminaire 1.
D2	Acte du séminaire
D3	Acte du séminaire
RF	Rapport final incluant une synthèse de D1, D2 et D3 par thème des séminaires

E2. Contribution de chaque équipe à la mise en œuvre du projet

WP	0	1				2				3			4
		1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	2.3	2.4	3.1	3.2	3.3	
ARCHE	x	x	x	x	x		x		x				x
LERNA		x	x	x	x								x
GEAU				x	x					x	x	x	x
LAMETA				x	x								x
SAS						x	x	x	x				x
IRISA						x		x					x
COSTEL							x	x					x

Les modalités de coordination entre équipes sont indiquées par WP.

E3. Calendrier général du projet

	Année 1				Année 2				Année 3				
	1-3	4-6	7-9	10-12	13-15	16-18	19-21	22-24	25-27	28-30	31-33	33-36	
1.1 livrables	-----				-----								
	D1				D2								
1.2 livrables					-----								
					D3		D4a et D4b		D4c et D4d				
1.3 livrables									-----				
									D5 et D6				
1.4 livrables									-----				
									D7a-d				
2.1 livrables	-----												
	D1				D2								
2.2 livrables	-----												
	D3				D4								
2.3 livrables									-----				
									D5		D6		
2.4 livrables									-----				
									D7		D8		D9
3.1 livrables	Drôme ----- Lomagne -----												
					D1								
3.2 livrables					Drôme ----- Lomagne -----								
					D5		D2,		D4				

		<i>D3</i>			
3.3		Drôme- -----			
		Lomagne -----			
<i>délivrables</i>		<i>D6a</i>	<i>D6b</i>	<i>D7</i>	<i>D8</i>
4					
<i>Réunions</i>	<i>RD</i>	<i>S1</i>	<i>S2</i>	<i>S3</i>	
<i>délivrables</i>		<i>D1</i>	<i>D2</i>	<i>D3</i>	<i>RF</i>

F. Difficultés et risques susceptibles de peser sur la bonne réalisation du projet et moyens prévus pour y parer

Une des principales difficultés réside dans la nécessité d'une collaboration et une interaction continue des chercheurs avec les acteurs locaux. Les différents intervenants sont soumis à des contraintes de temps et des enjeux différents, qui peuvent amener des problèmes de gestion des calendriers de travail.

Les partenaires locaux envisagés dans le WP3 ont déjà participé à des travaux en interaction avec des chercheurs et sont conscients des difficultés à surmonter, du besoin d'investissement en temps et de la volonté de collaboration de tous nécessaire pour réussir ce type d'approche.

Références bibliographiques

- Andreoli M., Tellarini V., " Farm sustainability evaluation: methodology and practice", Agriculture, Ecosystems & Environment, 7 (1-2): (2000), pp 43-52.
- Attonaty J.-M., M.-H. Chatelin, and F. Garcia, 1999. "Interactive simulation modelling in farm decision-making," Computers and Electronics in Agriculture, vol. 22, pp. 157-170.
- Baker, J. M., 1996. Use and abuse of crop simulation models. Agronomy Journal, 88: 689.
- Bergez, J.-E., Debaeke, P., Deumier, J.-M., Lacroix, B., Leenhardt, D., Leroy, P., Wallach, D., 2001. MODERATO: an object-oriented decision tool for designing maize irrigation schedules. Ecological Modelling, 137: 43-60.
- Beaujouan, V., P. Durand, et al. (2002). "A hydrological model dedicated to topography-based simulation of nitrogen transfer and transformation: rationale and application to the geomorphology-denitrification relationship." Hydrological Processes 16(2): 493-507.
- Boote, K. J., Jones, J. W., Pickering, N. B., 1996. Potential uses and limitations of crop models. Agron.J., 88: 704-716.
- Bourgine P. and J.-L. Lemoigne, 1990. "Les bonnes décisions sont-elles optimales ou adéquates ?," presented at XII congrès européen de recherche opérationnelle, Athènes, Grèce., 1990.
- Bui T., 1994. "Evalauting Negotiation Support Systems: A Conceptualization," presented at 27TH Hawaii International Conference on System Science, Maui, Hawaii, 1994.
- Brisson, N., B. Mary, et al. (1998). STICS: a generic model for the simulation of crops and their water and nitrogen balances. I. Theory and parameterization applied to wheat and corn. Agronomie 18(5-6): 311-346.
- Brisson, N., C. Gary, Justes E. et al. (2003). An overview of the crop model STICS. European Journal of Agronomy 18(3-4): 309-332.
- Bui T. and M. F. Shakun, 1995. "Negotiation Processes, Evaluatory Systems Design and NEGOCIATOR," Group Decision and Negotiation, vol. 5, pp. 4-6, 1995.
- Cahuc P., 1988. La nouvelle microéconomie, Repères. La découverte.
- Chang A. M. and T. D. Han, 1995. "Design of an Argumentation-Based Negotiation Support System," in Decentralized A.I. 3, E. Werner and Y. Demazeau, Eds., 1995, pp. 89-198.
- Choumette F. and F. Colard, 2001. "Histoire de la théorie des jeux".
- Cordier, M.O., Frederick Garcia, Chantal Gascuel, Véronique Masson, Jordy Salmon-Monviola, Florent Tortrat, Ronan Trepos : "A machine learning approach for evaluating the impact of land use and management practices on streamwater pollution by pesticides", MODSIM'05 (International Congress on Modelling and Simulation), pp 2651-2657 , 2005.
- Courbon, J.-C. 1993. Systèmes Interactifs d'Aide à la Décision, in Dictionnaire Critique de la Communication PUF.
- Cros, M. J., Duru, M., Garcia, F., Martin-Clouaire, R., 2004. Simulating management strategies: the rotational grazing example. Agricultural Systems, 80: 23-42.
- Durand, P., Fabien Ferchaud, Jordy-Salmon Monviola, Florence Goetschel, Charlotte Martin, 2005 : Etude sur l'évolution des paramètres nitrates dans les eaux brutes des bassins versants Bretagne Eau Pure et des autres bassins versants bretons. Volet 3 : Evaluation de l'impact des actions agricoles sur l'évolution des paramètres nitrates par l'utilisation de modèles déterministes et volet 4 : Evolution des paramètres nitrates dans les bassins versants en fonction de plusieurs scénarios d'actions agricoles. Rapport final, en préparation.
- Durand, P., 2006. Modélisation de l'effet des pratiques agricoles et de l'aménagement du paysage sur les flux d'eau et de matière dans les bassins-versants. In « Qualité de l'eau en milieu rural : Savoirs et pratiques dans les bassins versants » Coord. P. Merot. Collection Update Sciences & Technologies.
- Espinasse B., G. Picolet, and E. Chouraqui, 1997. "Negotiation support systems: a multi-criteria and multi-agent approach," European Journal of Operational Research, vol. 103, pp. 389-409.
- Gaudé P., 2003. "Système Multi-Agents et Jeux: Domaines d'application et bénéfices mutuels.," Observatoire Français des Techniques Avancées (OFTA) 2003.
- Hahn U. and M. Jarke, 1991. "Teamwork Support in a Knowledge-Based Information System Environment," IEEE Transactions on Software Engineering, vol. 17, pp. 467-482.

- Hämäläinen R., E. Kettunen, M. Marttunen, and H. Ehtamo, 2001. "Evaluating a Framework for Multi-Stakeholder Decision Support in Water Resources Management," *Group Decision and Negotiation*, vol. 10, pp. 331-353, 2001.
- Hartkamp, A.D., White, J.W., Hoogenboom, G., 1999. Interfacing Geographical information systems with agronomic modelling: a review. *Agron. J.*, 91, 761-772.
- Houet T., Hubert-Moy L., 2006. Modeling and projecting land-use and land-cover changes with a Cellular Automaton in considering landscape trajectories : An improvement for simulation of plausible future states. *EARSeL eProceedings*, 5, 1/2006, pp.63-76.
- Jelassi M. T. and R. A. Beauclair, 1987. "an integrated framework for group decision support systems design," *Information & Management*, vol. 13, pp. 143-153.
- Kersten G. E., 1998. "Negotiation Support Systems and Negotiating Agents," in *Modèles et systèmes multi-agents pour la gestion de l'environnement et des territoires du colloque SMAGET'98.*, A. d. c. SMAGET'98, Cemagref Editions., pp. 349-357.
- Köbrich C., Rehman T., Khan , "Typification of farming systems for constructing representative farm models: two illustrations of the application of multi-variate analyses in Chile and Pakistan", *Agricultural Systems*, Vol. 76, No. 1, (2003), pp 141-157.
- Le Bars M., P. Le Grusse, M. Allaya, J.M. Attonaty, R. Mahjoubi, 2003. "NECC : un jeu de simulation pour l'aide à la décision collective. Application à une région méditerranéenne virtuelle", Séminaire WADEMED "Modernisation de l'agriculture irriguée", Rabat, Maroc, 19-23/04/2004.
- Le Bars M., Allaya M., Le Grusse P. and Attonaty J.M., 2005. "OLYMPE, Manuel d'utilisation", CIHEAM-IAMM editions, ISBN: 2-85352-305-5, 120 pp.
- Le Grusse Ph, Belouhchette H., Le Bars M., Carmona G., Attonaty J.M. (2006) - Participative modelling to help collective decision - making in water allocation and nitrogen pollution. Application to the case of the Aveyron-Lère Basin, *International Journal of Agricultural Resources, Governance and Ecology (IJARGE)* ,02 2006.
- Lévine P. and J.-C. Pomerol, 1989. *Systèmes interactifs d'aide à la décision et systèmes experts*. Hermès.
- Lilburne, L, Watt, J. et Vincent, K. (1998), A Prototype DSS to Evaluate Irrigation Management Plans, *Computers and Electronics in Agriculture*, 21, 195-205.
- Maton L., Leenhardt D., Goulard M., Bergez J.E., 2005. "Assessing the irrigation strategies over a wide geographical area from structural data about farming systems", *Agricultural Systems*, Vol. 86, No. 3, (2005), pp 293-311.
- McKinney, D.C, Cai, X, Rosegrant, M.W., Ringler, C. and Scott C.A. (1999), Modeling Water Resources Management at the Basin Level: Review and Future Directions, International Water Management Institute, SWIM Paper 6.
- Meynard, J. M., Doré T., Habib R., 2001. L'évaluation et la conception de systèmes de culture pour une agriculture durable. *Compte rendu de l'Académie d'agriculture de France* 87, 223-236.
- Moss S., 2001. "Game Theory: Limitations and an Alternative," *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, vol. 4, pp. 17.
- Narcy, J.B., and L. Mermet. 2003. Nouvelles justifications pour une gestion spatiale de l'eau: New justifications for a spatial management of water. *Nature Sciences Societes* 11:135-145.
- Piveteau V., 1996. Prospective et territoire : apports d'une réflexion sur le jeu, vol. 15, coll. Etudes du Cemagref, série "gestion des territoires".
- Pouget J.C., Bousquet F., Le Goulven P., Quaranta D., Rebatel J.C., Rolland D., "OdefiX java framework for developing and interfacing hydrological and water management models – Generic components and application for water resources allocation", *Proc. 7th International Conference on Hydroinformatics, Nice*, (2006).
- Refsgaard, J. C., M. Thorsen, et al. (1999). Large scale modelling of groundwater contamination from nitrate leaching. *Journal of Hydrology* 221(3-4): 117-140.
- Rieu, T. 1994. "Equipements Hydrauliques Collectifs et Réforme de la PAC: des conséquences conflictuelles? le cas d'un projet de barrage en Charente.," vol. 12, V. Palacio, Ed. Actes et Communications INRA., pp. 187-203.
- Rosegrant, M.W., Ringler, C., McKinney, D.C., Cai, X, Keller, A. et Donoso, G (2000), Integrated Economic-Hydrologic Water Modeling at the Basin Scale: the Maipo River Basin, *Agricultural Economics*, 24, 33-46.
- Salman, A.Z., Al-Karablieh, E.K. et Fidher, F.M. (2001), An Inter-Seasonal Agricultural Water Allocation System (SAWAS), *Agricultural Systems*, 68, 233-252.
- Sauvage, S., Teissier, S., Vervier, P., Ameziane, T., Garabetian, F., Delams, F., Caussade, B. (2003). A numerical tool to integrate biophysical diversity of a large regulated river : hydrobiogeochemical bases. The case of the Garonne river (France). *River research and applications*, 19, 181-198.
- Sebenius K., 1992. "Negotiation Analysis: A Characterization and Review," *Management Science*, vol. 38, 1992.
- Stabell, C. B. 1988. "Toward a Theory of Decision Support," *Decision Support Systems*, pp. 160-170, 1988.
- Tortrat, F., Pierre Arousseau, Hervé Squidant, Chantal Gascuel-Odoux, Marie-Odile Cordier, « Modèle numérique d'Altitude (MNA) et spatialisation des transferts de surface : utilisation de structures d'arbres reliant les exutoires de parcelles et leurs surfaces contributives », *Bulletin SFPT*, Vol. 172 , 128--136 , 2003-2004.
- Van Herpe, Y., P. A. Troch, et al. (1998). Application of a conceptual catchment scale nitrate transport model on two rural river basins. *Environmental Pollution* 102: 569-577.
- Whilser, F. D., Acock, B., Baker, D. N., 1986. Crop simulation models in agronomic systems. *Adv. Agron.*, 40: 141-208.

4- COLLABORATIONS
AUTRES PARTENAIRES¹⁰

• **Partenaire n°1**

Office International de l'Eau

Correspondant principal : Jean-Antoine Faby (ja.faby@oieau.fr)
OIEau
15, rue Edouard Chamberland
87065 Limoges Cedex France

Modalités d'implication dans ce projet : Prestation de service auprès de l'UMR Geau

Apport du partenaire dans la réalisation du projet : Recherche de données, analyse de données, premières modélisations, diffusion et publication de résultats

Pertinence et intérêt de ce partenariat au regard du sujet traité : Connaissances de l'Oieau dans le domaine de la gestion des périmètres irrigués en France et à l'étranger, partenariat actuel avec les UMR GEAU et Lameta dans le cadre d'un contrat de recherche pour le Ministère des Affaires Etrangères et le Ministère de la Recherche.

Pertinence et intérêt de ce partenariat au regard du renouvellement souhaité des approches thématiques et pratiques existantes : Croisement des approches théoriques (UMR Lameta et Geau) et de la connaissance de terrains en France et à l'étranger en vue d'une valorisation des résultats attendus (OIEau)

Moyens mis en œuvre par le partenaire dans le cadre de cette collaboration : Jean-Antoine Faby, Jean-Marc Berland et Natacha Amorsi de l'Oieau devraient consacrer chacun deux mois à ce projet. Les moyens matériels nécessaires seront engagés par la structure

• **Partenaire n°2**

Agence de l'Eau Adour Garonne, 90 rue du Férétra, 31 078 Toulouse Cedex 4

Correspondant principal (nom, prénom et adresse)
GAECKLER Martine, conseiller recherche et prospective.
Agence de l'Eau Adour Garonne, 90 rue du Férétra, 31 078 Toulouse Cedex 4

tel : 05 61 36 82 70

Modalités d'implication dans ce projet

L'Agence de l'Eau est intéressée par un suivi du projet dans son ensemble.

A ce titre, elle sera invitée à participer aux séminaires transversaux du WP4. Elle pourra également être ponctuellement sollicitée par les chercheurs du WP1 ou du WP2, notamment pour construire des scénarios de changement de contexte (agricole, économique ou réglementaire) pertinents dans le cadre d'une gestion durable des ressources en eau.

Apport du partenaire dans la réalisation du projet

Connaissance du contexte et des évolutions possibles en matière de gestion durable des ressources en eau. Liens avec d'autres partenaires du bassin Adour -Garonne.

Expression de ses besoins en matière d'outils d'aide à la décision.

Echanges itératifs avec les chercheurs pour faciliter la mise en oeuvre du projet et la valorisation de ses résultats.

Pertinence et intérêt de ce partenariat au regard du sujet traité

Sur un sujet porteur d'enjeux forts sur le bassin Adour –Garonne, renforcer la collaboration entre chercheurs et partenaires gestionnaires

Pertinence et intérêt de ce partenariat au regard du renouvellement souhaité des approches thématiques et pratiques existantes

¹⁰ Non mentionnés dans la partie 2 ou la partie 4bis

Ce partenariat se justifie dans un souci permanent des membres du projet, de pertinence de la recherche au regard des enjeux des acteurs de la gestion spatiale de l'eau.

Ce projet peut contribuer à anticiper les évolutions à venir par la construction d'outils d'aide à la décision adaptés.

Moyens mis en œuvre par le partenaire dans le cadre de cette collaboration (budget, personnes, mois, modalités de financement...)

A ce stade du projet, l'Agence s'engage par un partenariat technique dans sa mise en œuvre et son suivi : participation aux séminaires thématiques du WP4, échanges avec les chercheurs des autres WP, selon besoins. Elle pourra étudier ultérieurement la possibilité d'un partenariat financier.

• **Partenaire n°3**

Laboratoire d'Ecologie des Hydrosystèmes UMR 5177 CNRS-UPS Equipe Ecofonbio

A partir de 1/1/2007 Laboratoire ECOLAB, UMR CNRS-UPS-ENSAT, Equipe Fonctionnement biogéochimique des Bassins-versants (Responsable : J.M. SANCHEZ PEREZ).

- Organisme (nom et adresse du siège)

CNRS-UPS, CNRS - Délégation Midi-Pyrénées, 16, Avenue Édouard Belin

BP 24367, 31055 Toulouse Cedex 4 et Université Paul Sabatier - 118, Route de Narbonne - F-31062 Toulouse cedex 9

- Correspondant principal (nom, prénom et adresse)

SANCHEZ PEREZ, José Miguel (CNRS)

29 Rue Jeanne Marvig, 31055 Toulouse

- Modalités d'implication dans ce projet

Direction de thèse de Guillaume Jégo (co-direction Eric JUSTES – UMR ARCHE)

Direction de thèse de Sylvain Ferrant (co-direction Jean-Luc PROBST – ENSAT)

- Apport du partenaire dans la réalisation du projet

Compétences en hydrogéologie et en modélisation des écoulements de l'eau souterraine et de surface.

Modélisation hydrogéochimique dans les cours d'eau à l'échelle de l'hydrosystème et du bassin versant.

- Pertinence et intérêt de ce partenariat au regard du sujet traité

Apport de compétences en hydrologie de surface et en hydrogéologie.

Terrains d'études instrumentés dans la plaine alluviale de la Garonne (site de Monbéqui, 82) et dans le bassin versant d'Auradé (32) et de la Save depuis plusieurs années.

- Pertinence et intérêt de ce partenariat au regard du renouvellement souhaité des approches thématiques et pratiques existantes

Collaboration étroite entre plusieurs disciplines agronomie, biogéochimie et hydrologie pour construire un modèle couplé entre le fonctionnement du système sol-plante et des écoulements des eaux de surface et/ou d'eau souterraine et de transfert de solutés.

- Moyens mis en œuvre par le partenaire dans le cadre de cette collaboration (budget, personnes, mois, modalités de financement...)

6 permanents impliqués (équivalent 30 ETP sur 3 ans) + 2 doctorants (40 mois ETP sur 3 ans) + 1 technicien sous contrat (équivalent 30 ETP sur 3 ans).

Maintenance de l'instrumentation des sites d'études (Site de Monbéqui dans la Plaine alluviale de la Garonne et site expérimental d'Auradé). L'instrumentation et le suivi de ces sites sont financés par des crédits de recherche du Contrat de Plan Etat-Région par l'intermédiaire d'ECOBAG. Le travail de Mr Jégo est financé par une bourse du ministère et la thèse de Mr Ferrant par une bourse CIFRE avec la société SILOGIC de Toulouse.

• **Partenaire n°4**

APAD, Association pour la Promotion d'une Agriculture Durable

- Correspondant principal (nom, prénom et adresse)

Gerard Rass

Secrétaire Général

APAD

7 rue Surcouf

35170 BRUZ

courriel : gerard.rass@wanadoo.fr

tel 02 99 05 07 67

fax 02 99 05 07 68

mobile : 06 07 40 42 59

- Modalités d'implication dans ce projet

L'APAD pourra participer aux séminaires transversaux du WP4. Elle pourra être mobilisée par les chercheurs du WP1 et 2 notamment pour construire des scénarios de changement de contexte (agricole, économique ou réglementaire) pertinents dans le cadre d'une gestion durable de la ressource en eau.

- Apport du partenaire dans la réalisation du projet
- Pertinence et intérêt de ce partenariat au regard du sujet traité
- Pertinence et intérêt de ce partenariat au regard du renouvellement souhaité des approches thématiques et pratiques existantes

Ce partenariat permettra une co-construction des scénarios à évaluer et permettra de prendre en compte la réflexion sur les perspectives d'avenir portées par des agriculteurs engagés dans la promotion d'une agriculture durable fondée sur les principes de l'Agriculture de Conservation des Sols, passionnés par le développement durable et cherchant à le pratiquer au quotidien.

- Moyens mis en œuvre par le partenaire dans le cadre de cette collaboration (budget, personnes, mois, modalités de financement...)

Mise à disposition du projet d'une plateforme de support et de validation concrète à grande échelle sur le terrain : un réseau national d'agriculteurs passionnés par le développement durable, cherchant à le pratiquer au quotidien, et demandeurs d'informations et de contacts avec les chercheurs.

D'autres partenaires sont prévus :

- DRAF Midi-Pyrénées
- Chambres d'agriculture (Midi-Pyrénées, Gers)
- Communautés de communes (Drôme, Lomagne, Bretagne)