

# **Agence de l'EAU Rhône - Méditerranée - Corse**

## **Rapport Action n°25**

**(convention Cemagref AERMC n°2009 0629)**

### **Modélisation participative des impacts technico-économiques pour l'agriculture de différents scénarios de gestion de la ressource en eau en situation de déséquilibre quantitatif**

Etude de cas dans la basse vallée de la Drôme

Cemagref UMR G-EAU Equipe Envirri

Juin 2011

Modélisation participative des impacts technico-économiques pour l'agriculture de différents scénarios de gestion de la ressource en eau en situation de déséquilibre quantitatif .....	1
Etude de cas dans la basse vallée de la Drôme.....	1
A.    Introduction.....	3
B.    Rappels de la démarche générale et du contexte drômois.....	4
1.    Méthode et démarche générale .....	4
2.    L'étude de cas en basse vallée de la Drôme.....	5
2.1.    Contexte institutionnel.....	5
2.2.    Contexte physique et usages de l'eau.....	5
2.3.    Une représentation co-construite de l'agriculture du territoire.....	5
C.    Méthode pour la simulation de scénarios de gestion de la ressource en eau.....	12
1.    Le principe général des simulations.....	12
2.    Les outils de modélisation utilisables en séance.....	13
2.1.    Simulation de la demande en eau d'irrigation avec Pilote.....	13
2.2.    Modélisation technico-économique avec Olympe.....	14
2.3.    Liaison Pilote-Olympe .....	15
2.4.    Modèle de données.....	15
3.    Les indicateurs.....	15
3.1.    A l'échelle du territoire.....	16
3.2.    A l'échelle des exploitations... et du territoire .....	17
4.    Analyses préalables.....	17
4.1.    Analyse de la sécheresse dans la vallée de la Drôme et choix d'une année pour les simulations.....	17
4.2.    Estimation du niveau de contrainte matérielle des irrigants .....	24
5.    Ateliers de simulation.....	26
5.1.    Déroulement général des ateliers.....	26
5.2.    Co-construction et simulation d'un scénario 0 de référence .....	27
5.3.    Co-construction et simulation des scénarios de restrictions .....	30
5.4.    Discussion et co-construction d'un scénario d'évolution des assolements .....	32
D.    Résultats.....	34
1.    Etude de cas de la basse vallée de la Drôme .....	34
1.1.    Résultats des simulations en situation de restrictions.....	34
1.2.    Un scénario d'évolution des assolements.....	40
E.    Conclusions : enseignements sur la méthode et les outils .....	43
Annexe : La structure de la base de données Pilote-Reg .....	45

## A. Introduction

La gestion de l'eau sur de nombreux bassins versant en France doit faire face à des conflits entre usages et se trouve en difficulté pour faire face aux réglementations européennes en particulier la DCE. Des gouvernances locales en relation avec la mise en place des SAGE, avec l'appui des différents services administratifs et en particulier des Agences de l'Eau, commencent à émerger sur un certain nombre de territoires.

Cependant dans la plupart des cas la gestion de l'eau reste une gestion de crise, comme elle l'a été depuis de nombreuses années, avec notamment des « Comités Sècheresse » et des prises de décision dans l'urgence impliquant des restrictions d'accès à l'eau, en particulier pour l'irrigation. Les acteurs locaux (agriculteurs et autres) supportent difficilement cette situation, et ceci d'autant plus que les tentatives pour en sortir ont du mal à déboucher.

Les méthodes et les outils pour favoriser la réflexion et les échanges entre les acteurs manquent lorsqu'il s'agit de prendre en compte le cas de l'utilisation agricole de l'eau et en particulier l'irrigation. Une série de travaux de recherche s'appuient sur des modèles mathématiques qui prennent en compte d'une part l'utilisation de l'eau par les cultures à l'échelle de la parcelle, et d'autre part des représentations (le plus souvent fixes) des pratiques et des décisions des agriculteurs. Les évaluations économiques se fondent de la même manière sur le schéma précédent. Les effets de différents scénarios sur la gestion de l'eau portent classiquement sur les changements de contexte agronomiques (systèmes de culture) ou de contexte économiques et réglementaires. D'autres types de travaux sont centrés sur la prise en compte des interactions entre les différents types d'acteurs : la modélisation s'appuie sur la théorie des jeux, mais la représentation des phénomènes biophysiques est très simplifiée.

Si une complémentarité peut exister avec les précédentes, la méthode proposée dans ce travail a pour objectifs de construire des réponses opérationnelles avec les acteurs. Elle prend appui sur l'élément-clé de l'organisation de l'activité agricole qu'est l'exploitation, où les prises de décisions trouvent leur cohérence à la fois du point de vue technique (et en particulier agronomique) et économique. Elle se fonde sur une modélisation technico-économique à l'échelle de l'exploitation agricole pour accéder à des représentations à l'échelle du territoire. La modélisation est mise en œuvre dans le cadre d'une approche participative. Ce travail complète et poursuit la méthode développée dans le cadre du projet ANR ADD APPEAU

Ce rapport illustre la mise en œuvre de la démarche élaborée en s'appuyant sur l'étude de cas de l'aval du bassin versant de la Drôme. Il met l'accent sur les dernières phases qui permettent, en partant du modèle co-construit, d'élaborer et d'analyser des scénarios avec les acteurs pour évaluer la valorisation de l'utilisation agricole de l'eau et les alternatives possibles dans des contextes de tension sur la ressource en période estivale.

Les étapes et résultats intermédiaires ont fait l'objet de nombreux échanges et de présentations (qui ne seront pas détaillées dans ce rapport) à des groupes d'acteurs et à différentes structures locales, en lien en particulier avec le SAGE Drôme.

Après un rappel de la démarche générale et du contexte spécifique du cas étudié : le bassin versant aval de la Drôme, la méthode élaborée pour la simulation de scénarios de gestion de l'eau sera présentée, et les principaux résultats seront illustrés en mettant l'accent sur les simulations réalisées et l'évaluation de la valorisation de l'eau.

## **B. Rappels de la démarche générale et du contexte drômois**

### **1. Méthode et démarche générale**

La méthode mise en œuvre peut être résumée succinctement, mais il est primordial de ne pas la dissocier de la démarche participative sur laquelle elle s'appuie. Elle est fondée sur la prise en compte préalable des objectifs des acteurs lors de la mise en place initiale du travail, ce qui est indispensable pour lui conférer la légitimité nécessaire. Les étapes clés peuvent ensuite être résumées et décomposées en trois parties : une analyse de l'activité agricole de la zone d'étude, une modélisation technico-économique à partir d'exploitations types, la co-construction et la simulation de différents scénarios de gestion de l'eau avec les acteurs.

La première étape requiert la mobilisation de données existantes et notamment disponibles dans les bases de données administratives (RGA, données PAC, données élevage...) mais aussi de données d'autres origines (notamment groupements de producteurs, coopératives...) pour les productions et filières spécialisées. Les données descriptives statistiques, traitées sur une base strictement anonyme doivent être complétées si possible par des données représentatives au niveau économique (fermes de référence, panels de la profession agricole...). Aussi bien au niveau technique qu'économique, ces données sont complétées par des enquêtes afin de les adapter au contexte local.

L'analyse des données, leur confrontation et leur validation lors des réunions avec les acteurs, permettent la création d'informations et la mobilisation des nouvelles données nécessaires.

Dans un deuxième temps la construction des modèles d'exploitations conduit à établir des liens fonctionnels entre les différentes entités techniques et économiques à l'échelle des unités de gestion représentatives que sont les exploitations-types. Ces liens sont modélisés pour une campagne agricole, donc un assolement et un climat donné mais aussi un contexte économique défini. Les aléas du climat et du marché sont des aspects qui ne peuvent être ignorés ; les outils retenus, Pilote (Mailhol et al., 1997, 2004 ; Khaledian et al., 2009) pour le modèle de culture et Olympe (Attonaty et al. 2004 ; Le Grusse et al., 2006) sont opérationnels pour prendre en compte ces aléas. Il est ensuite possible de passer à l'échelle du territoire à partir de l'agrégation des exploitations-types en tenant compte des effectifs des différentes classes d'exploitations rattachées à un type donné.

Cette étape repose sur la prise en compte des pratiques des agriculteurs et l'identification des règles d'adaptations aux aléas pour une (voire des) année(s) représentative(s).

Aborder des scénarios est l'étape délicate que l'on aborde dans un troisième temps. Afin de disposer des degrés de liberté supplémentaires dans une approche avec les acteurs, il a été convenu de définir des situations virtuelles ; un tel choix permet de déconnecter en partie les simulations des situations concrètes - souvent conflictuelles - rencontrées sur les territoires. Les acteurs, dans ce cas, se sentent alors légitimes pour demander d'explorer des situations éloignées du contexte récent, avec des conditions de confort hydrique ou de restrictions d'accès à l'eau plus contraignantes.

La co-construction et la réalisation simultanée de simulations de cas types lors d'ateliers avec les acteurs requiert à cette étape de disposer d'outils adaptés : un effort particulier a donc été porté dans ce travail au développement et à l'adaptation des outils pour leur permettre de répondre aux besoins. Ce point sera développé ci-dessous.

Enfin il convient de noter que la démarche avec les acteurs est itérative. Elle repose, lors des différentes phases, sur la présentation des résultats intermédiaires et la validation/remise en cause/réajustement des informations utilisées. Ces réunions, comme indiqué, ont été complétées par de véritables ateliers de travail avec des représentants des principales exploitations types. Les travaux conduits majoritairement avec les acteurs agricoles ont

systématiquement fait l'objet de présentations élargies aux autres acteurs soit dans un cadre informel en impliquant les principaux partenaires, soit dans le cadre formel du SAGE (Commission Usages Agricoles et Industriels ou CLE plénière). La souplesse qui a résulté de cette relative autonomie d'organisation permet que le travail se poursuive malgré des modifications dans le dispositif institutionnel du SAGE, et donc d'une partie du partenariat du projet (cf. 2.1).

## **2. L'étude de cas en basse vallée de la Drôme**

### **2.1. Contexte institutionnel**

Le contexte institutionnel est largement documenté puisque le bassin versant de la Drôme est le premier en France sur lequel a été élaboré un SAGE. Dès l'origine, le travail s'est situé dans ce cadre, puisque les premières propositions au niveau du territoire ont été faites lors d'une réunion plénière de la CLE, et ont coïncidé avec le début de la révision du SAGE.

Le travail actuel s'est achevé en 2010 avant l'adoption d'un nouveau SAGE. Ces travaux de révision ont été initiés, il convient de le préciser, alors qu'une première institution, la CCVD, était initialement en charge de l'animation du SAGE et qu'une seconde, le SMRD, a pris ensuite le relais. La CCVD, Communauté de Communes du Val de Drôme s'est trouvée mise en difficulté, semble-t-il pour assumer son rôle au sein du SAGE du fait qu'elle regroupait seulement une partie des communes à l'aval du bassin versant. Le SRMD, Syndicat Mixte de la Rivière Drôme est une émanation du Conseil Général de la Drôme. Le fait que les travaux aient été initiés après information de la CLE et accord sur les objectifs, a probablement été un point important qui a évité un arrêt du travail. Il faut remarquer que pendant la période de transition, les activités du projet ont cependant été réduites.

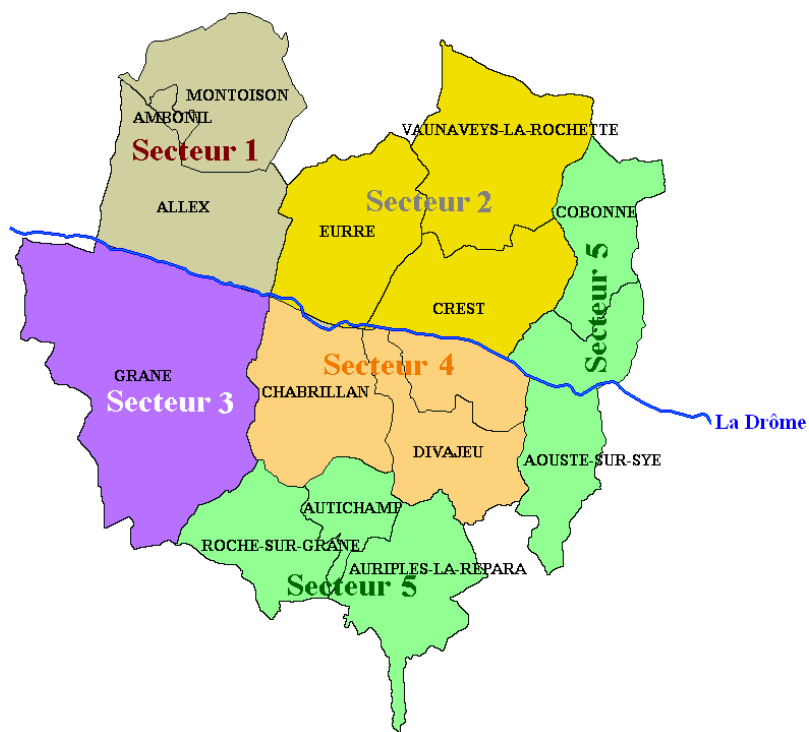
Les acteurs impliqués dans le travail réalisé ont été les acteurs locaux, les institutions en charge du SAGE, la CCVD puis le SRMD (dans le volet du travail présenté ici), les Syndicats d'irrigation (Crest Nord, Crest Sud et Alex Montoisson, SYGRED), l'ADARI (Association des Irrigants Individuels), la Chambre d'Agriculture CA26, des agriculteurs et organismes professionnels (Coopérative d'aliments du bétail, par exemple), les administrations et établissements publics (DDAF26, DSV26 et les inter-services : MISE, AERMC), les collectivités territoriales ainsi que différents usagers dans le cadre de la CLE.

### **2.2. Contexte physique et usages de l'eau**

Ces points ne sont pas repris ici, du fait que les informations sont accessibles en ligne dans les différents documents et rapports du SAGE et de l'AERMC.

### **2.3. Une représentation co-construite de l'agriculture du territoire**

Le territoire, pour l'ensemble des travaux de recherche réalisés, a été limité à l'aval du bassin versant de la Drôme où se concentre la majeure partie de l'agriculture irriguée. Un ensemble de 14 communes à l'aval et autour de Crest a été retenu (fig.1). Les deux communes de Loriol et Livron ont été exclues car elles s'approvisionnent en eau pour l'irrigation à partir du Rhône. Les 14 communes sont réparties en cinq secteurs pour prendre en compte leur accès à l'eau d'irrigation.



**Zone d'étude : Aval du Bassin Versant de la Drôme. Les 14 communes sont réparties en cinq secteurs**

Trois de ces secteurs disposent d'un réseau géré par un syndicat d'irrigation (Crest-Nord, Crest-Sud et Allex-Montoison), et l'ASA de Grâne est implantée dans le quatrième. Par contre dans le dernier, l'accès à l'eau est uniquement individuel ; mais rappelons que dans tous les autres secteurs, réseaux collectifs et pompages individuels cohabitent.

Les fichiers PAC de l'année 2005 et les installations classées ont permis de recenser sur ce territoire 286 exploitations de plus de 10ha de SAU, qui se répartissent en trois catégories, selon leur accès à l'irrigation et la présence d'ateliers d'élevages, intégrés ou non à des exploitations avec ateliers de productions végétales.

Catégorie des exploitations	Nombre d'exploitations
Irriguées	116
Non Irriguées	72
Hors sol (élevages)	98

### Répartition des exploitations (SAU > 10ha et élevages hors sol) sur l'aval du BV de la Drôme

On note le nombre élevé d'élevages principalement avicoles, ces élevages sont aussi présents dans un nombre important d'exploitations irriguées et non irriguées.

#### 2.3.1. Typologie des exploitations irriguées

Rappelons qu'une typologie a été classiquement établie en prenant en compte les exploitations dont le siège est sur le territoire à partir d'une analyse multivariée (analyse en composantes principales, suivie d'une classification hiérarchique). Cette analyse statistique différencie 8 classes ; après présentation et discussion des résultats pour validation avec les irrigants, la classe 7 a été subdivisée en deux sous classes qui se distinguaient nettement l'une de l'autre du fait d'une part en raison des spéculations dominantes, d'autre part à cause de la SAU, comme le montre le tableau ci-dessous. On aura donc 9 exploitations-types pour représenter ces différentes classes. Pour 3 classes, la présence d'ateliers d'élevage est apparu discriminant, mais on rencontre aussi de tels ateliers (principalement d'aviculture) sur certaines exploitations des différentes classes ;

##### **Classe 1 : Fourrages + Cultures d'hiver + élevages (Caprins lait et ovins viande)**

*Effectif : 11 ; SAU moyenne : 70.5 ha*

##### **Classe 2 : Céréales d'hiver + Cultures spéciales**

*Effectif : 16 ; SAU moyenne : 57.6 ha*

##### **Classe 3 : Céréales d'hiver + Cultures de printemps**

*Effectif : 25 ; SAU moyenne : 67 ha*

##### **Classe 4 : Céréales d'hiver + Maïs**

*Effectif : 11 ; SAU moyenne : 70.45 ha*

##### **Classe 5 : Maïs + Porcs engraissement**

*Effectif : 5 ; SAU moyenne : 51.7 ha*

##### **Classe 6 : Aviculture + Cultures de printemps + Maïs**

*Effectif : 7 ; SAU moyenne : 46.85 ha*

**Classe 7 :**

**Classe 7 A : Semences + Céréales d'hiver**

*Effectif : 20 ; SAU moyenne : 66 ha*

**Classe 7 B : Cultures Spéciales + Céréales d'hiver**

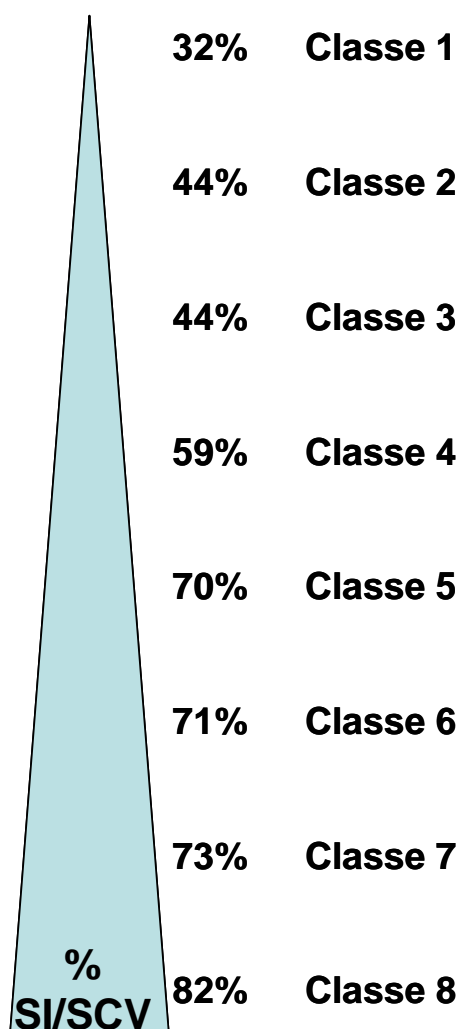
*Effectif : 9 ; SAU moyenne : 30 ha*

**Classe 8 : Maïs + Céréales d'hiver**

*Effectif : 12 ; SAU moyenne : 67 ha*

**Tableau récapitulatif des classes d'exploitations irriguées**

Ces classes se différencient par le pourcentage de leur surface qui est irriguée (SI). Afin de ne pas introduire de biais du fait de la présence de landes et parcours sur certaines exploitations, le critère retenu est celui du rapport entre SI et surface en cultures de ventes.



**Pourcentage de surface irriguée par rapport à la surface en cultures de vente**

Les trois dernières classes présentent un rapport supérieur à 70%, ce qui fait apparaître un recours marqué à l'irrigation, à la fois pour des cultures d'hiver qui sont irriguées à la fin du printemps, et pour des cultures de printemps avec des apports importants en période estivale. Il faut ajouter, ce qui n'est pas repris ici, qu'il conviendrait aussi de ne pas ignorer

l'eau virtuelle nécessaire pour produire les aliments des élevages, d'autant que les productions céréalières du territoire ne couvrent pas entièrement les besoins, notamment pour l'aviculture.

### 2.3.2. Actualisation des données

Les données qui ont été utilisées pour établir les résultats précédents couvrent les années 2005-2006 (BRUNEL L., 2008). Il était donc nécessaire, dans un premier temps, de s'assurer de la validité pour les années ultérieures des données de base sur laquelle est fondée la typologie, du fait notamment de l'évolution du contexte réglementaire (PAC) et des aléas du marché. Les principales données structurelles et d'assolement des exploitations, ainsi que les données concernant les surfaces irriguées dans la zone d'étude, ont été analysées.

De même les données économiques (produits et charges de production) ont été établies et validées avec les agriculteurs en mars 2009. Il a été convenu que ces données pouvaient être utilisées dans le cadre du présent travail, dans la mesure où elles constituent un ensemble cohérent, à des niveaux moyens de prix des productions agricoles. Il importera de garder à l'esprit les variations importantes auxquelles sont soumis ces prix, et l'impact de ces variations sur les stratégies des agriculteurs, et sur les résultats des simulations. Cela exclut des extrapolations hors de ce contexte en particulier dans le cadre de comparaison avec les autres activités économiques

	2005	2007	2008
SAU zone d'étude	9771	10064	10063
Nombre d'exploitations (siège zone d'étude)	260	259	257
SAU exploitations (siège zone d'étude)	10418	10639	10798
SAU moyenne	40,1	41,1	42,0
dont hors zone	4,7	5,0	5,5
Part des exploitations siège zone d'étude dans la SAU	94,1%	92,9%	93,3%

#### SAU et nombre d'exploitations dans la zone d'étude en 2005, 2007 et 2008, d'après les données PAC (sans seuil de SAU)

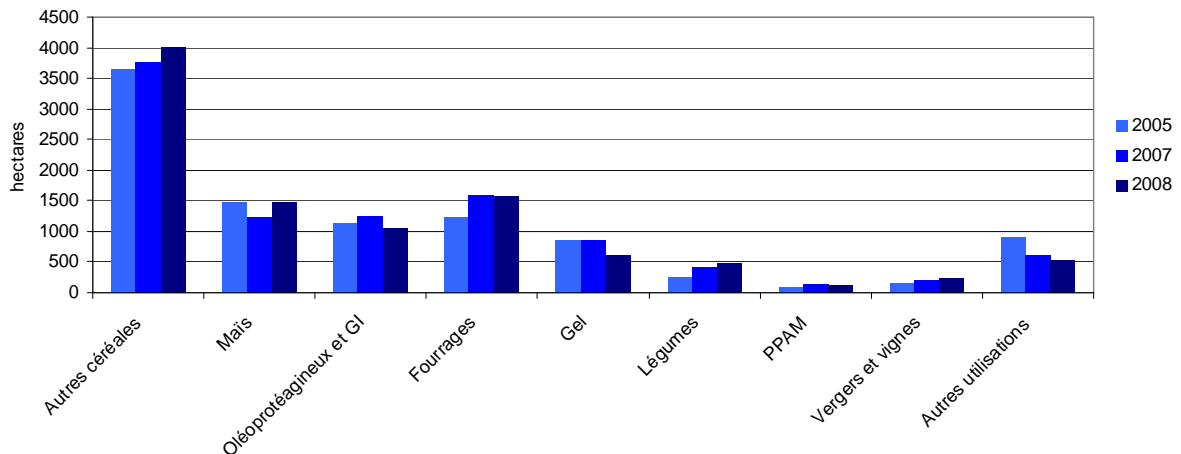
La SAU communale est stable, autour de 10 000 hectares. La différence de surface (3%) pour 2005 est probablement due à des cultures non déclarées car non prises en compte dans la PAC. Le nombre d'exploitations dont le siège se trouve dans la zone d'étude l'est également, et s'élève à 257 en 2008. Pour autant que la cohérence des données entre les trois années considérées permette d'en juger, la tendance est à une légère augmentation des surfaces des exploitations (+ 5% entre 2005 et 2008). La moyenne était de 40 hectares en 2005, et atteint 42 hectares en 2008.

La SAU communale de la zone d'étude reste, comme en 2005, exploitée à plus de 93% par les exploitations dont le siège se situe dans la zone d'étude.

Ce panel d'exploitations reste donc représentatif pour étudier la dynamique de l'agriculture sur le territoire.

L'histogramme par grandes catégories de cultures ne met pas en évidence de tendance marquée de l'évolution des assolements mais confirme nettement la forte diversification des espèces cultivées.

Assolement sur la zone d'étude



**Assolement sur la zone d'étude en 2005, 2007 et 2008, d'après les données PAC**

La différenciation entre les types de productions est à prendre en compte étant donné qu'une partie de la sole est consacrée à la production de semences ; les productions animales ne doivent pas être oubliées car elles ont un rôle majeur sur certaines exploitations, comme indiqué plus haut.

	2005	2007	2008
Maïs grain	1310	1204	1470
Autres COP	438	455	456
Semences	482	440	448
Verger	106	100	107
Légumes	130	58	101
PAPAM	68	59	60
Prairies	48	51	38
<b>Total été</b>	<b>2581</b>	<b>2367</b>	<b>2680</b>
Blé tendre	299	410	503
Blé dur	143	150	144
Ail	244	206	240
Autres COP	354	169	62
<b>Total hiver/printemps</b>	<b>1039</b>	<b>936</b>	<b>949</b>
<b>Total indéterminé</b>	<b>224</b>	<b>279</b>	<b>119</b>
<b>Total</b>	<b>3844</b>	<b>3583</b>	<b>3748</b>

**Surfaces irriguées par type de culture en 2005, 2007 et 2008, d'après les fiches « irrigation » PAC**

Les surfaces irriguées sont stables. Les cultures irriguées d'été occupent autour de 2 500 hectares, et les cultures irriguées d'hiver et de printemps 1 000 hectares environ.

Le maïs occupe en été un peu plus de la moitié des surfaces irriguées. Ce sont les évolutions conjoncturelles des surfaces en maïs, qui constituent, sur ces trois années, l'essentiel des variations des surfaces irriguées l'été, les autres cultures restant relativement stables.

Les cultures spécialisées irriguées telles que les PPAM (Plantes à parfum, aromatiques et médicinales), l'ail et les semences, restent globalement stables. Au sein des semences, on constate toutefois quelques évolutions : les semences de maïs et de tournesol sont en

légère diminution au profit de semences potagères ou fourragères. Les légumes connaissent des évolutions plus marquées, qui peuvent être vraisemblablement liées à des fluctuations des marchés ou à des contraintes de période de retour des cultures.

Parmi les cultures d'hiver et de printemps irriguées, le blé tendre a augmenté significativement au détriment des protéagineux et du colza.

Il convient de rester prudent sur l'interprétation de ces données. La proportion de surfaces irriguées « non déterminées » a, par exemple, varié sur les trois années considérées. De même, il existe une part de cultures en dérobé.

Cette première analyse nous a conduits à valider l'utilisation de la typologie existante des exploitations dans le cadre de ce travail.

## C. Méthode pour la simulation de scénarios de gestion de la ressource en eau

### 1. Le principe général des simulations

Le travail rapporté ici s'appuie sur la représentation de l'agriculture du territoire (typologie et modèle technico-économique des exploitations) construite précédemment, pas à pas, avec les acteurs locaux.

Partant de ce modèle de l'agriculture du territoire, il s'agit de co-construire différents scénarios de gestion de la ressource en eau en année sèche, et d'en simuler les impacts en termes économiques, sociaux et environnementaux.

Le principe général de ces simulations est représenté dans le schéma ci-après.

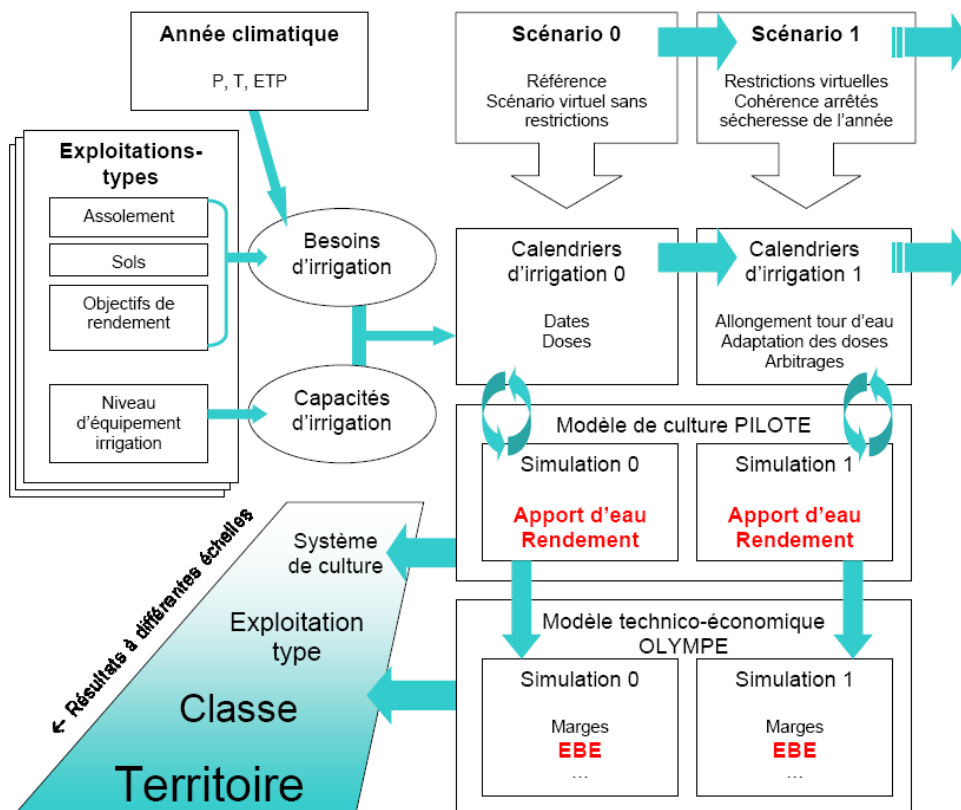


Schéma de principe des simulations de scénarios de gestion de la ressource en eau

Pour une **année climatique** sèche donnée, on considère tout d'abord un premier **scénario 0** virtuel, dans lequel n'intervient aucune restriction des usages de l'eau, et qui sera pris comme référence.

En tenant compte d'un ensemble de paramètres technico-économiques propres à chaque exploitation-type (assolement, sols, objectifs de rendements, matériel d'irrigation...), on construit des **calendriers d'irrigation 0** des cultures d'été, qui peuvent être considérés comme idéaux, puisqu'ils ne résultent d'aucune contrainte quant à l'accès à la ressource en eau.

Ces calendriers d'irrigation alimentent le **modèle de culture Pilote**. Celui-ci simule les rendements obtenus pour les différentes combinaisons de cultures, de sols, de dates de semis et de calendriers d'irrigation.

Apports d'eau et rendements simulés sont ensuite intégrés au **modèle technico-économique Olympe**, duquel il est possible de dégager un ensemble d'indicateurs économiques des exploitations.

Les résultats sont alors disponibles pour le scénario 0 de référence à l'échelle de la parcelle, du système de culture et de l'exploitation. L'effectif de chaque exploitation-type dans le territoire est pris en compte, pour aboutir finalement à des résultats de simulations à l'échelle du territoire.

Différents **scénarios de restriction** sont ensuite construits avec les participants, correspondant à des niveaux croissants de contraintes réglementaires sur l'accès à la ressource en eau, et destinés à simuler la prise d'arrêtés de restriction des usages de l'eau à différentes dates et de différents niveaux.

La réaction de chaque **exploitation-type**, confrontée à des niveaux de contrainte croissants, est caractérisée avec les participants : espacement dans le temps des irrigations, arbitrages entre cultures, adaptation des doses... Les calendriers d'irrigation en condition de restriction sont ainsi dérivés du calendrier 0, et sont intégrés aux modèles de la même façon que précédemment.

La **comparaison des différents scénarios de restriction avec le scénario 0 de référence** permet d'évaluer, par le biais de plusieurs indicateurs, l'impact technico-économique des restrictions.

A partir de l'exploitation de ces résultats et indicateurs, l'objectif est ensuite de réfléchir à des alternatives : opportunité de mobiliser des ressources de substitution, possibilités et contraintes en matière d'évolution des assolements...

Les objectifs de ces simulations sont donc de plusieurs ordres :

- Comprendre et caractériser les pratiques d'irrigation en condition de sécheresse
- Evaluer les conséquences de plusieurs scénarios de gestion de la ressource en eau, aux différentes échelles
- Créer et partager des informations indispensables pour prendre en compte les aspects socio-économiques dans la gestion de la ressource en eau
- Produire des indicateurs utiles à la prise de décision
- « Objectiver » les contraintes et les possibilités d'évolution
- Contribuer à la construction d'une gouvernance locale

Les différentes phases de la simulation sont présentées plus en détail dans les chapitres suivants.

## **2. Les outils de modélisation utilisables en séance**

Les simulations réalisées font appel à deux modèles :

- Un modèle de culture, **Pilote**, qui fournit des résultats en termes de rendement des cultures et de consommation en eau d'irrigation.
- Un modèle technico-économique, **Olympe**, qui permet de calculer un certain nombre d'indicateurs économiques sur une exploitation ou un ensemble d'exploitations.

### **2.1. Simulation de la demande en eau d'irrigation avec Pilote**

Le logiciel Pilote a été développé au Cemagref (Mailhol et al., 1997) et au cours des 15 dernières années, adapté à différentes cultures à partir de travaux en station expérimentale et de suivis chez des agriculteurs (cas de l'ail et du maïs semence dans la Drôme par exemple). Il se compose de deux modules :

- le module "Sol", qui modélise les transferts d'eau dans le sol au moyen de trois compartiments (ou réservoirs) : un réservoir superficiel, qui gère les échanges d'eau avec l'atmosphère (évapotranspiration), un réservoir médian, qui évolue avec l'enracinement de la plante, et un réservoir profond, situé sous le front racinaire.
- le module "Plante", qui simule l'évolution de l'indice foliaire (LAI) en fonction des conditions hydriques et des sommes de températures correspondant aux différents stades du développement de la plante. Il a en effet été montré que le LAI est un bon marqueur de la capacité de production de matière sèche de la plante et donc du rendement final de la culture.

Associée avec les données climatologiques de la période sur laquelle s'effectue la simulation, la combinaison des deux modules fournit, pour une culture et des caractéristiques de sol données, une prévision du rendement et une estimation de la consommation en eau d'irrigation nécessaire pour atteindre ce rendement. Pilote réalise un bilan hydrique complet sur la période de simulation et fournit en particulier les dates et le volume des apports d'eau. Il permet également de simuler l'impact d'un calendrier d'irrigation imposé sur le rendement de la culture.

Les données climatiques permettent de caractériser des années sèches, moyennes et humides, ainsi que leurs fréquences d'apparition sur une période donnée. On peut donc utiliser les données des années passées afin de simuler la consommation en eau pour une période à venir. Il est également possible de simuler l'impact de facteurs extérieurs, tels que les restrictions en eau consécutives aux arrêts sécheresse, par exemple.

Les informations concernant la consommation en eau et l'estimation du rendement des cultures au niveau du territoire sont utilisées dans l'étape suivante de la méthode, qui fait appel au logiciel de simulation technico-économique Olympe.

## **2.2. Modélisation technico-économique avec Olympe**

Le logiciel Olympe a été développé pour l'INRA par Jean-Marie Attonaty. C'est un outil de modélisation permettant l'analyse des stratégies des agriculteurs, la prise de décision et l'analyse prospective. Il possède aussi un module d'agrégation permettant une approche régionale.

Olympe fonctionne comme une base de données et un calculateur (type tableur). Sa particularité est de pouvoir intégrer toutes les caractéristiques de l'exploitation agricole, lui permettant de répondre facilement à toute analyse micro-économique, mais également d'effectuer des simulations via un module aléas sur les prix ou les quantités. Les données concernent :

- les ateliers de production élémentaires (cultures, animaux ...)
- des règles de calcul standard ou personnalisées
- des aléas sur les prix et sur les quantités des produits et des charges
- l'exploitation agricole et la famille (assolement, cheptel, consommation familiale...)
- la typologie des exploitations et les effectifs par classe.

Il possède des fonctions automatisées qui permettent de calculer rapidement marges et bilans, ainsi que des fonctions manuelles qui lui donnent une souplesse d'utilisation.

On peut ainsi reconstruire la réalité d'une exploitation existante (ou la reconstruire à partir d'une typologie existante) et y inclure les changements en cours (la diversification par exemple).

Son objectif est de fournir aux utilisateurs un outil commun de modélisation des exploitations agricoles.

En tant qu'outil d'aide à la décision, Olympe permet :

- à un agriculteur ou à un collectif d'agriculteurs, qui désirent étudier les orientations possibles, de tester les différentes hypothèses et les aléas pour établir des budgets
- à un chercheur, qui désire voir les conséquences d'un changement technique dans une exploitation ou une région, de tester les différentes possibilités.

En tant que simulateur technico-économique, il fournit :

- des résultats standards (compte d'entreprise, bilan, trésorerie),
- des états de sortie adaptés, construits par l'utilisateur,
- des graphiques.

Grâce à cette fonction de simulateur, il permet de construire des variantes d'un même cas étudié et de les comparer entre elles. Ces variantes peuvent porter sur :

- des modifications du système de production,
- la prise en compte d'aléas,
- des modifications de réglementation amenant des changements de règles de calcul.

L'analyse des résultats est facilitée par la création d'indicateurs ou d'états de sortie adaptés pour synthétiser l'information nécessaire à la prise de décision. Toutes les données et résultats sont transférables sur tableur.

### **2.3. Liaison Pilote-Olympe**

En l'état actuel, il n'est pas possible de transférer automatiquement et de manière simple les données issues de Pilote dans Olympe. Des solutions impliquant une étape intermédiaire (fichier texte au format csv (Excel) ou tables Access) existent mais doivent encore être améliorées. Les données doivent donc être saisies manuellement.

### **2.4. Modèle de données**

D'un point de vue pratique, Pilote fonctionne en mode "console", dans une fenêtre d'exécution MS-DOS, avec une ligne de commande qui fournit les paramètres de la simulation, lesquels sont contenus dans des fichiers texte. Chaque simulation correspond à une combinaison plante/sol/météo ; plusieurs simulations sont donc nécessaires pour obtenir une estimation des besoins en eau et des rendements sur une exploitation et, d'une manière plus générale, sur un territoire quelconque.

Afin de faciliter le travail de simulation avec le modèle Pilote, une interface a été développée, à partir d'une base de données Access. Celle-ci permet de générer les fichiers nécessaires aux simulations et d'utiliser Pilote sans avoir recours à la ligne de commandes MS-DOS.

Les paramètres nécessaires au fonctionnement de Pilote sont enregistrés dans la base de données, qui contient également les caractéristiques du territoire étudié. L'interface proprement dite est réalisée en VBA (Visual Basic pour Applications) et fait appel à plusieurs formulaires de saisie et boîtes de dialogue qui guident l'utilisateur.

Grâce à cette application, un grand nombre de simulations peuvent être réalisées très rapidement. Les résultats sont ensuite agrégés pour obtenir une information synthétique sur l'ensemble du territoire. La structure de la base de données est précisée en annexe

## **3. Les indicateurs**

La comparaison des différents scénarios de restriction des usages avec le scénario 0 de référence doit permettre d'évaluer l'impact technico-économique et social des restrictions. Pour ce faire, plusieurs indicateurs ont été définis.

Dans le cadre de ce travail, ces indicateurs ont été calculés pour une année sèche donnée. L'analyse d'une série climatique plus longue permettrait d'évaluer la représentativité de l'année simulée. Cette étape supplémentaire serait nécessaire pour préciser et exploiter de manière plus opérationnelle les indicateurs.

### **3.1. A l'échelle du territoire**

#### **3.1.1. Indicateurs « primaires »**

##### **Déficit en eau (demande en eau non satisfaite)**

Le *déficit en eau* résultant des différents scénarios de restriction est calculé par la différence entre la demande en eau calculée pour le scénario 0 de référence et les apports d'eau totaux calculés dans les scénarios de restriction.

Le déficit en eau correspond ainsi à la demande en eau non satisfaite à l'échelle du territoire. Ce déficit concerne uniquement la période estivale, au cours de laquelle interviennent les restrictions. Cet indicateur peut donc être rapproché du volume d'eau supplémentaire qu'il serait nécessaire de mobiliser en été pour satisfaire intégralement la demande en eau sur l'année considérée. Toutefois, il convient de garder à l'esprit que le lien entre prélèvements et débit de la rivière (donc déclenchement théorique des crises) ne peut être aussi simplement caractérisé.

##### **Déficit d'EBE (Excédent Brut d'Exploitation)**

De la même façon, on calcule le *déficit d'EBE* par différence entre l'EBE calculé dans les scénarios de restrictions et l'EBE calculé pour le scénario de référence, à l'échelle du territoire.

##### **Valorisation possible de l'eau non disponible**

La *valorisation possible de l'eau non disponible* correspond au rapport entre le déficit d'EBE et le déficit en eau, en  $\text{€(EBE)} / \text{m}^3$ . Cet indicateur exprime donc, pour une année donnée, la perte marginale d'EBE par  $\text{m}^3$  d'eau non disponible, dans chacun des scénarios de restrictions.

Cet indicateur est à rapprocher des coûts des différents projets de création de ressources de substitution. Il donne en effet un ordre de grandeur du coût maximum pour qu'un tel projet reste rentable, c'est-à-dire pour qu'il génère plus de richesse qu'il n'en coûte. Toutefois, pour comparer directement cet indicateur au coût unitaire annuel des projets de stockage ou de transfert d'eau, il sera indispensable d'intégrer une dimension pluriannuelle.

#### **3.1.2. Indicateurs « secondaires »**

##### **Volume total mobilisé**

Le *volume total mobilisé* est le volume d'eau délivré par les réseaux collectifs. Tous les réseaux du secteur pratiquent une tarification binomiale, avec une part liée au volume délivré. Le volume délivré est donc une composante de la recette des structures gestionnaires de réseaux. Les scénarios de restriction, en diminuant les prélèvements, diminuent donc la recette des structures gestionnaires, avec une incidence à moyen terme sur le prix de l'eau, voire sur la pérennité de ces structures ainsi que des exploitations agricoles.

##### **Taux de couverture des besoins en alimentation du bétail**

On peut estimer de façon simplifiée que 50 à 60% des besoins en maïs pour l'alimentation du bétail sur le territoire sont couverts par la production locale de maïs en année moyenne. Les restrictions d'eau, en impactant la production totale de maïs du territoire, font baisser le *taux de couverture des besoins en alimentation du bétail*. Cela suppose, en amont des

filières animales, des achats supplémentaires d'aliments à l'extérieur du territoire et, en aval, un impact sur la valeur ajoutée.

### 3.2. A l'échelle des exploitations... et du territoire

#### EBE par exploitation-type

L'EBE est également étudié à l'échelle de l'exploitation, pour chacune des exploitations-types. Considéré relativement à l'EBE de référence (scénario 0), l'EBE en scénario de restrictions caractérise la sensibilité de l'exploitation-type aux mesures de restrictions d'eau. Considéré en valeur absolue, il est un indicateur de la rentabilité et de la vulnérabilité de l'exploitation-type. C'est donc un indicateur du risque de disparition du type d'exploitation considéré, ce qui, en ce sens, renseigne également sur l'impact des différents scénarios à l'échelle du territoire.

Là encore, une analyse pluriannuelle permettrait d'affiner les résultats en précisant le risque de disparition de certains types d'exploitations à moyen terme.

### 4. Analyses préalables

Plusieurs analyses préalables ont été nécessaires à la préparation des ateliers de simulation. Ces analyses ont porté sur :

- la pluviométrie, l'hydrologie, les prélèvements agricoles et la gestion des sécheresses récentes, d'une part,
- les niveaux d'équipement en matériels d'irrigation des exploitations du territoire, d'autre part.

L'objectif de ces analyses était de disposer de données objectives pour :

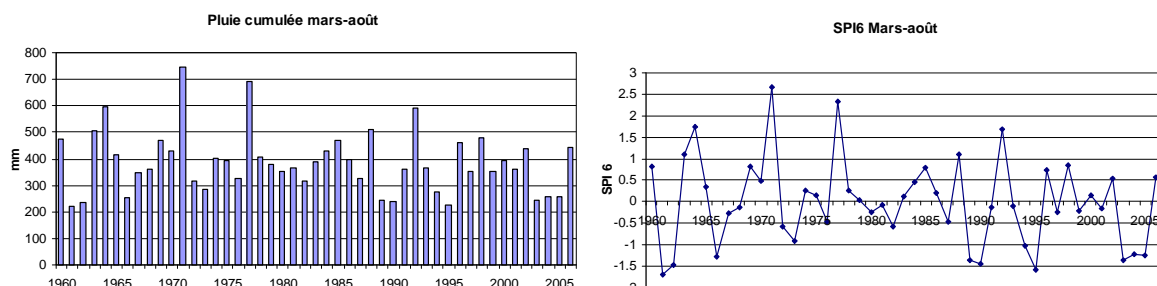
- aider au choix d'une année climatique pour les simulations,
- alimenter la co-construction des scénarios de restriction des usages,
- permettre une vérification de la cohérence globale des résultats de simulations en matière de demande en eau.

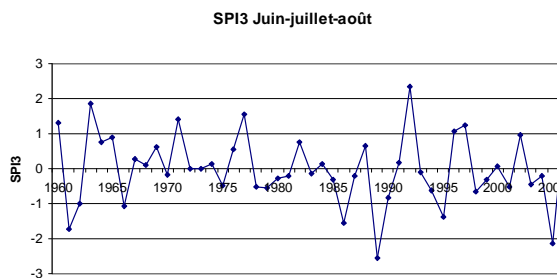
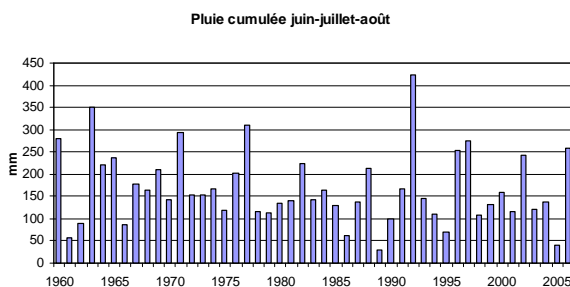
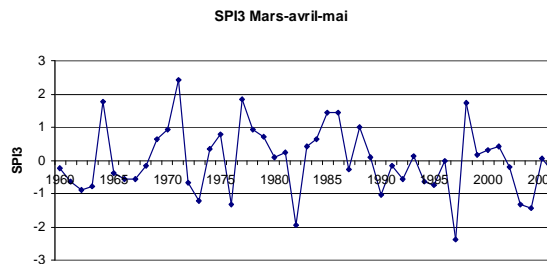
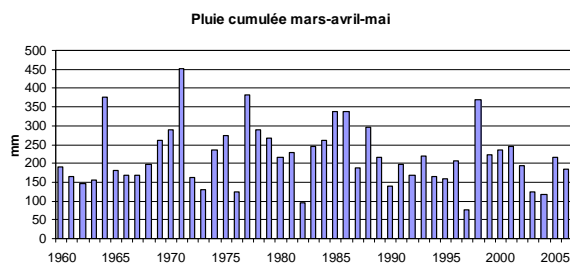
#### 4.1. Analyse de la sécheresse dans la vallée de la Drôme et choix d'une année pour les simulations

##### 4.1.1. Pluviométrie

Une analyse de la pluviométrie dans la vallée de la Drôme a été menée par Gonzalez Camacho (2007) à partir de données de la station de Montélimar sur la période 1960-2006.

Cette analyse a permis de caractériser les niveaux de précipitations printanières (mars-avril-mai) et estivales (juin-juillet-août) sur la période 1960-2006.





**Pluies cumulées saisonnières sur la période 1960-2006 et SPI (Standard Precipitation Index) correspondants – Station de Montélimar**

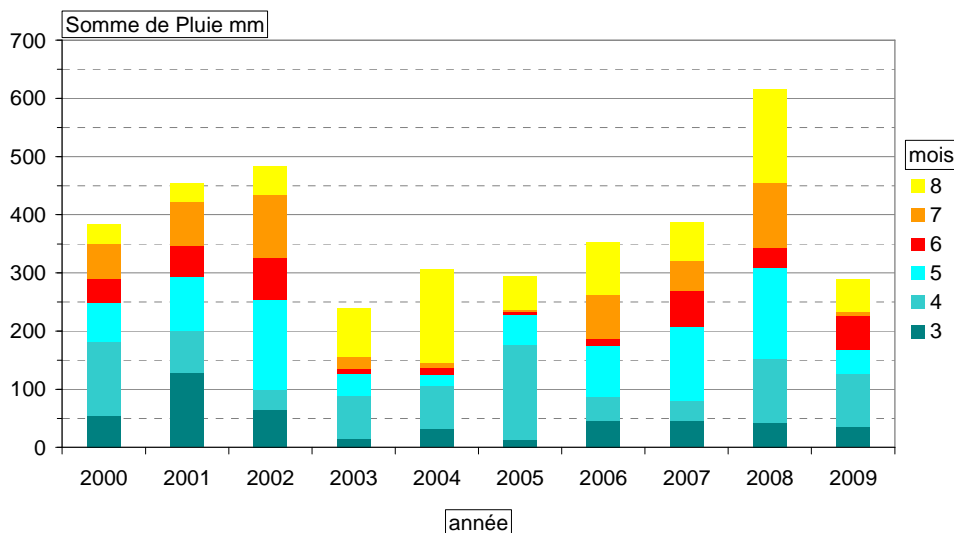
SPI	Description
> +2.0	Très humide
De +1.99 à +1.5	Humide
De +1.49 à +1.0	Modérément humide
+0.99 à -0.99	Normal
De -1.0 à -1.49	Modérément sec
De -1.5 à -1.99	Sec
< -2.0	Très sec

#### Intervalles de valeur du SPI pour caractériser les précipitations

Parmi les années récentes, 2003, 2004 et 2005 apparaissent comme des saisons modérément sèches (mars à octobre), mais figurent néanmoins parmi les 9 années les plus sèches de la période.

En 2003 et 2004, le déficit pluviométrique apparaît essentiellement printanier, tandis qu'en 2005, le printemps apparaît normal mais l'été très sec (le deuxième plus sec sur la période considérée, derrière 1989).

La station de Divajeu se trouve dans la vallée de la Drôme, à une trentaine de kilomètres au nord-est de Montélimar, et à 175 m d'altitude, contre 73 pour Montélimar. Sur le graphique ci-après figurent les précipitations mensuelles de mars à août, enregistrées par cette station, sur la période 2000-2009.



### Répartition mensuelle des précipitations de mars à août pour les années 2000 à 2009 – Station de Divajeu

2000, 2001, 2002 et 2008 apparaissent assez nettement comme des saisons moyennes ou plutôt humides.

En 2003, au printemps sec succède un été sec et exceptionnellement chaud. En comparaison aux cumuls enregistrés à Montélimar, les précipitations estivales sont, cette année là, plus faibles à Divajeu, ce qui témoigne de la forte variabilité dans l'espace des précipitations, particulièrement des orages d'été.

En 2004, la configuration des pluies est très proche de 2003, jusqu'au mois d'août qui s'avère beaucoup plus arrosé.

On retrouve 2005 qui apparaît également comme l'été le plus sec de la décennie, avec un printemps normal, même si les précipitations en mai sont restées faibles par rapport aux autres années sur la période.

2006 et 2007 présentent des mois de mai à juillet beaucoup plus humides que les trois années précédentes. 2008 également, et dans une plus forte mesure.

2009, enfin, présente un cumul assez faible sur avril-mai, comparable à 2003. Le mois de juin est plus arrosé (environ 50 mm), mais juillet et août sont secs et chauds.

#### 4.1.2. Hydrologie de la Drôme

On ne dispose pas d'enregistrements de débits en continu sur une longue période en basse vallée de la Drôme. On s'intéressera ici aux débits mesurés à Saillans, en amont de la zone d'étude, sur la période 1969-2009.

La mesure du débit à Saillans est peu influencée par les prélèvements en rivière, peu nombreux en amont, et donne une idée du comportement naturel du cours d'eau. Les graphiques ci-après présentent les débits mensuels en juin, juillet et août mesurés à Saillans sur cette période.

Il apparaît une tendance à la baisse des débits mensuels estivaux sur cette période 1969-2009, en particulier au cours des 10 dernières années (banque Hydro). Le tableau ci-après présente les résultats d'une rapide analyse statistique de ces données, et met en évidence les niveaux de sécheresse atteints dans la dernière décennie.

	juin	juillet	août
Moyenne	14,0	6,6	3,8
écart-type	10,1	4,5	1,9
CV	72%	67%	49%

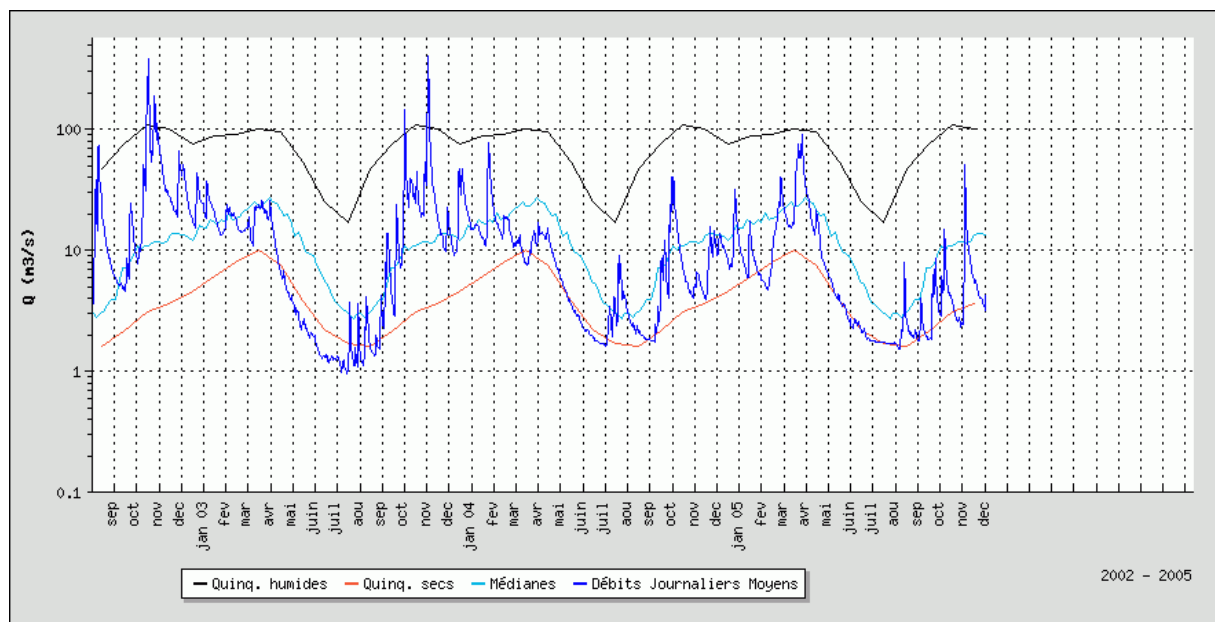
Min	2,56	1,38	1,44
1er quartile	7,03	3,495	2,55
Médiane	10,35	5,59	3,25
3ème quartile	18,435	8,035	4,46
Max	44,54	20,68	11,16

2000	5,6	3,85	2,81
2001	8,15	4,67	2,49
2002	8,79	3,86	3,22
2003	2,56	1,38	1,44
2004	3,68	1,92	3,66
2005	4,03	2,18	1,73
2006	3,42	3,34	2,53
2007	20,16	4,36	2,48
2008	21,93	6,02	4,43
2009	7,8	2,57	2,57

#### Analyse des débits mensuels de juin à août à Saillans sur la période 1969-2009 et caractérisation des années 2000 à 2009

La variabilité des débits mensuels estivaux est très importante sur la période 1969-2009. Cette variabilité est nettement plus forte en juin-juillet qu'en août. C'est l'entrée en période d'étiage qui varie beaucoup, vraisemblablement en fonction des cumuls de neige, des températures, et des précipitations printanières sur l'amont du bassin versant.

Pour les années 2000, 2001 et 2002, que l'on a qualifiées de moyennes du point de vue des précipitations, on trouve des débits moyens mensuels proches des débits médians sur la période. En 2008, année plus humide, les débits ont été très nettement supérieurs aux valeurs médianes.



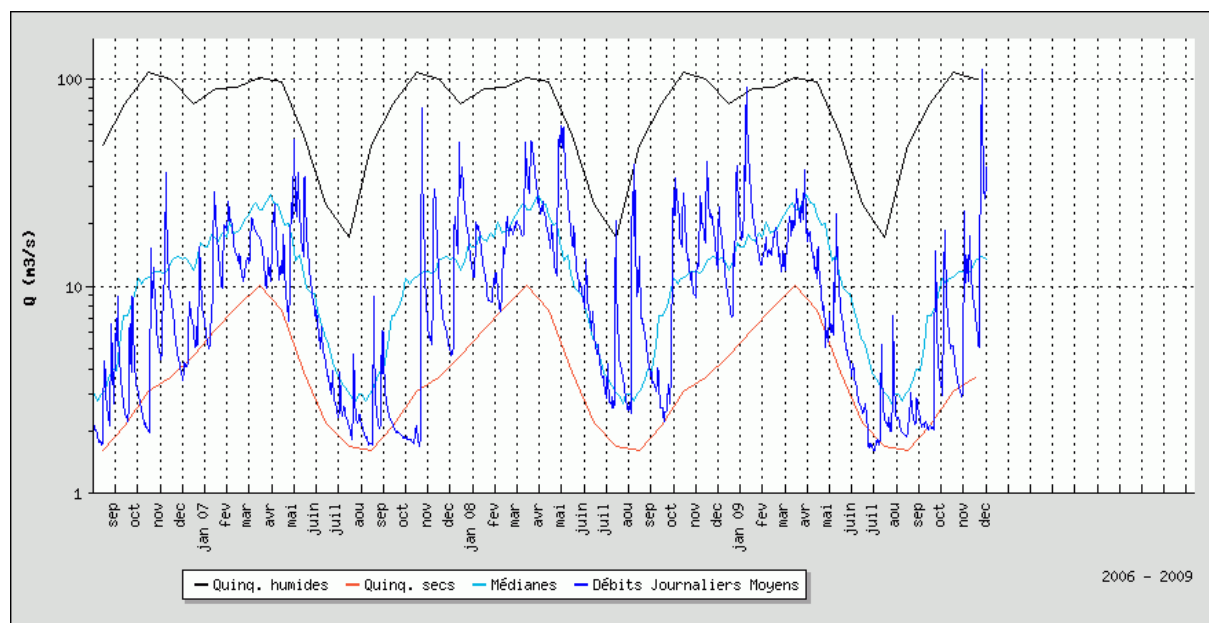
Débits moyens journaliers de la Drôme à Saillans d'août 2002 à décembre 2005 – banque HYDRO

Les graphiques ci-dessus montrent les débits moyens journaliers lors des années les plus sèches, à partir de 2003.

2003 apparaît comme l'étiage le plus sévère des trente dernières années à Saillans, avec une chute des débits qui s'amorce dès le début du mois d'avril.

2004 suivait une trajectoire similaire, quoique moins brutale, mais d'importants orages d'été ont visiblement relevé les débits dès le mois de juillet.

En 2005, avec un printemps plus humide, le débit au mois de juin est sensiblement supérieur aux deux années précédentes, mais la quasi-absence de précipitations jusqu'au mois d'août génère un étiage prolongé.



**Débits moyens journaliers de la Drôme à Saillans d'août 2006 à décembre 2009 – banque HYDRO**

En 2006, le débit, quoique relativement faible, est soutenu par quelques précipitations en juillet et en août.

2007 et 2008 présentent des débits estivaux nettement plus élevés, en comparaison avec les années précédentes.

En 2009, enfin, le débit est très faible à la fin juin début juillet. Mais une série d'importants apports en amont permet de soutenir sensiblement le débit au plus fort de la saison estivale.

#### **4.1.3. Gestion des sécheresses récentes**

L'arrêté cadre sécheresse du 13 juillet 2004 pour le département de la Drôme, prévoit les mesures à prendre, par arrêté, en période de sécheresse. Pour les organisations collectives d'irrigation, ainsi que pour les irrigants individuels disposant d'une autorisation temporaire de prélèvement avec organisation de tours d'eau (ADARII), ces mesures consistent en la mise en œuvre des restrictions établies par les règlements d'arrosage, et permettant d'atteindre 20%, 40%, puis 60% d'économies d'eau.

Pour les irrigants individuels et les organisations collectives d'irrigation ne disposant pas de règlements d'arrosage, ces mesures se traduisent par l'instauration de 2, 3, puis 4 jours d'interdiction d'arroser par semaine.

Les restrictions ne s'appliquent pas non plus de la même façon selon l'origine de la ressource (Drôme, canal de la Bourne, etc.).

Enfin, il existe des dérogations pour l'arrosage de certaines cultures (maraîchage, semences) ainsi que pour l'arrosage par goutte-à-goutte.

Les arrêtés sécheresse pris depuis 2003 pour le bassin de la Drôme ont été étudiés. Le graphique ci-après résume leurs dates et les niveaux de restrictions correspondants.

	juin1	juin2	juin3	juin4	juil1	juil2	juil3	juil4	août1	août2	août3	août4
2003			19/6	26/6	11/7				1/8	19/8		
2004							15/7		29/7	?	?	?
2005			30/6				19/7					
2006					10/7							
2007												
2008												
2009							23/7	28/7	5/8			
		Vigilance										
		Restriction niveau 1 (20% économie / 2 jours d'interdiction)										
		Restriction niveau 2 (40% économie / 3 jours d'interdiction)										
		Restriction niveau 3 (60% économie / 4 jours d'interdiction)										

#### Dates des arrêtés de restriction des usages de l'eau dans le bassin de la Drôme de 2003 à 2009

2003, 2005 et 2009 ont été, comme on l'a vu, les étiages les plus sévères de cette période.

En 2003, le niveau 2 de restrictions est instauré dès la fin juin et pour tout le mois de juillet. Le 1<sup>er</sup> août, le niveau 3 est instauré.

En 2005, le premier niveau est instauré le 30/6 et le second le 19/7. On n'atteint pas cette année le niveau 3.

En 2009, les premiers niveaux de restrictions tardent à être instaurés. En revanche, les niveaux 1, 2 puis 3 sont instaurés respectivement le 23/7, le 28/7 et le 5/8.

2005 apparaît comme une année intermédiaire sur cette période en matière de gestion de la sécheresse.

Il faut remarquer que le « niveau de restriction exceptionnel », avec interdiction de tout prélèvement à usage agricole, n'a jamais été instauré.

Deux remarques doivent être faites ici :

- Le comité sécheresse est réuni sous l'autorité des services de l'état, et la prise des arrêtés résulte chaque année d'une forme de négociation entre acteurs. On ne peut lier directement et précisément l'instauration effective des restrictions avec la situation hydrologique.
- Dans le cadre de la révision du SAGE va être défini un objectif de maintien des débits à l'étiage. Le projet prévoit pour le moment 2,4 m<sup>3</sup>/s au seuil des Puez, ce qui correspond au 1/10 du module interannuel, en attente des résultats de l'étude de détermination des volumes prélevables. Ce débit est très fortement remis en question, du fait du caractère méditerranéen de la rivière Drôme. Des discussions ont également cours en ce qui concerne les mesures à prendre pour atteindre l'objectif de maintien des débits.

Plusieurs scénarios sont donc possibles. Un des objectifs des ateliers de simulation est d'explorer ces possibles et d'envisager leurs conséquences, au moyen de scénarios co-construits avec les acteurs.

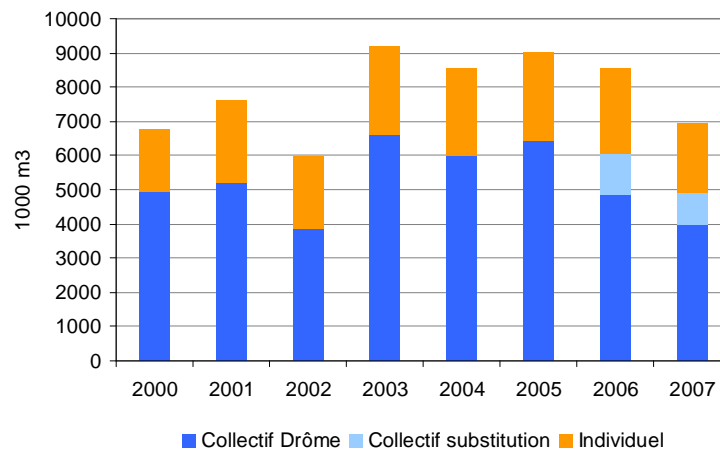
#### 4.1.4. Estimations des prélèvements

En préalable aux ateliers de simulation, un point a également été fait sur les volumes prélevés par l'agriculture sur le secteur, à partir des données « redevance prélèvements » de l'Agence de l'Eau sur la période 2000-2007.

Pour plus de précisions concernant les limites de l'utilisation de ces données d'origine déclarative, il faut se reporter à la notice de l'Agence de l'Eau RMC (<http://www.eaurmc.fr>).

Les données du SYGRED nous ont permis de compléter les volumes prélevés au niveau du système Juanon (réserve de Juanon + pompage de Chaillard sur le canal de la Bourne).

Un ajustement a été nécessaire pour estimer les prélèvements individuels. Les points de prélèvement à vocation d'irrigation déclarés à l'Agence de l'Eau et situés sur les communes de la zone d'étude ont été identifiés. Une partie de ces prélèvements étaient déclarés au forfait, sans comptage (en termes de surface irriguée, ces prélèvements sans comptage représentaient moins de 100 hectares irrigués). A partir des données relatives aux prélèvements avec comptage, on a estimé les volumes moyens annuels prélevés par hectare irrigué sur la zone, que l'on a affectés aux surfaces déclarées irriguées sans comptage. Ces volumes non comptés sont estimés à 9% du total prélevé en individuel en 2001, puis à 1 à 3% les années suivantes.



#### Estimations des prélèvements agricoles annuels de 2000 à 2007 sur la zone d'étude à partir des données de l'Agence de l'Eau RMC

Les prélèvements individuels sont ainsi estimés de manière assez constante à environ 30% des prélèvements totaux sur la zone d'étude.

En 2003 et 2005, les volumes prélevés annuels dépassent légèrement les 9 hm<sup>3</sup>. Pour les années moyennes telles que 2000, 2001 et 2007, ces volumes tournent autour de 7 hm<sup>3</sup>. En 2002, saison estivale plutôt humide, le volume prélevé descend à 6 hm<sup>3</sup>.

#### 4.1.5. Choix d'une année pour les simulations

L'année 2005 se caractérise par un printemps normal, puis par une absence de précipitations significatives de fin mai jusqu'à fin août sur l'aval du bassin versant de la Drôme. Il s'agit, en somme, d'une saison non « perturbée » par d'importants épisodes pluvieux estivaux susceptibles de modifier significativement les règles de décision des irrigants.

Les débits d'étiage à Saillans sont, cette année là, proche des débits quinquennaux, et l'étiage est relativement prolongé.

Les restrictions des usages atteignent le niveau 2, intermédiaire entre celui des années 2003 et 2009, et celui des autres années.

Pour ces raisons, l'année 2005 a été proposée aux participants comme base pour les simulations. L'année 2003 pourrait être étudiée comme un étiage historique.

## 4.2. Estimation du niveau de contrainte matérielle des irrigants

Nous n'avons pas étudié l'ensemble des règlements d'arrosage des réseaux collectifs d'irrigation du territoire. Notons que certains de ces règlements prennent en compte les débits d'équipement des usagers dans le calcul des tours d'eau.

Nous avons pris l'hypothèse que toutes les exploitations étaient soumises au même type de mesures de restriction, à savoir les jours d'interdiction d'arroser imposés aux exploitations irrigant individuellement sans organisation de tour d'eau à partir de la ressource Drôme.

Le premier effet de ces jours d'interdiction d'arroser est d'étaler et de répartir dans le temps les prélèvements. Le débit cumulé instantané de prélèvement sur la ressource diminue.

Néanmoins, confrontés à ces jours d'interdiction d'arroser, les irrigants peuvent dans une certaine mesure intensifier l'utilisation des matériels d'irrigation, de manière à compenser en partie la disponibilité plus faible dans le temps de la ressource. **Le résultat de la contrainte imposée à une exploitation par les arrêtés de restriction dépend donc également de son niveau d'équipement en matériels d'irrigation et de pompage.** Nous avons mobilisé les données recueillies dans les fiches « irrigation » pour évaluer le niveau d'équipement des exploitations, et vérifier s'il existe une corrélation entre la classe à laquelle appartient l'exploitation et son niveau d'équipement.

On disposait, pour les années 2007 et 2008, de données issues des fiches irrigation, comprenant pour chaque exploitation :

- SAU (en ha)
- Débit nominal des matériels mobiles ( $Q_E$ , en  $m^3/h$ )
- Surface en matériels fixes ( $S_F$ , en ha)
- Débit de pompage ( $Q_P$ , en  $m^3/h$ )

Chaque exploitation a été rattachée à sa classe selon la typologie des exploitations du territoire. Les enregistrements inexploitable (valeurs manquantes, valeurs incohérentes) ont été supprimés pour garder 123 enregistrements sur les deux années 2007 et 2008.

Pour chaque enregistrement, la surface irriguée d'été ( $SI_{été}$ ) a été estimée à partir de celle de l'exploitation-type correspondante, au prorata de la SAU de l'exploitation considérée.

L'indicateur nous permettant de comparer le niveau d'équipement des exploitations est

- **T : période de retour théorique des irrigations**, pour un apport de 40mm sur l'ensemble de la sole irriguée d'été de l'exploitation – en jours

Le débit nominal total des équipements d'irrigation ( $Q_M$ ) est calculé comme suit :

- $Q_M = Q_E + S_F \times Q_F$ 
  - Où  $Q_F$  est le débit d'équipement des matériels fixes, pris par hypothèse égal à  $3,5 m^3/h/ha$

Le débit unitaire réellement mobilisable en été ( $Q_R$ , en  $m^3/h/ha$ ) prend en compte la durée de fonctionnement des matériels, ainsi que les capacités de pompage de l'exploitation. Il est calculé comme suit :

- $Q_R = (k_P \times (t_E \times Q_E + t_F \times S_F \times Q_F) / 24) / SI_{été}$ 
  - Où  $k_P$  est le coefficient de limitation due aux capacités de pompage
    - $k_P = \min(Q_M ; Q_P) / Q_M$

- Où  $t_E$  et  $t_F$  sont les temps de fonctionnement journaliers (en heures) respectivement des matériels mobiles et des matériels fixes.
  - $t_E = 15$  heures
  - $t_F = 20$  heures

La période de retour théorique des irrigations  $T$  (en jours) est calculée comme suit :

- $T = 400 / (24 \times Q_R)$

La représentativité de ces résultats par classe a été estimée en comparant la variabilité intra-classe avec la variabilité sur l'ensemble de l'échantillon. Le tableau ci-après présente la moyenne par classe, l'effectif et les coefficients de variation (rapport écart-type / moyenne).

Classe	Effectifs	Moyenne			Coef. variation		
	Total	2007	2008	Total	2007	2008	Total
Classe 1	11	10,7	11,8	11,2	43%	106%	76%
Classe 2	19	5,3	5,1	5,2	80%	56%	65%
Classe 3	29	4,6	5,2	4,9	56%	53%	54%
Classe 4	14	5,2	7,7	6,8	21%	89%	81%
Classe 5	7	5,9	5,7	5,9	20%	2%	17%
Classe 6	5	7,6	7,5	7,5	9%	16%	11%
Classe 7	32	5,5	6,0	5,7	27%	28%	28%
Classe 8	6	6,2	5,9	6,0	46%	34%	37%
<b>Total</b>	<b>123</b>	<b>5,9</b>	<b>6,4</b>	<b>6,2</b>	<b>51%</b>	<b>76%</b>	<b>66%</b>

**Période de retour théorique des irrigations pour un apport de 40 mm sur l'ensemble de la surface irriguée d'été – représentativité des différentes classes**

La moyenne pour l'ensemble de l'échantillon s'établit à 6 jours environ, avec des valeurs par classe de 5 à 11 jours. La variabilité intra-classe est inférieure à la variabilité totale pour 6 classes sur 8, et très inférieure pour 5 d'entre elles. Ce qui nous permet de déduire qu'il existe bien une relation entre le niveau d'équipement en matériels d'irrigation et la classe.

A partir des valeurs obtenues pour cet indicateur, 3 niveaux d'équipement ont été distingués pour la suite de ce travail.

	Période de retour théorique des irrigations pour un apport de 40 mm sur l'ensemble de la surface irriguée l'été	Niveau d'équipement
Classe 1	Très supérieure à 7 jours	1
Classe 2	5 à 6 jours	3
Classe 3	5 à 6 jours	3
Classe 4	6 à 7 jours	2
Classe 5	6 à 7 jours	2
Classe 6	6 à 7 jours	2
Classe 7a	5 à 6 jours	3
Classe 7b	5 à 6 jours	3
Classe 8	6 à 7 jours	2

**3 niveaux de contrainte liée aux matériels d'irrigation des différentes classes d'exploitations irriguées**

Il est intéressant de noter que les classes affichant le niveau d'équipement le plus élevé correspond assez logiquement aux exploitations avec une part importante de semences et

de cultures spécialisées (classes 2, 7a et 7b), ou avec peu de cultures irriguées d'été (classe 3).

Les classes 4, 5, 6 et 8, dont le niveau d'équipement a été évalué au niveau moyen, sont celles pratiquant le plus de cultures d'été, parmi lesquelles le maïs.

Le niveau d'équipement de la classe 1 (fourrages, céréales d'hiver, caprins et ovins) a été estimé comme faible.

Compte tenu de l'origine des données, et de la multiplicité des situations rencontrées parmi les exploitations du territoire, il convient de préciser que ces éléments doivent être considérés comme de simples indicateurs.

## **5. Ateliers de simulation**

Les simulations ont été réalisées au cours de deux ateliers avec 6 à 7 irrigants du secteur les 1<sup>er</sup> décembre 2009 et 21 janvier 2010, et complétées par un exposé des résultats et une discussion auprès d'un public élargi, lors de la commission thématique « usages agricoles et industriels » du SAGE de la Drôme, le 8 février 2010.

- Le premier atelier a permis d'établir le scénario 0 de référence, puis de co-construire et simuler un premier scénario de restriction des usages (scénario 1).
- Au cours du second atelier, deux autres scénarios de restriction des usages (scénarios 2 et 3) ont été établis et simulés avec les participants. Une réflexion sur les alternatives a été amorcée, et a abouti à une discussion sur les projets de ressource de substitution, ainsi qu'à l'établissement d'un scénario de modification des assolements sur la zone d'étude.
- Restitués en commission thématique du SAGE, les résultats ont permis de poursuivre les discussions avec un public élargi.

### **5.1. Déroulement général des ateliers**

Le cheminement général des simulations réalisées en atelier a été le suivant :

- Premier atelier
  - Exposé des objectifs, des principes et des méthodes
  - Co-construction et simulation du scénario 0 de référence
    - Etude d'une première exploitation-type (ET8) permettant d'aborder les principales cultures d'été
    - Généralisation des résultats aux autres exploitations-types
    - Présentation et discussion des résultats pour le scénario 0 à l'échelle des exploitations, des classes d'exploitation et du territoire
  - Co-construction et simulation d'un premier scénario de restriction (scénario 1)
    - Etablissement des scénarios de restriction
    - Conséquences pour l'ET8, dérivées des éléments établis lors de l'étude du scénario 0
    - Généralisation des résultats aux autres exploitations-types
    - Présentation et discussion des résultats pour les scénarios de restriction à l'échelle des exploitations, des classes d'exploitation et du territoire

- Second atelier
  - Reprise des conclusions du précédent atelier, compléments apportés suite aux remarques et propositions des participants
  - Co-construction et simulation de deux autres scénarios de restriction (scénarios 2 et 3)
  - Production d'indicateurs et réflexion autour de scénarios alternatifs
    - Comparaison des scénarios de restriction avec le scénario 0 de référence, au moyen des indicateurs décrits plus haut
    - Discussion sur les projets de mobilisation de ressources de substitution
    - Etablissement et simulation d'un scénario d'évolution des assolements

Les principales phases de co-construction sont décrites en détail dans les paragraphes suivants.

## 5.2. Co-construction et simulation d'un scénario 0 de référence

### 5.2.1. Etude d'une première exploitation-type (ET8)

#### Choix de l'ET8

Afin de rendre concrète pour les participants la démarche de construction des scénarios, on travaille dans un premier temps à l'échelle d'une exploitation-type.

Le choix s'est porté sur l'ET8 (maïs + céréales d'hiver) pour plusieurs raisons :

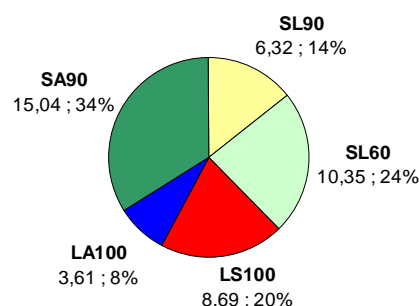
- Une bonne représentativité : l'effectif de la classe est de 12 exploitations et la classe totalise environ 1/4 de la surface irriguée l'été du territoire
- La possibilité d'aborder la pratique de l'irrigation de deux des principales cultures d'été : le maïs et le tournesol

#### Etablissement des calendriers d'irrigation de référence

Compte tenu de son importance sur le territoire en termes d'apports d'eau et en termes économiques, on a distingué le maïs des autres cultures irriguées d'été. Pour les cultures irriguées de printemps, non concernées par les restrictions, les volumes d'eau et rendements sont ceux établis par enquête.

Pour le maïs, des calendriers d'irrigation de référence (scénario 0 virtuel sans restrictions) ont été construits avec les participants. Plusieurs paramètres ont été pris en compte :

- La répartition des **types de sols** sur l'exploitation,



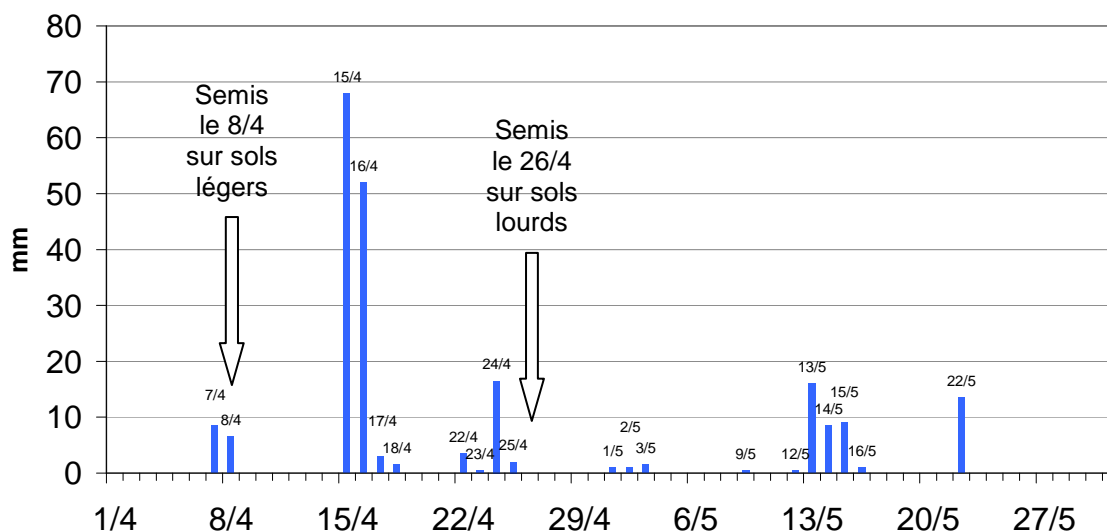
**Répartition des types de sols cultivés en maïs sur l'exploitation-type 8, en ha et en % de la surface totale cultivée en maïs (44 ha)**

Les sols sablo-limoneux à limono-sableux, plus légers et réchauffants (SL60, SL90 et LS100) ont été distingués des sols limono et sablo-argileux, plus lourds (SA90 et LA100).

- La **variété** semée,

Nous avons proposé de simuler deux variétés de maïs, l'une plus tardive semée plus tôt sur les sols légers, et l'autre plus précoce semée plus tard sur les sols plus lourds. Les participants ont fait remarquer que le semis de deux variétés différentes de maïs était une pratique trop anecdotique sur le territoire, notamment du fait des contraintes d'approvisionnement en semences. Une seule variété a donc été retenue.

- La **date de semis**, établie avec les participants en fonction du type de sol et de la pluviométrie du mois d'avril,



#### Précipitations journalières du 1<sup>er</sup> avril au 31 mai 2005 – station de Divajeu

Il est convenu en séance d'une première date de semis le 8/4, possible sur les sols les plus légers à cette période de l'année. Des précipitations importantes les 15 et 16 avril, repoussent les semis au 26/4 sur les sols plus lourds.

- Le **niveau d'équipement** en matériels d'irrigation et la **pratique** réelle des irrigants.

Au vu de l'équipement en matériels d'irrigation de l'ET8 et de la pratique réelle des irrigants, la valeur de référence de la période de retour entre deux irrigations du maïs est fixée à sept jours.

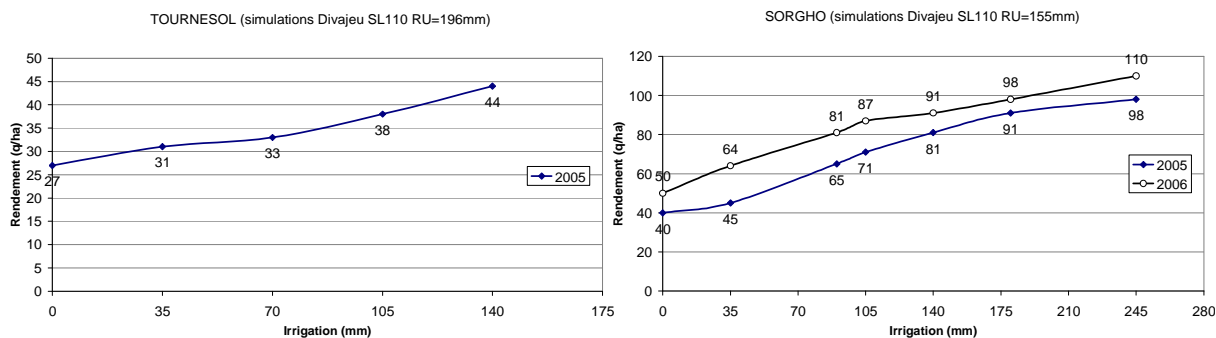
Sur ces bases, deux calendriers d'irrigation du maïs ont été établis : l'un pour un semis le 8/4 sur les sols légers, et l'autre pour un semis le 26/4 sur les sols plus lourds.

Pour ce faire, un dispositif interactif a été utilisé, permettant de définir avec les participants les dates et les doses des irrigations, en prenant en compte les précipitations sur la saison estivale.

Irrigations				Irrigations				Irrigations			
Date	P (mm)	Sc.0	Sc.1	Date	P (mm)	Sc.0	Sc.1	Date	P (mm)	Sc.0	Sc.1
1-juin	0			1-juil.	0	40		1-août	0,5		
2-juin	0			2-juil.	0			2-août	6		
3-juin	0			3-juil.	0			3-août	0		
4-juin	0			4-juil.	1,5			4-août	0		
5-juin	0			5-juil.	0			5-août	0	40	
6-juin	0			6-juil.	1			6-août	0		
7-juin	0			7-juil.	0,5			7-août	0		
8-juin	0			8-juil.	0	40		8-août	0		
9-juin	0			9-juil.	0,5			9-août	0		
10-juin	0			10-juil.	0			10-août	1		
11-juin	0			11-juil.	0			11-août	9		
12-juin	0			12-juil.	0			12-août	0	40	
13-juin	3,5			13-juil.	0			13-août	0		
14-juin	0			14-juil.	0			14-août	0		
15-juin	0			15-juil.	0	40		15-août	0		
16-juin	0			16-juil.	0			16-août	0		
17-juin	0	40		17-juil.	0			17-août	2		
18-juin	0			18-juil.	0,5			18-août	0		
19-juin	0			19-juil.	0			19-août	0		
20-juin	0			20-juil.	0			20-août	0,5		
21-juin	0			21-juil.	0			21-août	28,5		
22-juin	0			22-juil.	0	40		22-août	5		
23-juin	0			23-juil.	0			23-août	0		
24-juin	0			24-juil.	0			24-août	0		
25-juin	0	40		25-juil.	0			25-août	0		
26-juin	0			26-juil.	0			26-août	0		
27-juin	0			27-juil.	0			27-août	0		
28-juin	0			28-juil.	0			28-août	4,5		
29-juin	1			29-juil.	0			29-août	0		
30-juin	0			30-juil.	0	40		30-août	0		
				31-juil.	0			31-août	0		

**Dispositif interactif pour l'établissement des calendriers d'irrigation du maïs (exemple du scénario 0 de référence pour un semis le 8/4 sur sol léger)**

Pour le tournesol et le sorgho, les abaques suivantes de réponse des cultures aux irrigations ont été établies et validées avec les participants.



**Abaques de réponse aux irrigations du tournesol et du sorgho**

**Simulation**

Les calendriers d'irrigation des cultures d'été ainsi établis sont renseignés dans Pilote afin de simuler les rendements correspondants.

Les premiers résultats de simulation des rendements peuvent conduire à revoir certains des paramètres (dates de semis, début des irrigations, etc.). Une à deux itérations sont donc réalisées pour trouver la meilleure adéquation entre les résultats escomptés en termes d'apport d'eau et de rendement, et la réalité des pratiques culturales.

On considère ensuite la moyenne pondérée des apports d'eau et des rendements sur l'ensemble de la sole en maïs, selon les différentes combinaisons de types de sols, de dates de semis et de calendriers.

Renseignées dans le modèle technico-économique Olympe, ces valeurs d'apport d'eau et de rendement permettent de calculer l'EBE et la demande en eau à l'échelle de l'exploitation-type 8, dans le scénario 0 de référence.

### 5.2.2. Généralisation aux autres exploitations-types

Les résultats obtenus par simulation sur l'exploitation-type 8 en termes d'apport d'eau et de rendement pour les différentes cultures d'été sont reportés dans les autres exploitations-types et renseignent le modèle technico-économique Olympe.

En prenant en compte les effectifs des différentes classes d'exploitations, on obtient les résultats en apport d'eau et en EBE à l'échelle du territoire pour le scénario 0 de référence.

Les résultats sont comparés aux volumes déclarés en 2005 et le scénario 0 est validé avec les participants.

## 5.3. Co-construction et simulation des scénarios de restrictions

### 5.3.1. Etablissement des scénarios de restriction

Les participants sont invités à construire plusieurs scénarios de restrictions virtuelles des usages de l'eau pour l'année considérée, en s'appuyant notamment sur les données rassemblées concernant la gestion des précédentes sécheresses.

Trois scénarios sont proposés, dérivés les uns des autres :

- **Scénario 1** : restrictions virtuelles
  - Les dates et niveaux de restrictions virtuelles sont ceux de l'année considérée, avancés d'une semaine
    - Niveau 1 (2 jours d'interdiction d'arroser) le 23 juin
    - Niveau 2 (3 jours d'interdiction d'arroser) le 12 juillet
- **Scénario 2** : restrictions virtuelles renforcées / aménagements pour les cultures spéciales
  - Dérivé du scénario 1
  - Arrêt des irrigations (restrictions exceptionnelles) dès l'atteinte d'un certain débit de référence de la Drôme
  - L'irrigation des cultures spéciales (légumes, semences et PPAM) reste permise
    - Niveau 1 (2 jours d'interdiction d'arroser) le 23 juin
    - Niveau 2 (3 jours d'interdiction d'arroser) le 12 juillet
    - Arrêt des irrigations le 14 juillet, sauf pour les cultures spéciales
- **Scénario 3** : restrictions virtuelles renforcées / sans aménagements
  - Dérivé du scénario 2
  - Aucune dérogation pour les cultures spéciales
    - Niveau 1 (2 jours d'interdiction d'arroser) le 23 juin
    - Niveau 2 (3 jours d'interdiction d'arroser) le 12 juillet
    - Arrêt des irrigations le 14 juillet, y compris pour les cultures spéciales

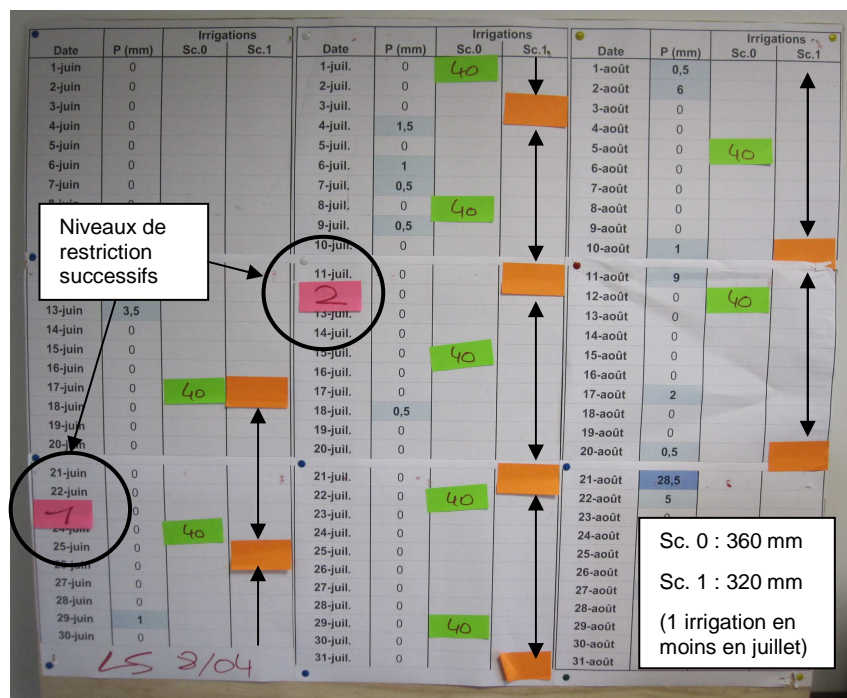
### 5.3.2. Conséquences pour une première exploitation-type (ET8)

Comme précédemment, on travaille dans un premier temps à l'échelle d'une première exploitation-type (ET8). Cette échelle de travail est incontournable pour prendre en compte les caractéristiques technico-économiques de l'exploitation : les règles de décision et les arbitrages nécessaires pour s'adapter à la contrainte imposée par les restrictions, vont ainsi

dépendre de la place des différentes cultures dans le système de production, et du niveau d'équipement en matériels d'irrigation, notamment.

L'exploitation-type est donc tout d'abord considérée dans l'ensemble de sa sole irriguée d'été, et avec son niveau d'équipement en matériels d'irrigation. Un premier arbitrage entre les différentes cultures irriguées (conduite en sec du tournesol, par exemple) peut être décidé par les participants.

De la même façon que précédemment, on s'intéresse ensuite à la pratique de l'irrigation du maïs. Le calendrier d'irrigation 0 est repris comme base de travail pour établir un calendrier d'irrigation 1, résultant d'un premier scénario de contrainte en termes d'accès à la ressource en eau. Le dispositif interactif de construction des calendriers d'irrigation est utilisé.



**Dispositif interactif pour l'établissement des calendriers d'irrigation du maïs (exemple du scénario 1 pour un semis le 8/4 sur sol léger)**

A un nombre de jours d'interdiction d'arroser imposé par arrêté, va correspondre un certain allongement de la période de retour des irrigations, fonction de la capacité de l'exploitation à intensifier l'utilisation de ses matériels d'irrigation. Dans le cas de l'ET8, les participants ont par exemple considéré, au vu de l'équipement d'irrigation de l'exploitation, que le premier niveau de restriction (2 jours d'interdiction) se traduirait par un allongement du tour d'eau d'un jour.

Les rendements obtenus à partir des différents calendriers d'irrigation sont simulés par Pilote. Apports d'eau et rendements moyens sont renseignés dans Olympe, qui calcule les résultats économiques pour l'exploitation et pour la classe d'exploitations.

### 5.3.3. Généralisation aux autres exploitations-types

La généralisation aux autres exploitations-types se fait en deux temps. Le niveau d'équipement en matériels d'irrigation de chaque exploitation-type est pris en considération.

Pour chaque exploitation-type, on considère dans un premier temps les arbitrages possibles et les plus réalistes entre les cultures d'été.

Dans un second temps, on génère des calendriers d'irrigation dérivés du calendrier établi pour l'exploitation-type 8, selon que le niveau d'équipement de l'exploitation est plus ou moins élevé que celui de l'ET8, comme cela est présenté dans le tableau ci-après.

		Niveau de restriction	
		1	2
Niveau d'équipement	1	Pas de maïs	
	2	Décalage 1 jour	Décalage 3 jours
	3	Pas de décalage	Décalage 2 jours

**Règles de décalage des irrigations du maïs selon le niveau de restriction, en fonction du niveau d'équipement en matériels d'irrigation**

Comme précédemment, les résultats des simulations de Pilote et des calculs d'Olympe sont agrégés par exploitation-type, puis par classe, pour aboutir aux résultats à l'échelle du territoire et au calcul des indicateurs.

#### **5.4. Discussion et co-construction d'un scénario d'évolution des assolements**

Nous avons vu que les indicateurs calculés dans chacun des scénarios, notamment la valorisation possible de l'eau non disponible, permettaient d'approcher la rentabilité des divers projets de création de ressources de substitution.

Mais la recherche de ressources de substitution ne peut être envisagée, dans le contexte actuel, sans avoir exploré les possibilités de maîtrise de la demande en eau. Ces deux démarches ne sont donc pas antagonistes, mais doivent au contraire être menées simultanément.

Toutefois, les initiatives en matière d'économies d'eau émergent difficilement, car une réelle analyse technico-économique des différentes solutions proposées fait souvent défaut.

Dans le cadre du travail mené en basse vallée de la Drôme, un premier travail a déjà été fait autour d'un scénario de modification des assolements des exploitations. Il s'agissait de remplacer une partie de la sole de maïs par du blé tendre en sec (313 ha au total, pour une économie d'eau attendue de 1 million de m<sup>3</sup>).

Des rendements moins importants du blé tendre ont du être considérés, pour tenir compte de l'implantation sur des terres plus superficielles généralement dévolues au maïs. La perte économique pour le territoire s'élève alors en année moyenne (et à niveaux de prix moyens) à 223 500 € d'EBE, soit 0,22 €/m<sup>3</sup> non consommé. Si ces éléments permettent d'objectiver les contraintes économiques générées par ce type de scénario très simple, il reste nécessaire de prendre en compte de manière plus fine les aléas liés au climat et aux marchés des produits agricoles.

En décembre 2009 et janvier 2010, il a été proposé aux participants aux ateliers, de construire un scénario à marges brutes constantes, dans le but d'évaluer objectivement les marges de manœuvre en termes d'économie d'eau, à la condition de maintenir les performances économiques des exploitations.

Ce scénario est basé sur la possibilité d'augmenter les surfaces de cultures spéciales de PPAM, irriguées, mais permettant de dégager des marges brutes à l'hectare environ 3 fois supérieures au maïs. Dans ce scénario, une partie de la sole en maïs du territoire est substituée par des PPAM, d'une part, et du blé dur irrigué, d'autre part, à marges brutes

équivalentes. Le maïs apparaît en effet comme la culture la plus consommatrice d'eau sur le territoire, mais aussi comme la première pénalisée en cas de restrictions.

La co-construction de ce scénario a nécessité l'acquisition de données technico-économiques :

- Une surface potentielle de développement des PPAM sur le territoire, prenant en compte les conditions du marché local,
- Les données technico-économiques relatives aux cultures de PPAM (itinéraires techniques, charges et produits),
- Les rendements du blé dur sur des sols plus superficiels généralement dévolus au maïs.

Enfin, les surfaces à substituer ont été réparties entre plusieurs types d'exploitations susceptibles de développer ces nouvelles productions.

Il a été également nécessaire, à la demande des participants, d'estimer les consommations d'eau à des pas de temps plus fins. En effet, les PPAM consomment beaucoup d'eau, particulièrement en fin d'été, et le risque que le scénario envisagé ne génère des pics de demande plus importants que dans la situation actuelle, a été évoqué.

## D. Résultats

### 1. Etude de cas de la basse vallée de la Drôme

#### 1.1. Résultats des simulations en situation de restrictions

##### 1.1.1. A l'échelle de l'exploitation

###### Arbitrages en situation de restriction et évaluation des impacts technico-économiques

Dans les tableaux et graphiques suivants figurent les résultats des simulations, à titre d'exemple, pour quatre exploitation-types avec différents niveaux d'équipement et orientations technico-économiques. Ils sont fondés sur la prise en compte des divers types de sols présents sur ces exploitations du fait de la répartition non uniforme de ces types sur le territoire.

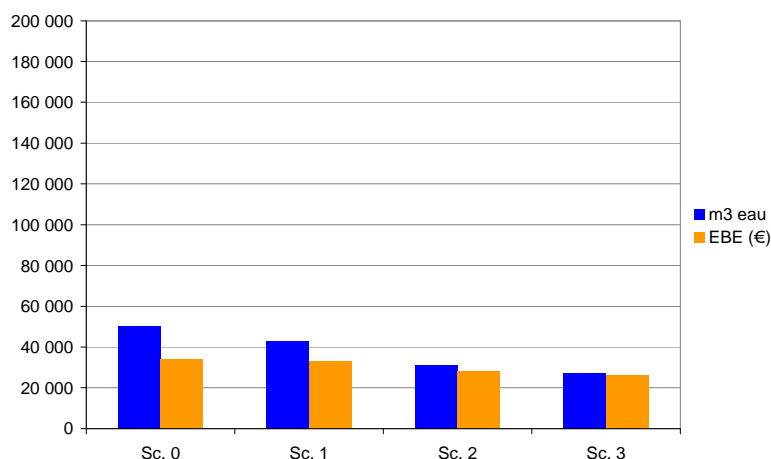
Pour chacun des 4 scénarios construits avec les participants, les apports d'eau à l'hectare par culture et les rendements correspondants figurent dans la première partie du tableau. Les modifications induites par rapport au scénario précédent sont mises en évidence en jaune. Dans la seconde partie du tableau figurent les résultats en termes d'EBE et de consommation totale en eau, à l'échelle de l'exploitation puis de la classe d'exploitation.

###### Exploitation type 1 : SF+CH+CL+OV

###### Niveau d'équipement : 1

Cultures irriguées	Surface (ha)	Sc. 0		Sc. 1		Sc. 2		Sc. 3	
		Conso (m <sup>3</sup> )	Rdt (q/ha)	Conso (m <sup>3</sup> )	Rdt (q/ha)	Conso (m <sup>3</sup> )	Rdt (q/ha)	Conso (m <sup>3</sup> )	Rdt (q/ha)
Sorgho	1	2 450	99	0	42	0	42	0	42
Soja	1	3 850	45	0	0	0	0	0	0
Maïs semence*	1,5	3 750	35	3 750	35	3 750	35	1 500	25
Tournesol semence*	1	1 400	12	1 400	12	1 400	12	800	8
Luzerne vente foin	7	2 600	15	2 600	15	1 700	9	1 700	9
Prairies temp.	7	2 600	15	2 600	15	1 700	9	1 700	9

\* Rendements non significatifs / valeurs nécessaires aux calculs économiques

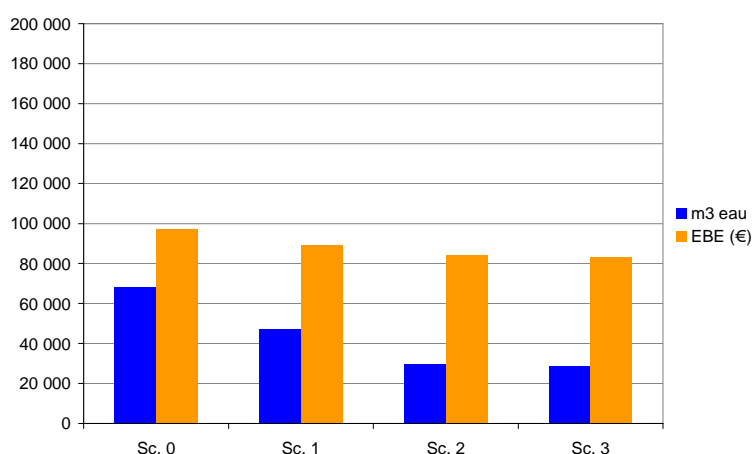


Résultats des simulations sur l'année 2005 pour l'exploitation-type 1

### Exploitation type 6 : Avi+CP+Maïs

### Niveau d'équipement : 2

Cultures irriguées	Surface (ha)	Sc. 0		Sc. 1		Sc. 2		Sc. 3	
		Conso (m <sup>3</sup> )	Rdt (q/ha)	Conso (m <sup>3</sup> )	Rdt (q/ha)	Conso (m <sup>3</sup> )	Rdt (q/ha)	Conso (m <sup>3</sup> )	Rdt (q/ha)
Maïs conso	8,5	3 840	129	3 294	102	1 700	58	1 700	58
Sorgho	9,45	1 800	90	350	45	350	45	350	45
Tournesol	6,8	1 050	38	700	33	350	31	350	31
Soja	0,6	3 850	45	3 850	45	1 500	0	1 500	0
Abricotier	0,9	2 100	180	2 100	180	2 100	180	2 100	180
Basilic	0,4	6 000	300	6 000	300	6 000	300	2 800	120
Pois de printemps	3,6	1 250	55	1 250	55	1 250	55	1 250	55

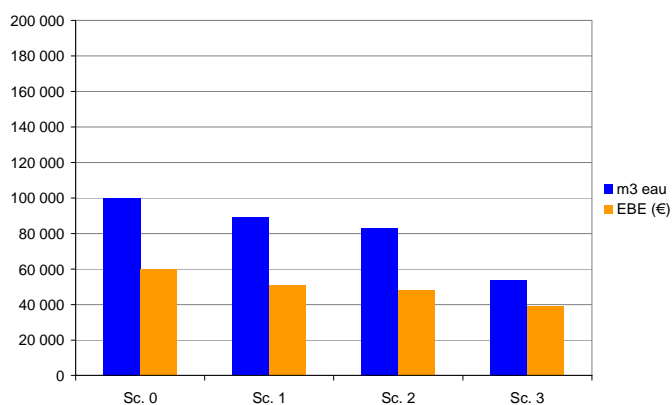


### Exploitation type 7a : Semences+CH

### Niveau d'équipement : 3

Cultures irriguées	Surface (ha)	Sc. 0		Sc. 1		Sc. 2		Sc. 3	
		Conso (m <sup>3</sup> )	Rdt (q/ha)	Conso (m <sup>3</sup> )	Rdt (q/ha)	Conso (m <sup>3</sup> )	Rdt (q/ha)	Conso (m <sup>3</sup> )	Rdt (q/ha)
Maïs conso	3,5	3 840	129	3 294	106	1 700	58	1 700	58
Sorgho	1,6	1 800	91	0	40	0	40	0	40
Tournesol	2	700	33	0	27	0	27	0	27
Maïs semence *	13,5	3 750	35	3 625	31	3 625	31	1 500	25
Tournesol semence*	6,6	1 400	12	900	10	900	10	800	8
Ail semence	5	2 750	90	2 750	90	2 750	90	2 750	90
BD	1	1 250	70	1 250	70	1 250	70	1 250	70
BT	6	1 250	75	1 250	75	1 250	75	1 250	75

\* Rendements non significatifs / valeurs nécessaires aux calculs économiques



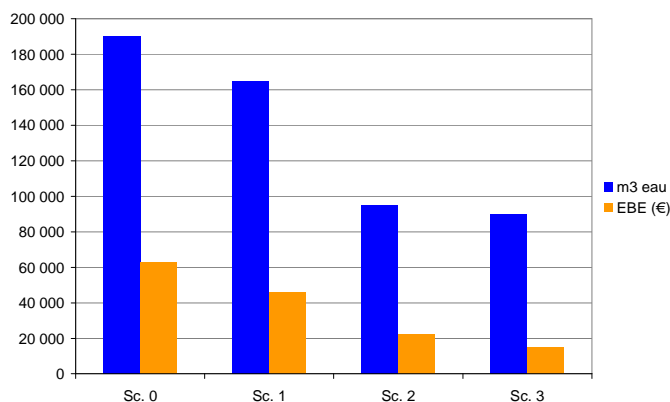
## Résultats des simulations sur l'année 2005 pour les exploitations-types 6 et 7a

### Exploitation type 8 : Maïs+CH

### Niveau d'équipement : 2

Cultures irriguées	Surface (ha)	Sc. 0		Sc. 1		Sc. 2		Sc. 3	
		Conso (m <sup>3</sup> )	Rdt (q/ha)	Conso (m <sup>3</sup> )	Rdt (q/ha)	Conso (m <sup>3</sup> )	Rdt (q/ha)	Conso (m <sup>3</sup> )	Rdt (q/ha)
Maïs conso	44	3 840	129	3 294	102	1 700	58	1 700	58
Tournesol	0,6	1 400	44	0	27	0	27	0	27
Oignon	3,8	3 400	300	3 400	300	3 400	300	2 200	180
Semence potagère*	0,6	2 850	21	2 850	21	2 850	21	1 600	14
Ail semence *	0,4	2 750	90	2 750	90	2 750	90	2 750	90
BT	2,45	1 250	75	1 250	75	1 250	75	1 250	75
Pois de printemps	1,2	1 250	55	1 250	55	1 250	55	1 250	55

\* Rendements non significatifs / valeurs nécessaires aux calculs économiques



### Résultats des simulations sur l'année 2005 pour l'exploitation-type 8

Les quatre exemples présentés font apparaître des demandes en eau et des EBE très éloignés les uns des autres, en lien avec les spéculations retenues et les adaptations qui s'imposent avec les restrictions : réduction puis arrêt complet des irrigations plus ou moins rapide suivant les cultures et les équipements. Cependant d'une part pour les demandes en eau il conviendrait de ne pas ignorer les quantités d'eau nécessaires pour produire les aliments des granivores (aviculture et élevages porcins, mais aussi les veaux, même si l'effectif est plus restreint), comme déjà indiqué, et d'autre part pour les EBE, une analyse plus approfondie nécessiterait de disposer du nombre d'UTH des différentes exploitations, ce qui n'a pu être obtenu dans le cadre de ce travail, mais a fait l'objet de discussion lors des ateliers. Il est aisé de comprendre que certaines exploitations correspondent à des regroupements de deux familles, voire plus, et que la main d'œuvre permanente ou temporaire est plus importante en aviculture, cultures de semences ou cultures spéciales.

En ce qui concerne les effets des différents scénarios, on remarque que dès le premier échelon de restriction en eau, l'effet est marqué aussi bien sur la demande en eau que sur l'EBE ; pour le deuxième échelon, seules les exploitations (type 7a) avec un équipement d'irrigation de niveau 3 (en général requis pour les semences et une surface conséquente en cultures spéciales) ont des effets en partie atténués, mais leur chute d'EBE était de 18% au premier échelon de restriction en eau, ce qui les situait à un niveau intermédiaire.

Le dernier scénario avec arrêt complet des irrigations impacte fortement l'ensemble des productions irriguées et met en évidence la dépendance à l'irrigation de pratiquement toutes les exploitations, avec des résultats économiques critiques ; notons cependant que la situation économique de certaines exploitations-types était délicate voire incertaine dès les

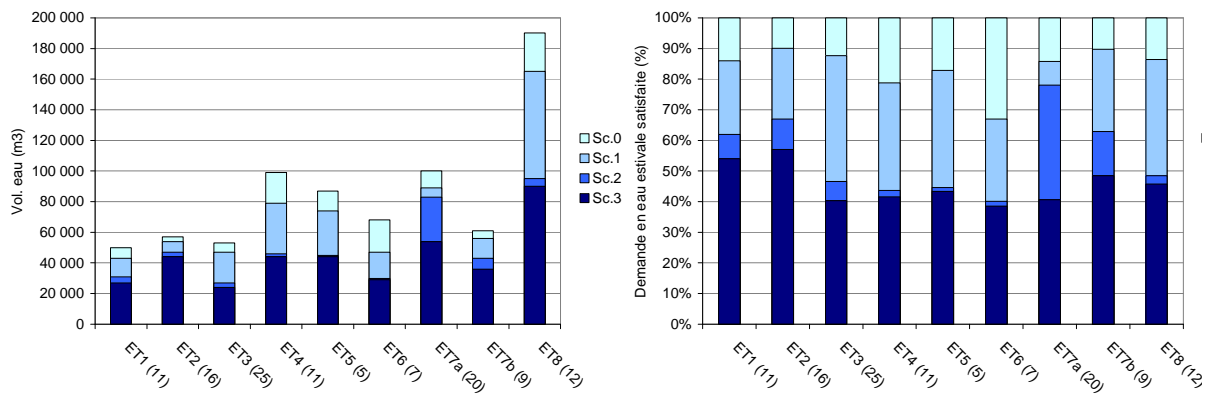
échelons de restriction précédents (en particulier le type 1) et à contrario, l'impact sur l'exploitation-type 6 reste plus limité à cause de l'atelier avicole.

Ces comparaisons montrent l'intérêt de disposer du niveau d'équipement pour analyser de telles dispositions de restrictions d'irrigation en s'appuyant sur une approche aussi rigoureuse que possible, et de prendre en compte l'ensemble des ateliers des exploitations. Cette démarche permet alors une analyse de la sensibilité des différents types d'exploitation et de la remise en cause éventuelle de leurs résultats économiques, qui est illustrée succinctement dans le paragraphe suivant.

### Comparaison des différents types d'exploitations

Les deux séries de graphiques ci-dessous montrent l'impact des différents scénarios de restriction à l'échelle de l'ensemble des exploitations-types.

La première série de graphiques montre les volumes d'eau estimés dans les quatre scénarios pour chaque exploitation-type, à gauche, puis le niveau de satisfaction de la demande en eau estivale, à droite.

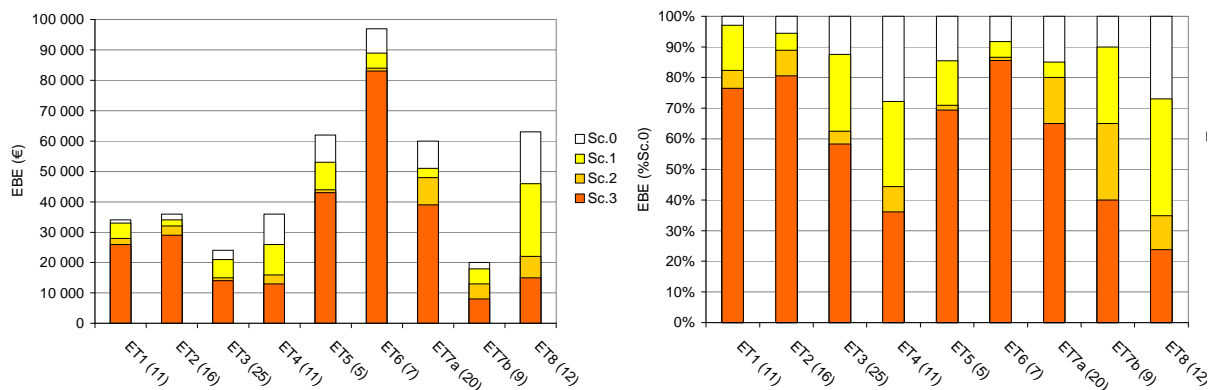


### Apports d'eau simulés par exploitation-type dans les quatre scénarios (à gauche) et part de la demande en eau estivale satisfaite (à droite)

Le scénario 1 génère un déficit en eau estival de 10 à 20% pour la plupart des exploitations-types. Au scénario 2 (arrêt des irrigations au 14 juillet sauf pour les cultures spéciales), ce déficit estival atteint 20% pour l'ET7a, 35 à 40% pour l'ET1, l'ET2 et l'ET7b, et 50 à 60% pour les ET 3 à 6 et l'ET8. Les exploitations-types avec les surfaces les plus importantes en grandes cultures d'été sont évidemment les plus impactées.

Le scénario 3 impose l'arrêt des irrigations au 14 juillet y compris pour les cultures spéciales, ce qui se traduit, pour l'ensemble des exploitations, par un déficit en eau estival de 45 à 60%.

La seconde série de graphiques montre les EBE simulés pour chaque exploitation-type dans les quatre scénarios.



**EBE simulés par exploitation-type dans les quatre scénarios, en valeur absolue (à gauche) et en % de l'EBE en scénario 0 de référence (à droite)**

Les impacts économiques apparaissent très variables d'une exploitation-type à l'autre, comme cela a été remarqué pour les cas déjà présentés.

En termes relatifs par rapport au scénario 0 de référence, le scénario 1 génère un déficit d'EBE de 30% pour l'ET4 et l'ET8, qui présentent la proportion la plus importante de grandes cultures irriguées d'été. Pour les autres exploitations-types, ce déficit d'EBE s'échelonne d'environ 5 à 15%, selon la part de grandes cultures d'été, de cultures spéciales et la présence d'une activité d'élevage, qui « tamponnent » les pertes sur les grandes cultures d'été.

Le scénario 2 impacte les différentes exploitations-types à peu près selon le même ordre. Sur les ET4 et 8, le déficit d'EBE atteint respectivement 55 et 65%. Les exploitations les plus diversifiées vers des cultures spéciales (ET2 et ET7a), ainsi que l'ET6 tournée vers l'aviculture, sont les moins impactées. L'ET1 (ovins et caprins) subit des pertes importantes sur les prairies et fourrages et l'ET5 (porcs engraissement) sur le maïs.

Le scénario 3 atteint les productions spécialisées (semences, PPAM, légumes). L'impact sur l'EBE atteint 15% à 25% pour les ET1, ET2 et ET6, 30 à 40% pour les ET3, ET5 et ET7a, et 60 à 75% pour les ET4, ET7b et ET8.

L'analyse en valeur absolue des EBE simulés renseigne sur la vulnérabilité à plus long terme des différents types d'exploitations à des restrictions répétées des usages de l'eau. L'EBE couvre en effet le revenu agricole, les amortissements et les frais financiers d'exploitation. En comparant l'EBE avec une valeur telle que le SMIC (17000€), on rend compte de la capacité de l'activité agricole à rémunérer l'exploitant et à amortir les investissements de l'exploitation.

Les ET3 (céréales d'hiver et cultures de printemps) et ET7b (cultures spéciales et céréales d'hiver) présentent des EBE simulés en scénario 0 autour de 20000€, qui reflètent une situation économique déjà fragile. Les déficits estimés lors des scénarios de restrictions d'usage de 2005 mettent clairement en danger ces exploitations. Sur le territoire, 25 exploitations sont assimilées à l'ET3, avec une SAU de l'ordre de 67 hectares, et 9 sont assimilées à l'ET7b avec une SAU de l'ordre de 30 ha. A l'échelle du territoire, il s'agit donc de 34 exploitations très vulnérables pour une SAU totale de près de 2000 hectares.

Les EBE des ET4 et ET8 (23 exploitations et 1600 ha de SAU) chutent également, en scénario 2, autour de 20000€.

### 1.1.2. A l'échelle du territoire : validation de la demande en eau et exploitation des indicateurs

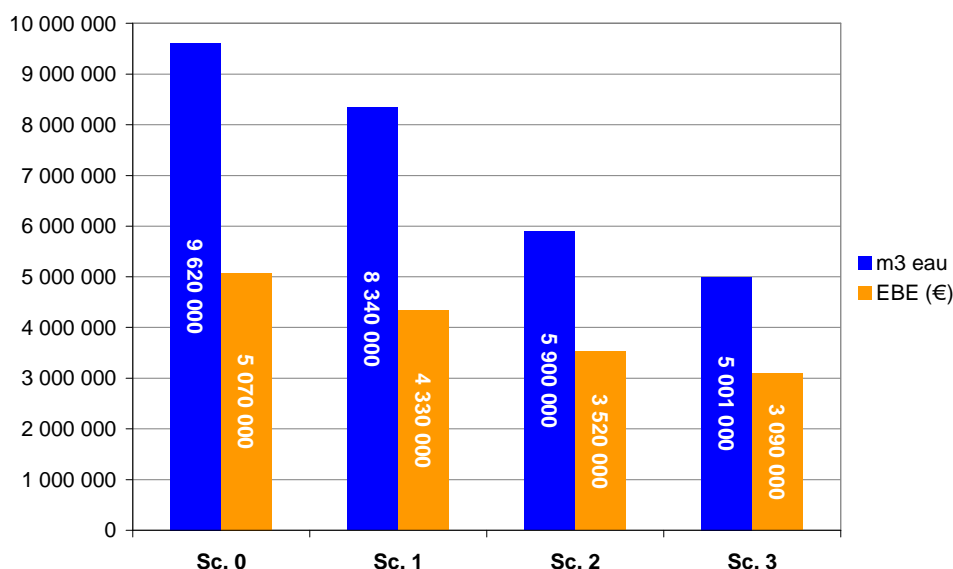
Dans un deuxième temps, l'agrégation à l'échelle de territoire montre le poids des différentes exploitations types du fait de leurs caractéristiques propres et de leurs effectifs. Les résultats en termes de volumes d'eau et d'EBE sont présentés dans le tableau suivant.

		Sc. 0		Sc. 1		Sc. 2		Sc. 3	
		m3 eau	EBE (€)	m3 eau	EBE	m3 eau	EBE (€)	m3 eau	EBE (€)
<b>Classe</b>	CI1	547 000	374 000	478 000	358 000	339 000	311 000	295 000	291 000
	CI2	916 000	576 000	856 000	540 000	752 000	505 000	711 000	469 000
	CI3	1 328 000	610 000	1 170 000	533 000	671 000	376 000	610 000	352 000
	CI4	1 084 000	398 000	867 000	281 000	507 000	174 000	486 000	141 000
	CI5	435 000	308 000	369 000	267 000	223 000	221 000	220 000	216 000
	CI6	475 000	680 000	330 000	625 000	209 000	589 000	200 000	583 000
	CI7a	2 002 000	1 194 000	1 778 000	1 013 000	1 667 000	968 000	1 080 000	788 000
	CI7b	549 000	176 000	507 000	162 000	391 000	113 000	322 000	73 000
	CI8	2 281 000	754 000	1 983 000	556 000	1 141 000	267 000	1 077 000	179 000
<b>Territoire</b>	<b>Total</b>	<b>9 620 000</b>	<b>5 070 000</b>	<b>8 340 000</b>	<b>4 330 000</b>	<b>5 900 000</b>	<b>3 520 000</b>	<b>5 001 000</b>	<b>3 090 000</b>

#### Résultats des simulations pour 2005 par classe et pour le territoire

A partir des données relatives à la redevance prélèvements de l'Agence de l'Eau RMC, les prélèvements totaux annuels de la zone d'étude en 2005 sont estimés à 9 037 000 m<sup>3</sup>. Les résultats des simulations sont cohérents avec cette valeur et donnent 9 620 000 m<sup>3</sup> en scénario 0 et 8 340 000 m<sup>3</sup> en scénario 1.

Le graphique ci-après présente les résultats des simulations à l'échelle du territoire, en termes d'EBE et d'apports d'eau totaux.



#### Apports d'eau et EBE simulés dans les quatre scénarios à l'échelle du territoire

On peut calculer, à partir de ces résultats, les indicateurs suivants à l'échelle du territoire.

Scénario	Sc. 0	Sc. 1	Sc. 2	Sc. 3
<i>Description</i>	<i>Référence sans restriction des usages</i>	<i>Restrictions 2005 avancées d'une semaine</i>	<i>Sc. 1 + arrêt des irrigations 14/7 (sauf CS)</i>	<i>Sc. 1 + arrêt des irrigations 14/7 (y.c. CS)</i>
Apport d'eau total (m <sup>3</sup> )	9 620 000	8 340 000	5 900 000	5 001 000
Déficit en eau (m <sup>3</sup> )	-	- 1 280 000	- 3 720 000	- 4 619 000
EBE total (€)	5 070 000	4 330 000	3 520 000	3 090 000
Déficit d'EBE (€)	-	- 740 000	- 1 550 000	- 1 980 000
Valorisation possible de l'eau non disponible (€EBE/ m <sup>3</sup> )	-	0,58	0,42	0,43

#### Les indicateurs calculés à l'échelle du territoire dans les 4 scénarios

Le déficit en eau estimé est de 1 280 000 m<sup>3</sup> en scénario 1, 3 720 000 m<sup>3</sup> en scénario 2 et de 4 619 000 m<sup>3</sup> en scénario 3. Comme on l'a évoqué précédemment, ces déficits théoriques peuvent être comparés aux réserves ou aux volumes de substitution à mobiliser pour satisfaire intégralement la demande en eau au cours d'une année comme 2005, suivant le type de gestion des sécheresses qui serait mis en place.

On a vu que chaque année, environ 70% des prélèvements sont réalisés à partir des réseaux collectifs. En première approche, on peut donc estimer qu'environ 70% des déficits estimés correspondent à des ventes d'eau non réalisées par les structures gestionnaires de réseaux collectifs d'irrigation : 900 000 m<sup>3</sup> en scénario 1, 2 600 000 m<sup>3</sup> en scénario 2 et 3 230 000 m<sup>3</sup> en scénario 3.

L'EBE du territoire en scénario 0 de référence s'élève à 5 M€ environ. Les déficits d'EBE simulés sont de 740 000 € en scénario 1, 1 550 000 € en scénario 2, et 1 980 000 € en scénario 3.

Le rapport entre le déficit d'EBE et le déficit en eau donne la valorisation théorique possible de l'eau non disponible dans chacun des scénarios, pour l'année simulée. En d'autres termes, cette valeur correspond, pour l'année donnée, à la création théorique d'EBE que permettrait de générer chaque m<sup>3</sup> d'eau prélevé supplémentaire. Cette valorisation possible est de 0,58 €EBE/m<sup>3</sup> en scénario 1, de 0,42 €EBE/m<sup>3</sup> en scénario 2 et 0,43 €EBE/m<sup>3</sup> en scénario 3, et est à rapprocher du coût marginal des divers projets de création de ressources de substitution.

Il faut rappeler une nouvelle fois que ces indicateurs (déficit en eau, déficit d'EBE, valorisation possible) sont ici calculés pour une année donnée. Pour aller plus loin, il est à ce stade nécessaire de prendre en compte une série climatique plus longue, afin d'estimer, au minimum, la représentativité et la période de retour d'une année sèche comme 2005.

## 1.2. Un scénario d'évolution des assolements

### 1.2.1. Co-construction du scénario

Le scénario d'évolution des assolements consiste à substituer, à marges brutes équivalentes, une partie de la surface de maïs par des PPAM et du blé dur irrigué.

Les PPAM représentent actuellement une surface de l'ordre de 50 hectares sur le territoire. Basilic, persil, menthe, aneth, sont les principales plantes cultivées sur la zone. La

production est destinée à la surgélation, réalisée par une entreprise implantée sur le territoire.

Un premier paramètre du scénario, à déterminer avec les participants, est la surface supplémentaire envisageable pour ces cultures. Un compromis doit pour cela être trouvé, comme le soulignent les participants, pour ne pas saturer le marché. Il en résulterait un effondrement des prix qui ne permettraient plus d'assurer la valorisation économique à la fois pour la production (charges de main d'œuvre importante) et la transformation, ce qui mettrait en péril la filière.

En conséquence, l'hypothèse prise est de 30 hectares de persil et 25 hectares de basilic supplémentaires.

Pour déterminer la surface de maïs qu'il est possible de remplacer, à marges brutes équivalentes, par ces nouvelles surfaces de PPAM (et de blé dur irrigué en complément), et les consommations d'eau en résultant, un certain nombre de données technico-économiques ont été recueillies auprès des participants : itinéraires techniques, charges de production, rendements et prix des produits. Une synthèse de ces données est présentée dans le tableau suivant.

	Apports d'eau (m <sup>3</sup> /ha)												Avant le 15/6	Après le 15/6	Total	
	avr1	avr2	mai1	mai2	juin1	juin2	juil1	juil2	aou1	aou2	sep1	sep2				
<b>BD irrigué</b>		350		450	450									1 250	0	1 250
<b>Maïs conso</b>					200	600	800	800	800	700				200	3 700	3 900
<b>Basilic</b>			400	400	200	800	1 000	1 000	1 000	1 000	200			1 000	5 000	6 000
<b>Persil</b>			400	400	200	900	1 200	1 200	1 200	1 100	500			1 000	6 100	7 100

**Paramètres techniques des cultures concernées par le scénario d'évolution des assolements, établis avec les participants**

Au terme de cette analyse, le scénario co-construit consiste à remplacer, à l'échelle du territoire, 300 hectares de maïs par 30 hectares de persil, 25 hectares de basilic et 245 hectares de blé dur irrigué.

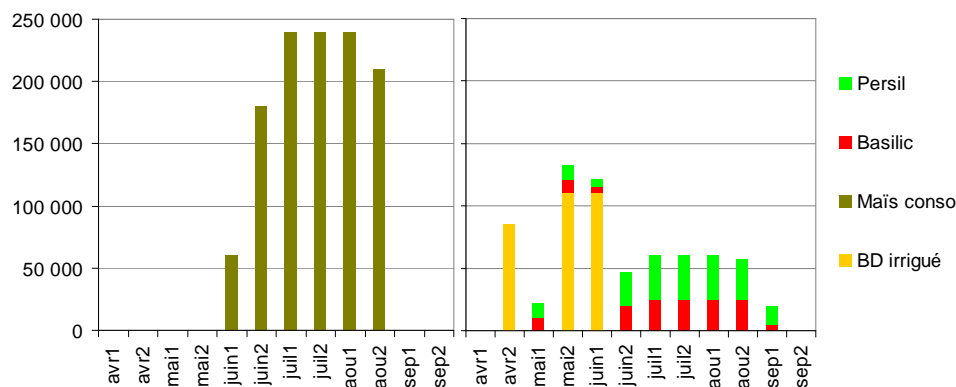
Ces surfaces sont affectées à quatre exploitations types, susceptibles d'augmenter la diversification de leurs productions végétales, selon les modalités présentées dans le tableau ci-après.

	Type 3 CH+CP 25	Type 4 CH+Maïs 11	Type 5 Maïs+PE 5	Type 8 Maïs+CH 12	Total
<b>Maïs conso</b>	4,8	14,4	11,9	30,9	709
<b>BD irrigué</b>	1,6	5	4,1	10,7	245
<b>Basilic</b>	0,2	0,5	0,4	1,1	25
<b>Persil</b>	0,2	0,6	0,5	1,3	30

**Affectation des surfaces à 4 types d'exploitations**

**1.2.2. Simulation du scénario d'évolution des assolements**

A la demande des participants, une évaluation de la demande en eau par quinzaine, résultant de cette évolution des assolements, a été réalisée.



### Demande en eau par quinzaine calculée pour les 300 hectares concernés par le scénario d'évolution des assolements

La demande en eau est inférieure en période de pointe. Une partie de la demande est reportée sur le printemps pour le blé dur. La demande en eau pour les PPAM est étalée sur une période plus importante que le maïs, à partir de mai, et de manière soutenue durant tout l'été et jusqu'au début du mois de septembre.

	Avant le 15/6	Après le 15/6	Total
Demande en eau totale en scénario 0 de référence (m <sup>3</sup> )	1 310 000	8 309 000	9 620 000
Demande en eau totale avec évolution des assolements (m <sup>3</sup> )	1 611 250	7 507 000	9 119 250
<b>Variation absolue (m<sup>3</sup>)</b>	<b>+ 301 250</b>	<b>- 802 000</b>	<b>- 500 750</b>
<b>Variation relative</b>	<b>+ 23%</b>	<b>- 10%</b>	<b>- 5%</b>

#### Comparaison avec la demande en eau en scénario 0 de référence

Ce scénario d'évolution des assolements génère une diminution de la demande en eau de 500 000 m<sup>3</sup> sur l'année. La diminution est concentrée sur l'été, 800 000 m<sup>3</sup> en moins après le 15 juin, tandis qu'une partie de la demande est reportée sur le printemps pour le blé dur, avec 300 000 m<sup>3</sup> en plus avant le 15 juin. En conséquence, pour les exploitations concernées par les évolutions d'assolements, les déficits d'EBE simulés en scénario 1 sont de 20 à 30% plus faibles.

Ce scénario reste exploratoire. Il fournit une base de discussion quant aux perspectives d'économie d'eau réalisables via une modification des assolements et des systèmes de production d'une partie des exploitations. D'autres aspects ne peuvent être ignorés et sont à discuter, comme la diminution de la production de maïs sur un territoire déjà déficitaire en matière d'alimentation animale, ou l'augmentation du risque financier pour les exploitations en cas d'interdiction des irrigations durant l'été. D'autres perspectives d'économies d'eau pourraient également être envisagées, telles que de nouveaux modes d'irrigation (remplacement d'une partie de l'aspersion par du goutte à goutte enterré par exemple, à tester sur le territoire pour préciser son adaptation aux types de sols).

## **E. Conclusions : enseignements sur la méthode et les outils**

La démarche participative mise en œuvre se caractérise par une grande interactivité, grâce à des outils informatiques permettant la réalisation de simulations en séance, d'une part, et à la possibilité offerte aux participants de proposer la prise en compte de multiples facteurs. Il en résulte, certes, un niveau de complexité important. Mais cette interactivité présente plusieurs intérêts : elle facilite l'appropriation de la démarche et des résultats par les participants, favorise l'acquisition de données clés, et permet de mettre en évidence les relations complexes qui peuvent exister entre les différents facteurs économiques, sociaux et environnementaux en matière de gestion de la ressource en eau.

A ce titre, la méthode s'appuyant sur une telle démarche s'avère efficace pour co-construire des scénarios de gestion durable de l'eau en facilitant les échanges avec les agriculteurs et la profession agricole et entre les différents acteurs. Les débats sont objectivés, aussi bien en ce qui concerne la création de ressources de substitution que la réalisation d'économies d'eau, au moyen de simulations de scénarios menés aussi loin que possible dans leurs conséquences économiques, sociales et environnementales. La méthode suppose une adhésion des acteurs locaux dès le démarrage des travaux avec une prise en compte de leurs demandes et de leurs objectifs propres. Elle implique la mobilisation indispensable des informations dispersées dans des bases de données de différents organismes pour disposer d'une caractérisation pertinente (et non plus fragmentaire) de l'agriculture du territoire.

Le processus engagé a été mené à son terme sur le territoire de la Drôme. Les résultats ont été présentés à des commissions thématiques « usages agricoles et industriels » de la CLE. Une présentation en CLE plénière le 6 mai 2010 a été l'occasion d'élargir les échanges dans un cadre plus formel avec un auditoire élargi moins au fait des problématiques agricoles et regroupant l'ensemble des acteurs du SAGE.

Les indicateurs (déficit en eau, déficit d'EBE, valorisation possible de l'eau) étaient attendus par les différents acteurs, pour l'éclairage opérationnel qu'ils peuvent donner. La demande des acteurs agricoles, exprimée au niveau de la CLE dès le départ, était l'évaluation de l'impact économique de l'irrigation sur le territoire. Les indicateurs apportent des informations permettant de comparer différents scénarios et de confronter aspects techniques (volumes d'eau mobilisés/mobilisables aux différentes périodes de l'année et gestion de la ressource en lien avec les dispositions réglementaires), sociaux (effets des choix effectués sur les différentes classes d'exploitations et leur viabilité) et économique (impact des restrictions/coûts de ressources de substitution et valorisation de l'eau). Ils doivent permettre aux acteurs d'effectuer des choix en lien avec le développement d'une gouvernance locale.

Toutefois, une analyse pluriannuelle est nécessaire pour prendre en compte l'aléa climatique et évaluer la représentativité de l'année de référence choisie pour les simulations de scénarios ...L'absence de données hydrologiques tenant à la fois à des difficultés techniques et à la situation conflictuelle qui a entraîné la destruction des équipements de mesures a retardé cette étape. Cet aspect n'est pas intégré au présent rapport mais a été traité partiellement au cours d'un travail de stage et est disponible sous forme d'un « working paper » en cours de finalisation pour un article scientifique.

La méthode nécessite l'utilisation d'une importante quantité de données, dont l'exploitation est possible grâce à des outils informatiques. Ces données et les informations associées à leur traitement ou issues d'autres sources locales permettent tout à la fois d'alimenter en entrées et de vérifier la cohérence globale des simulations. Elles ne sont cependant pas simples à mobiliser : les fichiers PAC ne renseignent pas toutes les cultures de manière homogène ; des problèmes de confidentialité se posent ; certaines informations ne sont pas encore informatisées ; les informations sont souvent réparties entre les administrations d'une part et les organismes de la représentation agricole d'autre part (répartition non homogène d'un département à l'autre). Leur accès requiert donc du temps et un savoir-faire.

Les outils ont aussi un rôle majeur lors des ateliers pour la co-construction des scénarios, la réalisation de simulations avec les acteurs agricoles en prise directe avec la réalité du territoire et la validation des résultats. Au niveau informatique, les données en entrée et en sortie sont gérées dans une base de données avec une interface dédiée qui effectue le lien avec le logiciel du modèle de culture Pilote. Le modèle technico-économique Olympe possède sa propre base de données et génère des sorties aux différentes échelles des exploitations et du territoire. Par contre le lien entre le modèle de culture Pilote et le modèle technico-économique Olympe reste à améliorer pour rendre les simulations en séance plus fluides. Il faut aussi noter que le grand nombre de simulations réalisées et de paramètres entrant en jeu, rend indispensable une traçabilité des différents scénarios simulés.

Le développement des outils et l'accès et le traitement des données s'est faite en interaction avec le bureau d'étude Diataé en incubation au sein de l'UMR G-Eau..

La diffusion des résultats et la présentation de la méthode hors du territoire support de l'étude ont été réalisées devant différents forums. Ce fut le cas tout d'abord lors du séminaire de restitution du projet ANR Appeau qui a eu lieu à l'AEAD le 4 juin 2010 à Toulouse (en indiquant les complémentarités entre les travaux du projet ANR et l'appui de l'AERMC pour finaliser la mise en œuvre de la méthode et élaborer les outils), avec les différentes équipes de recherches, des représentants de l'Agence de l'Eau, des Bassins versants concernés, des Instituts techniques... La méthode illustrée par une partie des résultats a aussi fait l'objet d'une présentation à la « Biennale Irrigation », qui a réuni les conseillers irrigation de l'ensemble de la France le 9 mars 2010 à Loriol (organisation prise en charge par la CA26), ainsi qu'au Colloque du PSDR Rhône-Alpes « Gestion multi-usages de la ressource en eau » à Lyon le 29 septembre 2010, avec un public plutôt issu des collectivités et impliqué dans les actions locales. Enfin il convient de signaler qu'un article centré sur les aspects méthodologiques est prévu dans la revue SET, dans un numéro en cours d'élaboration pour publication en 2012.

## Annexe : La structure de la base de données Pilote-Reg

La base de données comporte 6 tables principales dont la composition est la suivante<sup>1</sup> :

**Table 1 : Exploitations**

Nom du champ	Type de données
<b>C_Exploitation</b>	Entier long
Nom	Texte
Superficie	Réel double
Effectif	Réel double
<i>C_Station (lien vers Stations)</i>	Texte

**Table 2 : Sols**

Nom du champ	Type de données
<b>C_sol</b>	Texte
Texture	Texte
CC	Réel double
PFP	Réel double
RFU/RU	Réel double
Keaporation	Réel double
CoefRevap	Réel double
Réserve_Initiale	Entier long
RatioResIni	Réel simple
Profondeur	Réel simple

**Table 3 : Types de Sols par Exploitation**

Nom du champ	Type de données
<b>NumSolExploitation</b>	Entier long
<i>C_exploitation (lien vers Exploitations)</i>	Entier long
<i>C_sol (lien vers Sols)</i>	Texte
Pourcentage	Réel double

---

<sup>1</sup> Par souci de simplification, certaines tables n'ont pas été incluses

**Table 4 : AssolementExploitation**

<b>Nom du champ</b>	<b>Type de données</b>
<b>NumAssolement<sup>2</sup></b>	Entier long
<i>C_Exploitation (lien vers Exploitations)</i>	Entier long
Saison	Texte
<i>C_Culture (lien vers Plantes)</i>	Texte
Irrigation	Oui/Non
SAU	Réel double
<i>C_Sol (lien vers Sols)</i>	Texte
Stratégie/Calendrier	Entier
RU Totale/Mobilisable	Entier
Seuil Epuisement RU	Réel simple
Année_début	Entier long
Année_fin	Entier long
Jour_début	Date/Heure
Jour_fin	Date/Heure
D_semis	Date/Heure
D_recolte	Date/Heure
Dose_arrosage	Entier long
Dose_semis	Entier long
Début_Irrig	Date/Heure
Fin_Irrig	Date/Heure
FichierCal	Texte

---

<sup>2</sup> Pour chaque table, le champ en gras représente la clé primaire de la table, le(s) champ(s) en italique le(s) lien(s) externe(s) vers d'autres tables

**Table 5 : Plantes**

<b>Nom du champ</b>	<b>Type de données</b>
<b>C_Culture</b>	Texte
Culture	Texte
Variété	Texte
Saison	Texte
Zr	Réel double
RFU/RU	Réel double
D_reelle	Réel double
D_optimale	Réel double
HuGrain	Réel double
Irecolte	Réel double
V_racinaire	Réel double
Duree_raci	Réel double
Kcmax	Réel double
TmpBase	Réel double
TmpEme	Réel double
TmpFlo	Réel double
D_phase_C	Réel double
F_phase_C	Réel double
Tmp_Mat	Réel double
Coeff_Stress	Réel double
LAI <sub>max</sub>	Réel double
Eff_Conv	Réel double
Alpha	Réel double
Beta	Réel double
Gamma	Réel double
seuil_LAI_stress	Réel double
Coef_Decr_IR	Réel double
Impact stress	Entier

**Table 6 : Stations**

<b>Nom du champ</b>	<b>Type de données</b>
<b>C_Station</b>	Texte
Station	Texte
Altitude	Réel double
Latitude	Texte
Longitude	Texte
Fichier	Texte

Des améliorations restent à apporter à cette interface afin de rendre l'outil pleinement opérationnel mais son utilisation est d'ores et déjà possible en atelier avec des acteurs.