



# CasDAR Eau Midi-Pyrénées

Connaissance, adaptation et amélioration de la gestion quantitative de l'eau  
avec des collectifs d'irrigants de Midi-Pyrénées  
par le développement et l'utilisation de méthodes et d'outils adaptés



Octobre 2007 - Décembre 2010

## Pilote



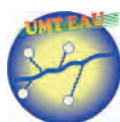
## Partenaires financiers



## Partenaires techniques



Dans le cadre du projet de recherche de l'UMT Eau (ARVALIS-CETIOM-INRA) :  
« Outils et méthodes pour la gestion quantitative de l'eau : du bloc d'irrigation au collectif d'irrigants »



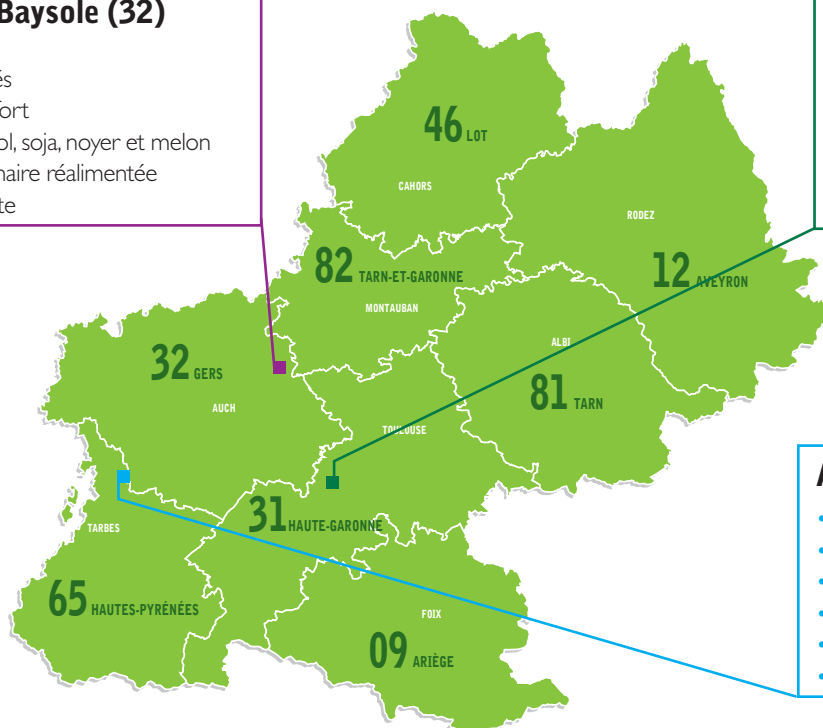
## Trois collectifs d'irrigants associés au projet

### ASA de la Baysolle (32)

- 27 adhérents
- 448 ha irrigués
- Sols de terrefort
- Maïs, tournesol, soja, noyer et melon
- Retenue collinaire réalimentée
- Système Neste

### ASA de la Saudrune (31)

- 19 adhérents
- 450 ha irrigués
- Sols de boubènes
- Maïs irrigué principalement
- Retenue collinaire réalimentée
- Bassin de la Garonne



### ASA de Sauveterre (65)

- 25 adhérents
- 340 ha irrigués
- Sols de boubènes
- Maïs irrigué principalement
- Pompage en rivière réalimentée
- Bassin de l'Adour

## La problématique et les objectifs

Les exploitations agricoles irriguées sont soumises à des évolutions économiques (PAC 2012, coût de l'eau), climatiques (sécheresse) et réglementaires (LEMA), qui constituent de véritables défis pour leur avenir. Leur pérennité et celle des structures collectives d'irrigation sont très liées.

En Midi-Pyrénées, on dénombre environ 350 structures collectives d'irrigation; elles regroupent une part importante des irrigants et des surfaces irriguées, et environ 50% des volumes prélevés.

Ce projet, associant trois collectifs d'irrigants de Midi-Pyrénées, avait pour objectif de comprendre, adapter et améliorer la gestion quantitative de l'eau au niveau :

- des exploitations elles-mêmes : optimisation des stratégies et des conduites de l'irrigation, réflexions sur les assolements, amélioration de l'efficacité de l'eau;

- des collectifs d'irrigants: fonctionnement des collectifs, interaction entre besoins individuels et gestion collective, lien avec le gestionnaire, amélioration de l'efficacité de l'eau.

Cette plaquette se propose de présenter les principaux résultats d'un projet de recherche-développement sur la gestion individuelle et collective de l'irrigation, et de contribuer à la réflexion sur les perspectives d'évolution des systèmes irrigués.

Ce projet a associé organismes de développement et organismes de recherche pour œuvrer à l'amélioration des outils et méthodes d'analyse des collectifs d'irrigants (audits et diagnostics), des systèmes irrigués (simulations d'assolement), et pour élaborer des outils d'aide à la décision de stratégies et de conduite de l'irrigation sur les grandes cultures (maïs, tournesol, blé dur, soja et sorgho).

## Un projet structuré en trois actions

### Une action de développement conduite avec trois collectifs d'irrigants

L'action a consisté à comprendre et analyser le fonctionnement des collectifs en réalisant un audit-diagnostic, et à proposer des améliorations du fonctionnement et en particulier de la gestion de l'eau.

L'action a permis d'améliorer des méthodes ou des outils existants ou à en proposer de nouveaux mis au point et testés dans le cadre du projet. Les enseignements sont présentés dans les trois premières contributions : «amélioration du fonctionnement des collectifs», «efficacité de l'eau», «capacité d'irrigation».

Une simulation des conséquences des évolutions du contexte à

l'horizon 2012 a été réalisée sur les exploitations des collectifs à l'aide de l'outil d'optimisation d'assolement LORA pour dégager et proposer des voies d'adaptation possibles.

### Deux actions de recherche

L'une sur les outils de modélisation des choix d'assolement sur la sole irrigable de l'exploitation avec l'amélioration de l'outil LORA et la mise au point d'un nouvel outil plus complet.

L'autre sur la mise au point d'outils d'aide à la décision de stratégies de conduite d'irrigation de différentes grandes cultures (maïs, tournesol, blé dur, sorgho et soja) à l'échelle du bloc d'irrigation.



## Amélioration du fonctionnement des collectifs

L'audit-diagnostic est une méthode globale d'expertise du fonctionnement d'une structure collective d'irrigation comprenant un état des lieux (audit) et un plan d'actions (diagnostic) pour améliorer le fonctionnement du collectif. Elle comprend trois volets : organisationnel, financier et technique. Certaines actions peuvent être lourdes en investigations et nécessiter un second niveau de diagnostic appelé diagnostic approfondi. L'audit-diagnostic a pour objectif de pérenniser les installations et d'optimiser la gestion de l'eau.

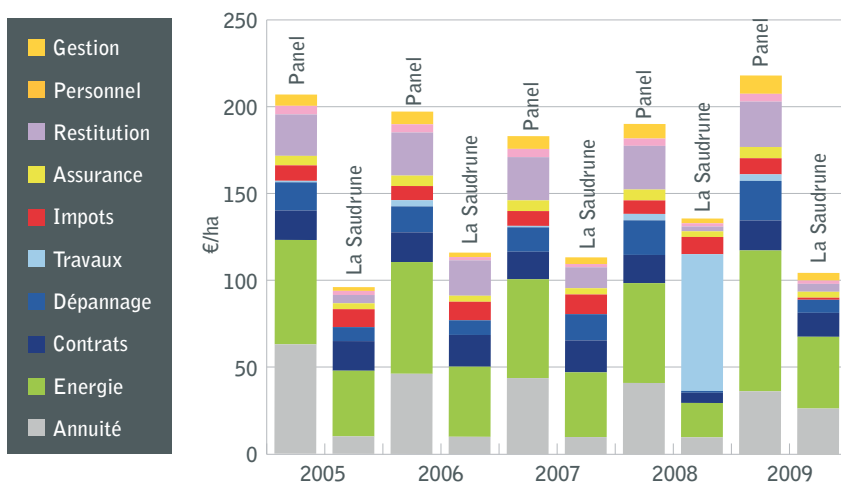
Le projet CasDAR Eau Midi-Pyrénées a développé cette démarche sur les trois collectifs et l'a complétée et enrichie par l'amélioration des méthodes et outils et par de nouvelles propositions.

### Diagnostiques organisationnel et financier de l'ASA de la Saudrune

Ils ont abouti à :

- la proposition d'un règlement de service et des achats, et l'accompagnement de la mise en conformité;
- l'analyse par poste des charges actuelles et passées, et la comparaison avec les charges d'un panel de 50 ASA suivies par la CACG qui permet de dégager des marges de progrès. La figure ci-contre illustre les charges totales de l'ASA de la Saudrune ramenées à l'hectare sur la base comparative de 0,6 l/s/ha et montre qu'elles sont inférieures à celles du panel;
- la simulation des charges prévisionnelles pour les années futures qui dote l'ASA d'un outil de gestion prévisionnelle.

### Comparaison des charges totales de l'ASA de la Saudrune à celles du panel d'ASA de la CACG (ramenées à l'hectare sur la base de 0,6 l/s/ha)



### Diagnostic technique pour la connaissance de la ressource et l'efficacité de l'eau sur l'ASA de la Baysolle

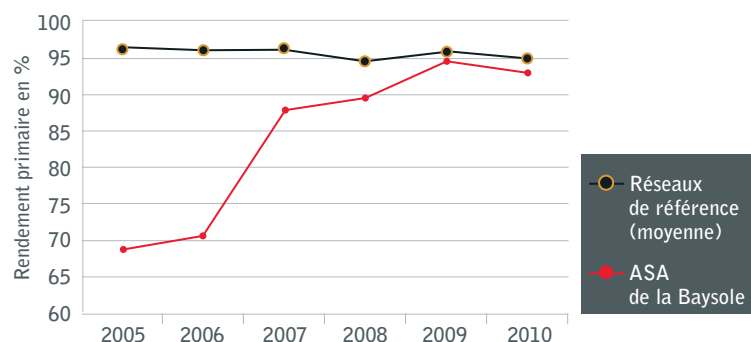
La ressource et son utilisation sont analysées sur les 15 dernières années et tous les moyens pour préciser sa connaissance sont expertisés: cubature de la retenue, installation de débitmètres sur les stations de pompage, affinement de la connaissance dynamique des capacités de réalimentation.

Les notions de performance du réseau de distribution - de la prise d'eau à la borne - ont été définies, par analogie avec les indicateurs existants en eau potable et avec la préoccupation de proposer des critères simples pour caractériser les réseaux d'irrigation, les comparer et identifier des marges de progrès par des préconisations s'inspirant des réseaux les plus performants.

Ainsi deux indicateurs sont calculés :

- le **rendement primaire** (cf. Efficacité de l'eau p.4) a été amélioré ces dernières années grâce aux efforts réalisés pour optimiser le suivi, passant de 70% à près de 95% en 2010.
- les **pertes en eau**, mesurées par un test réseau fermé, ont été diminuées par application des préconisations proposées, et le taux de pertes est passé de 3 à 1%.

### Comparaison du rendement primaire du réseau de l'ASA de la Baysolle à celui des réseaux de référence suivis par la CACG



### Diagnostic technique approfondi pour moderniser les installations de l'ASA de Sauveterre

«Un réseau de distribution robuste mais avec un manque de pression récurrent, une station de pompage obsolète présentant des défauts de régulation et de comptage, quatre surpresseurs inadaptés au fil du temps», c'est le résultat de l'audit et la problématique à laquelle a dû répondre le diagnostic.

Après les enquêtes préalables, la mise en conformité des souscriptions, le calcul des performances hydrauliques du réseau et la mesure de la débitmétrie des groupes, le réseau a été redécoupé en un réseau haut et un réseau bas avec des pressions de service adaptées. L'ensemble électromécanique de la station de pompage a été reconfiguré avec une régulation optimisée à partir d'un variateur de fréquence et d'un débitmètre par réseau. Deux surpresseurs ont été supprimés et les autres adaptés.

La démarche a été complétée par l'optimisation de l'abonnement EDF (la moindre consommation génère une économie de charges de 30%), et la simulation des charges post-travaux.



Le débitmètre du réseau haut.

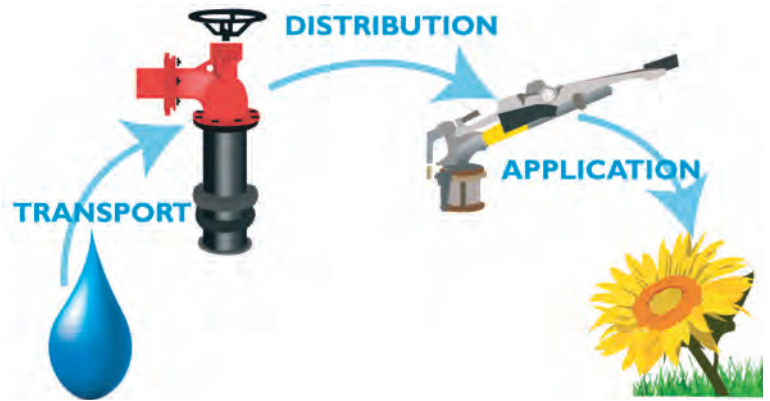
## Efficiency of water

L'efficacité globale de l'eau se définit comme le rapport entre le volume d'eau qui arrive dans le sol de la parcelle et le volume d'eau mobilisé par pompage. En pratique, elle est évaluée par tronçon: efficacité du transport (de la station de pompage à la borne), efficacité de la distribution (de la borne à l'aspersion), efficacité de l'application (de l'aspersion au sol). L'efficacité dépend donc des pertes d'eau sur chacun des tronçons. Pour l'apprécier correctement, il est nécessaire que les incertitudes des mesures de volumes soient inférieures aux pertes mesurées.

**A l'échelle du réseau**, on définit le **rendement primaire** comme le rapport entre la somme des volumes relevés sur les compteurs individuels et le volume mesuré à la station de pompage. Cet indicateur intègre à la fois les pertes sur le réseau, la qualité du suivi des relevés et la précision des compteurs individuels (5 à 7% en eau brute): sa valeur varie environ de 70 à 95% (95% étant la valeur moyenne des réseaux référents CACG). Cet indicateur permet à l'ASA d'améliorer la gestion interne de l'eau, mais il ne reflète pas forcément le niveau de pertes sur le réseau.

**Les pertes réelles** ont été évaluées par la méthode du test réseau fermé. Sur les trois réseaux étudiés, elles se situent entre 1 et 3% du volume distribué pendant la campagne d'irrigation, ce qui est faible. Les pertes réelles dépendent de la longueur du réseau et de la durée de fonctionnement; ainsi, pour comparer entre eux les réseaux d'irrigation de façon objective, un indice utilisé déjà pour les réseaux d'eau potable, l'indice linéaire de pertes (ILP), a été adapté à la spécificité des réseaux d'irrigation.

**L'efficacité de la distribution** est un indicateur de la présence de fuites dans les matériels, qu'elles soient accidentelles ou liées à la vétusté du matériel. En couverture intégrale, les pertes diffuses au



niveau des raccords peuvent représenter des volumes importants. **A l'échelle de la culture**, les pertes par évaporation directe (que l'on peut situer à 3% au maximum d'après des expérimentations menées par le CEMAGREF) ou par dérive sont responsables d'une efficacité de l'application qui peut descendre jusqu'à 80% au total (soit 20% d'eau perdue).

**Les facteurs aggravants sont essentiellement:**

- les conditions météorologiques, en particulier la vitesse du vent;
- et la taille des gouttes produites par l'arroseur.

Pour ces raisons, les canons enrouleurs, les pivots (sauf la première travée) et les rampes ont généralement une bonne efficacité d'application, alors que c'est en couverture intégrale que l'on peut avoir les plus mauvais résultats. Ces différences sont à mettre en balance avec d'autres critères d'appréciation comme les performances énergétiques des matériels et la qualité de la répartition spatiale.

## La capacité d'irrigation : un critère indispensable pour la stratégie d'irrigation et la gestion de la ressource

Pour chaque irrigant, la conduite de l'irrigation est encadrée par les moyens alloués à l'irrigation : ressource en eau, matériel et main d'œuvre. En début de campagne, l'irrigant peut qualifier sa capacité d'irrigation par 2 grandeurs exprimant le rapport des moyens aux surfaces :

- **Volume disponible par hectare irrigué : en m<sup>3</sup>/ha.** Exemple : 2600 m<sup>3</sup>/ha
- **Capacité d'irrigation en débit :** exprimée en mm/jour, elle tient compte du débit du matériel (m<sup>3</sup>/h) et du temps de son fonctionnement effectif (nb d'heures/jour en moyenne) utilisé sur une surface (ha). Elle limite le rythme d'irrigation.

Exemple : débit de 50 m<sup>3</sup>/h utilisé 18h/jour sur 20 ha :

Capacité d'irrigation en débit = 50 m<sup>3</sup>/h x 18 h/jour / 20 ha = 45 m<sup>3</sup>/ha/jour = 4.5 mm/jour, soit par exemple pour un tour d'eau de 7 jours, un rythme maximal de 31,5 mm tous les 7 jours.

Ce qui est réellement disponible pour les plantes, doit tenir compte de l'efficacité de l'eau.

Ici pour une efficacité de 95% : 2470 m<sup>3</sup>/ha et 4,3 mm/jour soit 30 mm tous les 7 jours.

Ces grandeurs sont définies à l'échelle du bloc d'irrigation, surface d'une même culture irriguée par un même matériel et une même ressource. L'ensemble des blocs d'irrigation de l'exploitation doit respecter les contraintes de volume total et de débit total disponibles.

Ces valeurs peuvent être comparées aux besoins en eau fréquents des cultures caractérisées par leurs dates de semis et leurs précocités en tenant compte des sols (réserves en eau) et du climat.

**Au niveau du collectif d'irrigants**, la gestion collective de la ressource en eau en cours de campagne peut aussi être abordée en termes de stratégie (plan prévisionnel de ges-



tion). Les éléments clés de cette stratégie sont le volume et le débit disponibles et l'estimation des surfaces des cultures à irriguer :

- **Volume moyen par ha (m<sup>3</sup>/ha) :** Volume total disponible / surface à irriguer
  - **Débit moyen par ha (m<sup>3</sup>/h.ha ou l/s.ha) :** Débit total disponible / surface à irriguer
- Une connaissance de la distribution des surfaces irriguées par classe de capacité d'irrigation en débit (mm/j) permet d'estimer une valeur maximale **du rythme de consommation de la ressource collective, Rmax (m<sup>3</sup>/jour) :**

$$R_{\max} = \sum_{i=1}^n (\text{Surface irriguée}(\text{ha}))_i * (\text{Capacité d'irrigation}(\text{mm/jour}))_i * 10$$



# Gestion de la ressource en eau dans les collectifs

ASA de la Saudrune et de Sauveterre : mise en place d'un bilan hydrique prévisionnel collectif pour mieux gérer la ressource collective en cours de campagne.

## Les problématiques

- Pour l'ASA de la Saudrune, les irrigants vivent de plus en plus d'années restrictives en fin de campagne, avec des volumes restants dans le lac insuffisants pour couvrir correctement les besoins; il en ressort la nécessité d'une bonne répartition temporelle et spatiale du volume restant en milieu de campagne.
- Pour l'ASA de Sauveterre, une gestion approximative du quota peut être améliorée par la modernisation récente des installations et la mise en place de deux compteurs collectifs.

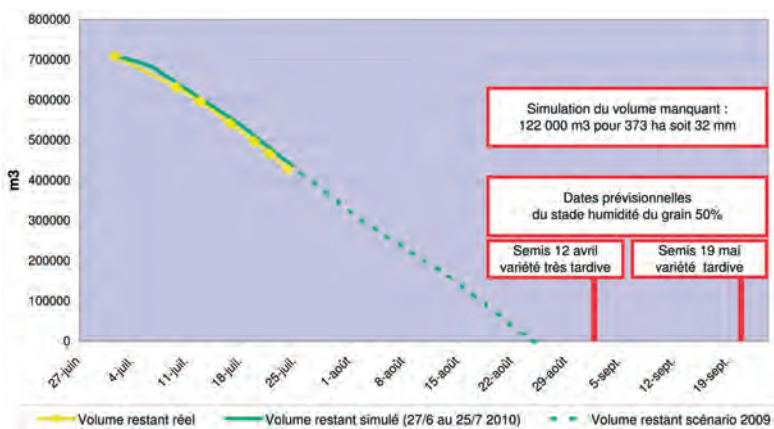
## Le principe

Pour mieux gérer le volume disponible de l'ASA sur la campagne (lac ou quota), le principe retenu est d'utiliser, à l'échelle du périmètre irrigué de l'ASA, un outil de bilan hydrique prévisionnel conçu et utilisé au départ pour la gestion à la parcelle (BHYP), et qu'on adapte pour une utilisation collective. Au lieu d'une somme de bilans hydriques prévisionnels individuels impossible à réaliser, on fait des BHYP sur des groupes de parcelles similaires (mêmes cultures, mêmes types variétaux et dates de semis voisines) ou sur des pivots collectifs (11 à Sauveterre) pour avoir une représentation globale des prélèvements au niveau de l'ASA.

Cet outil va permettre de simuler les besoins prévisionnels jusqu'à la fin de la campagne d'irrigation pour chaque groupe de parcelles et pour l'ensemble des surfaces irriguées de l'ASA.

Ce bilan prévisionnel des consommations sera comparé à la courbe de déstockage (lac) ou de prélèvement (rivière) construite à partir de relevés du débitmètre de la station de pompage ou des antennes. Le graphe ci-dessous permet de comparer la date prévisionnelle d'épuisement des réserves avec la date prévisionnelle de fin d'irrigation pour chaque groupe et de quantifier le manque d'eau.

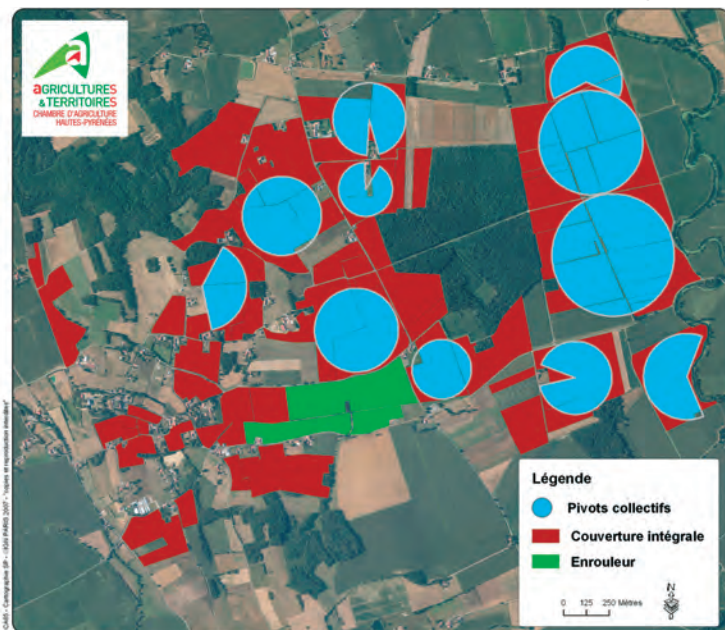
## Evolution des volumes restants (réel et simulé) jusqu'au 25 juillet 2010. Simulation à partir du 25 juillet selon le climat de 2009 (année sèche). ASA Sauveterre.



## La méthode de travail utilisée

La mise en place d'un outil prévisionnel de gestion de la ressource nécessite au préalable de rassembler différentes données auprès de la majorité ou d'un échantillon représentatif des irrigants de l'ASA: surfaces et cultures irriguées, dates de semis, précocité des variétés, types de sols, capacité d'irrigation en débit.

## ASA de SAUVETERRE Périmètre et matériels d'irrigation



Ces données vont permettre d'estimer la demande prévisionnelle collective en eau au fur et à mesure de l'avancement de la campagne. Parallèlement, il faut suivre précisément l'évolution des prélèvements: niveau des volumes consommés et stocks restants.

Ainsi, on peut mettre en parallèle les besoins prévisionnels pour terminer le cycle des cultures et les volumes disponibles restants, et prendre les décisions raisonnées qui s'imposent dans la répartition temporelle de l'eau restante.

Pour réussir le suivi et acquérir la confiance des irrigants, nous avons attaché beaucoup d'importance à communiquer aux responsables et aux adhérents les indicateurs d'évolution de la ressource, nos prévisions de dates de fin d'irrigation, des prévisions de besoins en eau et de consommations, lors des réunions ou des visites individuelles. Ces indicateurs ont contribué aux prises de décision des irrigants pour la gestion collective de la ressource.

## En conclusion

Cette méthode, utilisée pendant deux campagnes sur la Saudrune et en 2010 sur Sauveterre, a donné de bons résultats et a intéressé les agriculteurs; elle a permis dans le cas de la Saudrune de ne pas avoir des fins d'irrigation trop précoces et brutales qui pénalisent le rendement, et dans le cas de Sauveterre, d'ajuster la répartition du quota restant en fonction des antennes du réseau. Cette méthode peut être utilisée dans tous les collectifs à condition de disposer de relevés réguliers des index compteurs des stations ou des antennes de réseaux, de données élémentaires sur les cultures en place et d'observations de stades clefs.

L'engagement des irrigants à fournir ces informations de base conditionne la réussite de ce type de méthode de gestion collective.

## ASA de la Baysole : un type de gestion collective adaptée aux assolements diversifiés.

Entretien avec Pascal Gouget, président de l'ASA depuis 1989.

Depuis la création de l'ASA en 1974, la gestion de l'eau a évolué en fonction des assolements, des contraintes réglementaires, et de la discipline mise en place par le collectif.

### De 1989 à 1992

L'assolement irrigué est essentiellement constitué de maïs. Il n'y a pas de compteurs individuels et une tarification monôme est pratiquée. Le volume disponible se révèle insuffisant pour satisfaire les besoins des cultures. L'absence de moyens de contrôle incite quelques irrigants à prélever au-delà de leur quota.

En 1992, avec la mise en place de la PAC, les surfaces en maïs diminuent et les assolements irrigués se diversifient (soja, sorgho, cultures spéciales, noyers, noisetiers...). La diversité des cultures irriguées et donc des besoins et des périodes d'irrigation incitent le collectif à installer des compteurs individuels: par exemple, l'ail a des besoins très tôt en saison (avril) et tard (octobre) et le soja en septembre. Ils seront relevés en cours et fin de campagne.

### De 1992 à 2000

C'est une phase d'apprentissage de la gestion collective de l'eau par les adhérents du collectif. Les index des compteurs sont relevés

pendant la campagne d'irrigation. Quelques agriculteurs se sont fait prendre à dépasser leurs quotas. Des sanctions ont été prises, notamment des interdictions d'irriguer, une fois le quota dépassé.

### Depuis 2002

L'ASA est passée en système de tarification binôme qui responsabilise les irrigants. Un préposé et le président assurent le relevé et le contrôle des compteurs en cours de saison. En début de campagne, un premier quota est attribué à chaque irrigant. En milieu de saison, le relevé des compteurs est envoyé à chaque irrigant, et le président fixe avec les irrigants le niveau du deuxième quota.

Ce système permet de redistribuer du quota sous-utilisé dans la première partie de la campagne pour ceux qui en ont le plus besoin en fin de campagne. Ainsi, certains irrigants consommeront plus d'eau que d'autres, mais cela est socialement acceptable grâce à la tarification.

Le travail réalisé dans le cadre du projet pour identifier les pertes par le test en réseau fermé va dans le sens d'une bonne acceptabilité de la démarche par les irrigants. Le président et les irrigants souhaitent formaliser cette démarche dans le règlement de service du collectif.

## Adaptation des assolements des exploitations irriguées aux évolutions de contexte : démarche participative et outils de simulation

La gestion de l'irrigation intègre une dimension technico-économique de plus en plus forte. La mise en place de la PAC 2012, l'augmentation du coût de l'eau, la réforme des volumes prélevables et la récurrence des années sèches sont au centre des préoccupations.

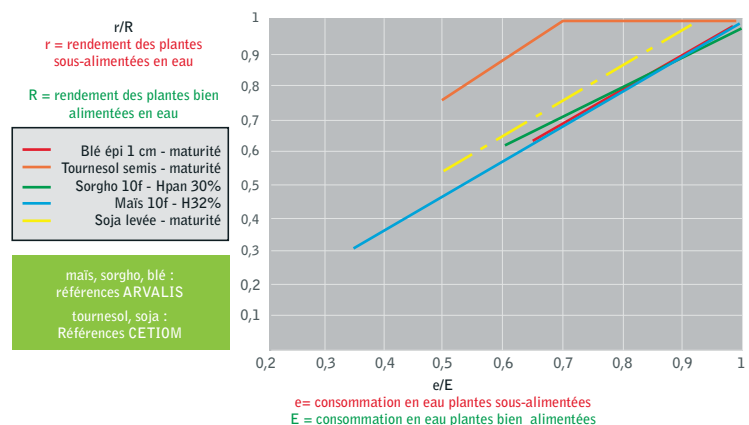
Les impacts porteront sur les exploitations agricoles mais également sur les collectifs d'irrigation auxquels elles adhèrent. Des simulations d'impact de ces différentes modifications ont été réalisées avec les irrigants des trois collectifs. Des mesures d'adaptation des assolements ont été envisagées.

Les simulations ont été réalisées avec LORA - Logiciel d'Optimisation et de Recherche d'Assolement (ARVALIS, INRA) -, outil de réflexion sur le choix d'assolement de la sole irrigable. L'optimisation de l'assolement est faite sur le critère de la marge brute, à partir d'une liste de cultures candidates soumises à différentes conditions d'alimentation hydrique et en prenant en compte la variabilité de quinze années climatiques. Dans le cadre du projet, LORA a été rénové et le paramétrage des modèles agronomiques utilisés a été mis à jour à partir de références expérimentales récentes, en particulier celui des fonctions de production «Rendement/Consommation d'eau» (cf. figure ci-contre).

### Au préalable, un état des lieux des exploitations

Pour la simulation, un état des lieux précis des exploitations a été réalisé avec la collecte de nombreuses données auprès des agriculteurs sur les trois ans de l'étude: assolement, sols, ressources en eau,

### Fonctions de production rendement/consommation d'eau de quelques espèces



débats souscrits et disponibles, type de matériels d'irrigation et temps d'utilisation. Les présidents des collectifs ont également apporté des éclairages sur le fonctionnement des réseaux. Cet état des lieux a abouti à un diagnostic économique initial, établi à partir de références partagées localement avec les conseillers irrigation et les agriculteurs: cultures candidates aux assolements, rendements potentiels, charges opérationnelles, prix des produits.

Des scénarios, propres à chaque collectif à l'horizon 2012, ont été élaborés avec les irrigants, prenant en compte les évolutions actuelles ou probables:

- réforme de la PAC 2012;
- augmentation du coût de l'eau: augmentation des redevances prélèvement et du coût de l'énergie (hypothèse de + 15% pendant 3 ans);
- disponibilité de la ressource en eau selon l'historique propre à chaque ASA, et hypothèses des futurs volumes prélevables;
- changement climatique, avec l'augmentation de la fréquence d'étés secs.

### Les résultats

Les simulations ont permis d'évaluer les impacts des différents scénarios sur les marges brutes par hectare assolé. La mise en place de la PAC 2012 génère une perte de marge de 90€/ha en moyenne sur les trois ASA, avec une baisse supérieure pour les bassins à forte référence maïs. L'augmentation du coût de l'eau provoque une baisse de marge de 10 à 30€/ha. L'impact des hypothèses de baisse des volumes autorisés est variable selon le niveau de baisse de ressources, la part des surfaces irriguées dans l'assolement et la capacité d'irrigation initiale. Cette baisse de marge brute, de 20 à 40€/ha, peut atteindre 60€/ha en année sèche.

Les adaptations d'assolement permettraient d'amortir l'impact et de mieux gérer les risques mais ne compenseraient pas toute la perte. Le maïs reste la culture de base des assolements très orientés maïs aujourd'hui. Une diversification d'une petite partie de la sole irrigable (20 à 25%) avec des cultures comme le soja, le tournesol ou les blés irrigués permettrait une meilleure gestion des aléas. Les conduites d'irrigation

## Mise au point d'un nouveau modèle de simulation dynamique pour l'aide au choix d'assolement (CRASH)

Objectifs de production, incertitudes sur les ressources et les prix, et contraintes agronomiques sont autant d'éléments que l'agriculteur mobilise pour établir dynamiquement son assolement. Dans un contexte agricole changeant, comment améliorer les réflexions sur les choix d'assolement?

L'objectif de la thèse de J.Dury en cours, est de développer un simulateur d'assolement destiné aux conseillers de la profession agricole. En se basant sur des enquêtes, les processus de décision des agriculteurs ont été analysés, formalisés informatiquement et implémentés sous forme de programmes sous la plateforme RECORD.

Ainsi, nous proposons une chaîne de modélisation intégrant une représentation spatiale de l'exploitation agricole, une base de connaissances des itinéraires techniques et des coûts, un algorithme d'optimisation de contraintes permettant de proposer dans un cadre de contraintes défini un jeu d'assolement optimisé sur plusieurs critères.

de ces cultures peuvent être légèrement restrictives sans trop pénaliser le rendement. Cela permettrait de sécuriser la ressource pour les maïs avec une conduite légèrement limitante en années sèches.

Au-delà des résultats mêmes de cette étude, la démarche participative engagée avec les producteurs avec la co-construction des hypothèses de simulations et la discussion critique des résultats initient des réflexions de groupe intéressantes pour le fonctionnement et les adaptations des structures collectives.

## Recherche de stratégies de conduite de l'irrigation par culture

L'objectif opérationnel est de proposer aux irrigants des stratégies de conduite de l'irrigation par culture, adaptées à différents contextes caractérisés par le niveau de ressource en eau, le milieu pédoclimatique et les conditions économiques.

On appelle ici **stratégie de conduite de l'irrigation** un plan d'action prévisionnel pour la conduite de la campagne d'irrigation visant à atteindre des objectifs (rendements, qualité, marge, etc) tout en respectant des contraintes (volume, débit, état de la ressource, etc). Cette stratégie, ensemble de règles de décision, est définie avant la campagne et doit s'adapter à différents scénarios climatiques et états du système. Le calendrier d'irrigation est le résultat de l'application, une année donnée, de la stratégie par la mise en œuvre des règles de décision (pilotage).

La démarche générique adoptée dans le cadre de ce projet consiste

à mettre au point, pour chaque culture indépendamment des autres, un simulateur de conduite de l'irrigation. Cet outil informatique couple, au pas de temps journalier, un modèle décisionnel représentant de manière simplifiée l'enchaînement des décisions de conduite de l'irrigation prises par l'irrigant et un modèle biophysique de la culture représentant le développement, la croissance, le fonctionnement hydrique et l'élaboration du rendement. Le modèle biophysique fournit au pas de temps journalier les valeurs de variables du système sol-plante-climat utilisables comme indicateurs de décision par le modèle décisionnel. Celui-ci 'décide' des apports d'eau d'irrigation (telle dose tel jour) et renvoie cette action au modèle biophysique.

L'outil peut simuler l'application d'une stratégie sur une série climatique et en évaluer les performances (eau consommée, rendement, marge, etc). La comparaison de plusieurs stratégies peut alors être faite sur plusieurs critères en tenant compte de la variabilité climatique. L'adjonction d'un algorithme d'optimisation vise à rechercher les meilleures stratégies pour un contexte donné.

Le maïs grain est la culture modèle pour ce type d'approche. Les travaux ont porté aussi sur le blé dur (conduite conjointe de l'irrigation et de la fertilisation azotée) et le tournesol.

### Maïs

L'outil de simulation bio-décisionnel en cours de mise au point s'appelle MOUSTICS Maïs, couplage du module décisionnel de MODERATO et du modèle biophysique STICS maïs. Il s'agit notamment de proposer des stratégies de conduite de l'irrigation adaptées aux contextes pour lesquels la ressource en eau est inférieure à celle qui serait nécessaire pour couvrir les besoins 8 ans sur 10. L'outil devrait prendre en compte l'indicateur volume restant pour réviser la stratégie en cours de campagne.



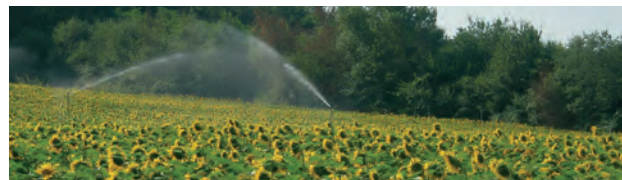
## Blé dur

L'objectif est de proposer des stratégies de conduite conjointe de l'irrigation et de la fertilisation azotée pour améliorer le rendement et la teneur en protéines. La thèse de Solenne Guillaume a permis de paramétrer et d'évaluer le modèle STICS blé dur et de conduire des enquêtes chez les producteurs de blé dur pour concevoir un modèle décisionnel en cours de construction.

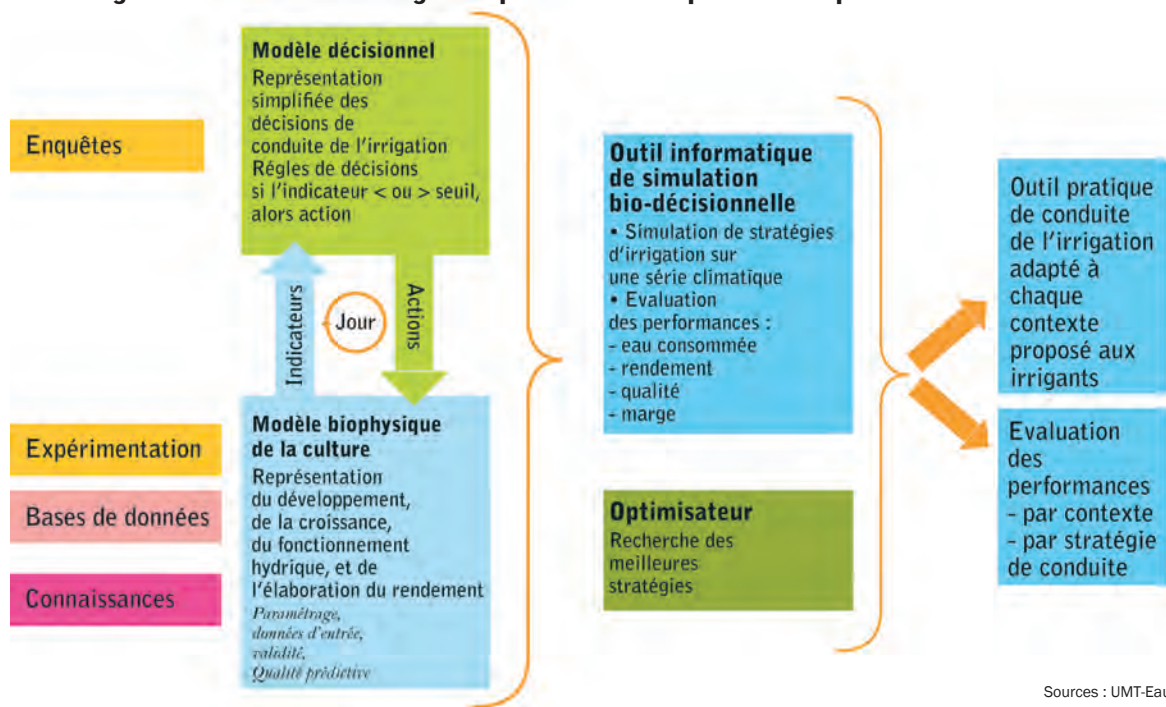


## Tournesol

Il a été décidé de réaliser deux simulateurs résultant du couplage d'un modèle décisionnel unique et de deux modèles de culture, pour répondre à des objectifs différents: spécificité vis-à-vis du tournesol avec Sunflo (modèle INRA - CETIOM) et approche multi-cultures avec STICS. Le modèle décisionnel, en cours de construction, permettra de simuler les stratégies mises en œuvre par les agriculteurs et celles préconisées ou imaginées par les agents de développement.



### Démarche générique de la construction et de l'utilisation d'un simulateur pour proposer des stratégies de conduite de l'irrigation par culture adaptées à chaque contexte



## La réponse à l'eau du sorgho

L'essai de Gaillac (81) comparant la réponse à l'eau du sorgho et du maïs en 2009 et 2010, deux années sèches, sur des sols limoneux d'alluvions récentes du Tarn, montre un rendement potentiel du sorgho (100 q/ha) nettement inférieur à celui du maïs (135 q/ha), des rendements équivalents en non irrigué (50 à 60 q/ha pour les deux espèces), des fonctions de production rendements/consommation en eau semblables (cf. figure p. 6). Une synthèse des essais conduits à Gaillac et dans d'autres régions de production du sorgho et du maïs, Poitou-Charentes et Rhône-Alpes sera réalisée en 2012.

## Irrisoja

C'est l'outil de pilotage de l'irrigation du soja développé par le Cetiom. Il est basé sur des mesures de tension de l'eau dans le sol (sondes Watermark®) à 30 et 60 cm de profondeur. En fonction de la nature du sol, du stade de la culture et de la durée du tour d'eau, l'outil calcule des seuils de tension au-delà desquels un tour d'eau doit être engagé.

