

Sciences Eaux & Territoires

La revue du Cemagref

Article hors-série numéro 2

Gestion de l'eau en Crau Comment s'adapter aux tensions sur la ressource en eau à l'échelle des exploitations agricoles

Anne MÉROT *et al.*
www.set-revue.fr

The screenshot shows the website interface with the following elements:

- Header:** "Sciences Eaux & Territoires La revue du Cemagref" with a search bar and navigation links (English, Alerts mail, Abonnement RSS).
- Accueil (Home):**
 - Derniers numéros:** Les éco-indicateurs au service de l'agriculture durable, protection pollution et biodiversité.
 - Public cible:** éco-biodiversité, Risques naturels en montagne.
 - L'actualité:** L'évaluation du risque biologique dans les milieux aquatiques.
 - À propos de la revue:** Présentation, Instructions aux auteurs, Alerts mail.
 - Archives:** Sciences Eaux & Territoires, Ingénieries EAT.
 - Contact:** Contacter la rédaction.
- Politiques publiques et biodiversité:**
 - Problématiques scientifiques, enjeux politiques et actions locales:** Pourquoi un tel numéro ? 2010 : année mondiale de la biodiversité ? Une année pour « réveiller » les consciences internationales et nationales face à la perte de la diversité biologique : un effort fait contre l'effacement de la biodiversité est devenu au S. 10.10.10.10.
 - Sommaire:**
 - Éditorial : 2010, un nouveau départ pour la biodiversité ?
 - Quelques réflexions sur la notion de biodiversité
 - Les valeurs de la biodiversité dans les lois et conventions internationales
 - La construction de la biodiversité comme problème politique et scientifique, premiers résultats d'une enquête en cours
 - Politiques publiques et biodiversité:** Politiques publiques et biodiversité, enjeux politiques et actions locales.
- Alertes mail:** Pour se tenir informé des nouveaux articles parus des leur mise en ligne... (checkbox)
- En ligne...** 10 Mars 2011. Les numéros en ligne actuellement [lire la suite](#).
- Le Cemagref:** 10 Mars 2011. Le Cemagref a 30 ans.
- 30 ans:** 30 ans de l'Institut National de l'Eau et de l'Assainissement.
- Autres numéros SET | Archives Ingénieries EAT:** n°03 22 Octobre 2010.

Sciences Eaux & Territoires, la revue du Cemagref

Article hors-série numéro 2 – 2011

Directeur de la publication : Roger Genet

Directeur éditorial : Nicolas de Menthiera

Comité éditorial : Jacques Bories, Sylvane Casademont, Denis Cassard, Camille Cédra, Catherine Fouchier, Jean-Joël Gril, Alain Hénaut, Bruno Héroult, Emmanuelle Jannès-Ober, Philippe Jannot, André Le Bozec, Éric Maillé, Gwenael Philippe, Christian Rigaud et Michel Vallance.

Rédactrice en chef : Caroline Martin

Secrétariat de rédaction et mise en page : Valérie Pagneux

Infographie : Françoise Peyriguer

Conception de la maquette : CBAT

Contact édition et administration : Cemagref-DPV – BP 44 – 92163 Antony Cedex

Tél. : 01 40 96 61 21 – Fax : 01 40 96 61 64 – E-mail : set-revue@cemagref.fr

Numéro paritaire : 0511 B 07860 – Dépôt légal : à parution – N°ISSN : 2109-3016

Photo de couverture : C. Charron.

Gestion de l'eau en Crau, comment s'adapter aux tensions sur la ressource en eau à l'échelle des exploitations agricoles ?

Dans le contexte actuel d'augmentation de la pression sur la ressource en eau, quels sont les moyens pour économiser de l'eau en améliorant l'efficacité d'irrigation d'une culture tout en préservant la production ? Le travail agronomique présenté ici combine expérimentation, enquête et modélisation pour évaluer l'efficacité du mode d'irrigation gravitaire des prairies de la plaine de Crau et proposer de nouveaux scénarios de gestion adaptés aux différents usages et usagers de la ressource en eau.



L'irrigation de surface représente 80 % des surfaces irriguées dans le monde. Mais ce système est aussi le moins économe en eau : son efficacité est estimée entre 20 et 80 %. Alors que la ressource « eau » se fait de plus en plus rare, générant parfois des conflits d'usage, la recherche d'une meilleure efficacité revêt un intérêt majeur.

La plaine de la Crau (52 000 ha au sud-est de la France) est un bon exemple de cette remise en cause des schémas traditionnels d'irrigation gravitaire dans le cadre d'une agriculture patrimoniale et multifonctionnelle. L'agriculture irriguée de la plaine de Crau est représentée essentiellement par 12 500 ha de prairies permanentes. Ces prairies sont destinées à la production de foin AOC (appellation d'origine contrôlée). La production est limitée par le décret de l'AOP à 10 t.ha⁻¹ réparties en trois coupes. Chacune de ces coupes a une composition floristique spécifique. Le foin de Crau est reconnu comme un aliment de qualité et commercialisé dans le monde entier à destination des élevages de chevaux de course ou des élevages laitiers et de viande misant sur la qualité. Comme le stipule le décret de l'AOP, ces prairies doivent être irriguées par gravité (photos ① et ②), ruissellement et submersion à la planche, tous les dix jours environ. Les volumes d'eau apportés à l'hectare sont élevés : de l'ordre de 15 000 à 20 000 m³.ha⁻¹.an⁻¹ répartis en 12 à 15 irrigations. Actuellement, le territoire de la Crau supporte deux sources de tension amont et aval.

En amont de la Crau, les eaux de la Durance, alimentée par les glaciers des Alpes, sont partagées au niveau du barrage de Serre-Ponçon, entre plusieurs usages en augmentation constante ces dernières années (électricité, consommation, industrie, agriculture, loisirs...). Une grande partie des prélèvements d'eau dédiée à l'agriculture sert à irriguer par gravité les 12 500 ha de prairies de la plaine de Crau via un réseau de plus de 2 000 km

de canaux collectifs et privés (Comité du foin de Crau, 2004 : communication personnelle). Depuis quelques années, des tensions sur l'eau (2003, 2005, 2007, par exemple) sont apparues et les agriculteurs sont régulièrement encouragés à rationaliser leurs consommations afin d'assurer la pérennité de l'ensemble des usages de l'eau (SOGREAH, 2010). Il est vraisemblable que ces tensions augmenteront avec le changement climatique.

En aval de la Crau, les effets positifs de ce système d'irrigation sont nombreux : les volumes élevés consommés par l'irrigation des prairies sont notamment considérés comme très favorables au système hydrologique de la nappe superficielle de Crau. En effet, du fait de sols caillouteux particulièrement drainants, 70 % à 80 % de cette eau est restituée au milieu naturel (Saos, 2006) et permet la recharge de la nappe à hauteur de 70 % (figure ①). Or cette nappe a un rôle stratégique dans la région assurant l'alimentation en eau potable de plus de deux cent cinquante mille habitants et l'alimentation en eau industrielle du complexe pétrochimique régional.

Au-delà des aspects quantitatifs, cette eau drainée est peu chargée en nitrates et en pesticides compte tenu du mode de culture des prairies de la Crau (peu d'herbicides, et fertilisation minérale azotée limitée à soixante unités d'azote par hectare et par an). De plus, les aménagements hydrauliques occupent une place importante dans le patrimoine régional en structurant depuis plusieurs siècles le paysage dit de Crau humide avec ses canaux, ses haies et la biodiversité associée. Une réduction des quantités d'eau apportées aux prairies pourrait donc se répercuter sur la recharge de la nappe et le paysage.

L'enjeu sera donc d'adapter la gestion de l'irrigation à de futures et constantes limitations sur la ressource en eau par les activités en amont, tout en préservant la recharge de la nappe et le maintien de la biodiversité.

Quelle est marge de manœuvre pour économiser de l'eau en améliorant l'efficacité d'irrigation d'une culture telle que les prairies de Crau dans le contexte actuel d'augmentation de la pression sur la ressource en eau et tout en préservant la production et l'impact positif de l'irrigation comme la recharge d'une nappe? Dans le travail agronomique présenté ici, les auteurs combinent expérimentation, enquête et modélisation pour analyser le fonctionnement de l'agrosystème prairial irrigué par gravité, puis identifier des marges de manœuvre à l'échelle de la planche d'irrigation, de la parcelle et de l'exploitation agricole, en vue de proposer de nouveaux scénarios de gestion de l'eau adaptés aux usages et usagers de la ressource (figure 2).

Analyse à l'échelle de la parcelle

Changer le pilotage ?

À l'échelle de la planche d'irrigation, une expérimentation en conditions réelles de production a été conduite de 2004 à 2007 au domaine expérimental du Merle (Montpellier SupAgro) à Salon de Provence. Deux méthodes de pilotage de l'irrigation ont été testées : le pilotage « traditionnel » tel que pratiqué en Crau (arrosage à fréquence fixe selon un calendrier d'accès à l'eau sauf en cas de pluie) et le pilotage tensiométrique. Le pilotage tensiométrique est basé sur la mesure du potentiel matriciel (appelé « tension » dans la pratique agricole) pour déclencher ou arrêter les arrosages, notamment en début et fin de saison. Le potentiel matriciel renseigne d'une part sur le déficit hydrique dans la zone racinaire et d'autre part sur la direction des flux d'eau (Tron *et al.*, 2000). La méthodologie détaillée et les mesures réalisées sont présentées par Merot *et al.* (2008c) et Mailhol et Merot (2008).

Il ressort de ces expérimentations que le pilotage tensiométrique modifie la fréquence des arrosages par rapport au pilotage traditionnel. Il conduit à irriguer plus souvent (tous les sept à huit jours en moyenne) en été. L'analyse

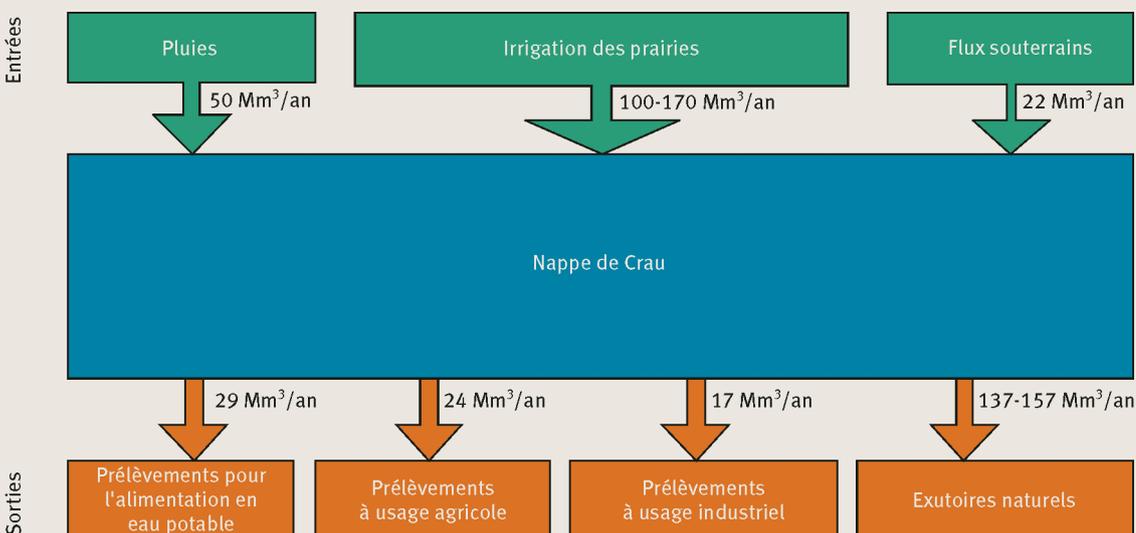


① Une parcelle de foin de Crau en période de coupe. Au premier plan, le dispositif expérimental.

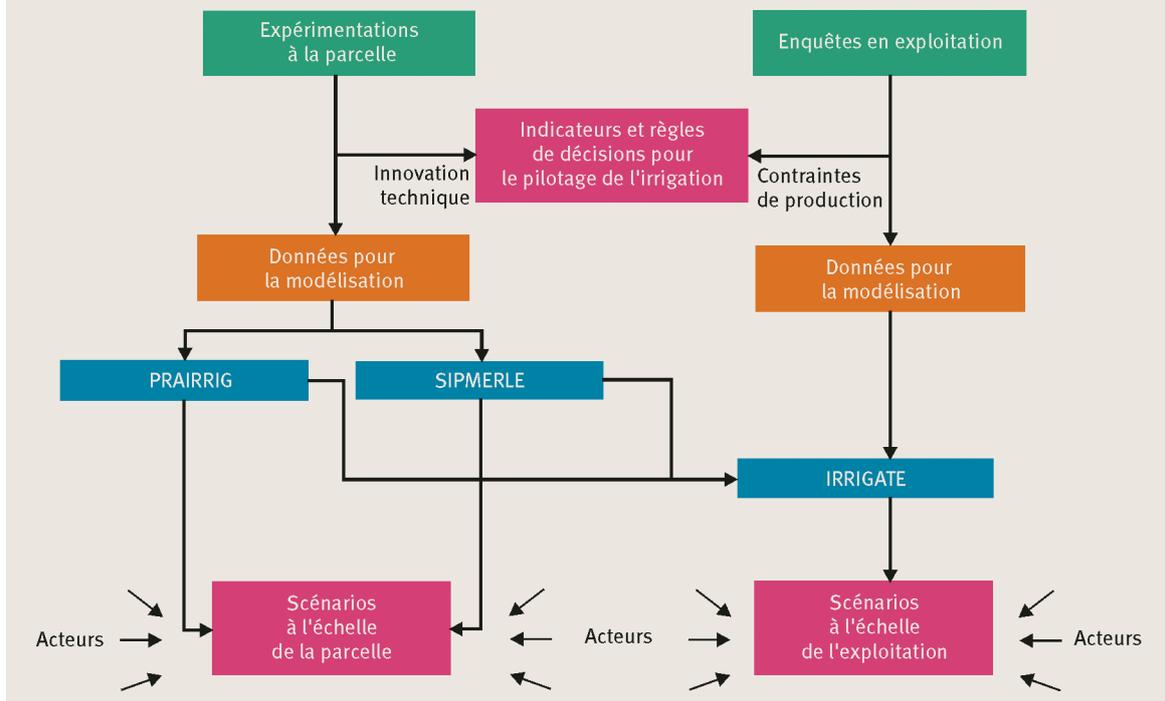


② Une parcelle de foin de Crau en pleine irrigation.

① Fonctionnement de l'aquifère craven et bilan d'eau (source Symcrau).



② Démarche de l'étude intégrant des expérimentations, de l'enquête, de la modélisation et de la simulation.



montre clairement qu'à cette période, un espacement des arrosages de plus de 7-8 jours occasionne un ralentissement de la croissance de l'herbe et des pertes de rendement (jusqu'à 0,1 t.ha⁻¹ tous les deux jours). Au-delà de onze à douze jours, des modifications de flore ont été observées, elles peuvent être préjudiciables pour l'AOP. Au printemps et à l'automne, à l'inverse, la fréquence d'irrigation augmente, le pilotage tensiométrique permet parfois d'éviter un arrosage. En effet, la fréquence d'irrigation traditionnelle est souvent trop élevée par rapport aux besoins de la prairie. Ainsi, au printemps et à l'automne, il est possible d'économiser jusqu'à 200 mm d'eau alors qu'en été la consommation peut augmenter de 300 mm. Le drainage évolue conjointement aux consommations d'eau. En résumé, sur l'ensemble de la saison d'irrigation, le pilotage tensiométrique, au plus proche des besoins de la prairie, ne permet pas forcément d'économiser de l'eau et n'a pas d'impact sur le drainage cumulé.

Concernant la productivité de l'eau¹, des marges de manœuvre pour augmenter cette productivité ont été notées en lien avec le changement de fréquence sur une des deux parcelles suivies. Elles se situent entre début mars et fin mai, puis en fin de saison d'irrigation après le 20 août, mais ces modifications de fréquence ne permettent pas à coup sûr d'améliorer significativement la productivité de l'eau (tableau ①). Enfin, il est apparu essentiel de déclencher au « bon moment » le premier arrosage de la saison. Le « bon » moment correspond à un niveau de dessèchement du sol (environ 70 % de remplissage du stock d'eau) qui n'entraîne pas de perte de rendement.

Ces expérimentations nous ont également permis de mieux comprendre le fonctionnement du système sol-

plantes-eau et de développer spécifiquement pour les prairies irriguées de Crau un modèle de culture PRAIRIG (Merot *et al.*, 2008b). PRAIRIG permet de simuler le rendement par coupe d'une prairie de Crau en tenant compte du climat et des apports d'eau d'irrigation. Enfin, cette expérimentation a montré que deux outils de pilotage de l'irrigation peuvent être utilisés pour ajuster la fréquence d'irrigation :

- d'une part, un suivi tensiométrique pour déclencher ou arrêter les arrosages notamment en début et fin de saison ;
- d'autre part, un bilan hydrique simulé par le modèle PRAIRIG indiquant la fraction évapotranspirable de l'eau du sol, c'est-à-dire la quantité d'eau du sol accessible à la prairie (Merot *et al.*, 2008c).

Adapter les longueurs de planches ?

En lien avec l'analyse des performances agronomiques, cette étude s'est aussi focalisée sur les performances hydrauliques des planches d'irrigation en particulier sur l'efficacité d'application² de l'eau à la planche – indicateur qui qualifie l'homogénéité de l'apport d'eau tout au long de la planche (tableau ②). Deux modèles ont été utilisés pour calculer les performances hydrauliques et agronomiques de la prairie en fonction d'une stratégie

1. La productivité de l'eau reflète l'efficacité avec laquelle la culture utilise l'eau pour produire de la biomasse. Cet indicateur se calcule comme suit : rendement irrigué en tonne de matières sèches à l'hectare divisé par l'évapotranspiration réelle en millimètres.

2. L'efficacité d'application (EA) est un indicateur de l'homogénéité de l'apport d'eau le long de la planche pendant l'arrosage. L'EA se calcule comme suit : eau évapotranspirée (m³)/eau apportée par l'irrigation (m³).

d'irrigation visant à améliorer la productivité de l'eau et l'efficacité d'application : le modèle de culture PRAIR-RIG présenté plus haut ainsi que le modèle hydraulique SIPMERLE (Mailhol et Merot, 2008).

Le modèle hydraulique SIPMERLE simule sur une planche d'irrigation la durée d'irrigation, les quantités d'eau apportées et stockées ainsi que le drainage. Il tient compte des paramètres hydrodynamiques du sol comme la rugosité et la perméabilité en surface du sol, ainsi que des caractéristiques géométriques de la planche d'irrigation comme la pente, la largeur, la longueur et le débit d'entrée. Plusieurs simulations ont été réalisées. Elles sont basées sur le redécoupage des parcelles en planches moins longues, le déclenchement des arrosages en fonction du déficit en eau du sol (50 % ou 40 % de déficit hydrique minimum pour déclencher l'irrigation) et la gestion au plus juste de la durée d'arrosage, l'arrosage est arrêté lorsque la parcelle est inondée sur trois quarts de sa surface).

Les résultats des simulations, présentés dans le tableau 2 montrent qu'en découpant les parcelles en planches deux fois moins longues, on peut réduire la quantité d'eau apportée sur l'année jusqu'à 400 mm et améliorer l'efficacité d'application de plus de 20 %. Ces conclusions doivent cependant être nuancées par les résultats agronomiques et les résultats de drainage. Des baisses de rendement sont aussi notées, même si elles sont faibles (moins de 0,2 t.ha⁻¹). Le drainage est aussi réduit de plusieurs centaines de millimètres par an, ce qui présente un risque pour la recharge de la nappe.

En conclusion, à l'échelle de la parcelle, cette étude met en évidence plusieurs solutions d'amélioration de l'efficacité d'irrigation. Elles s'appuient :

- sur la mise en place d'une règle de pilotage pour déclencher l'irrigation au plus près des besoins de la prairie,
- sur l'arrêt contrôlé de l'alimentation en eau de la planche,
- sur la limitation du temps d'irrigation par le redécoupage des parcelles en planches moins longues.

Analyse à l'échelle de l'exploitation

Replacer les solutions identifiées à la parcelle dans le cadre de contraintes de l'exploitation agricole

La modification des fréquences d'irrigation ou le redimensionnement des planches d'irrigation pour améliorer la productivité de l'eau et l'efficacité d'application sont des solutions intéressantes à l'échelle de la parcelle. Pour être vraiment envisagées, elles doivent cependant être replacées dans le cadre de contraintes de l'exploitation agricole.

En effet, les exploitations agricoles de la Crau se composent en moyenne de plusieurs dizaines de parcelles pour lesquelles l'agriculteur doit organiser les arrosages et donner des priorités en tenant compte des contraintes de main d'œuvre, d'équipement ou d'accès à l'eau. Une enquête a été conduite dans le but d'analyser le fonctionnement des exploitations, leurs contraintes et leur gestion de l'irrigation et de replacer ce fonctionnement

1 Évaluation par expérimentation de la productivité de l'eau d'irrigation exprimée en kg de foin par m³ d'eau consommée.

Productivité de l'eau (kg MS.m ⁻³) à l'échelle de la parcelle		
Année et parcelle	Pilotage traditionnel	Pilotage tensiométrique
2004 – parcelle A	1,37	1,23
2005 – parcelle A	1,15	1,11
2004 – parcelle B	1,00	1,04
2005 – parcelle B	0,77	0,90

Deux stratégies de pilotage de l'irrigation ont été testées à l'échelle de la parcelle, elles ont abouti chacune à différentes fréquences d'irrigation.

2 Évaluation par simulation de l'efficacité d'application lors d'une irrigation à l'échelle de la planche d'irrigation.

Longueur des planches (m)	Déficit en eau du sol pour déclencher l'arrosage (%)	Efficacité d'application (%)	Dose totale apportée sur l'année (m ³ .ha ⁻¹)	Nombre d'arrosages	Drainage (mm)	Rendement (t. ha ⁻¹)
450	*	26	24 500	15	1 600	9,3
450	40	39	19 170	11	1 150	9,5
450	50	42	14 300	8	800	8,6
200	40	47	14 600	11	800	9,3
200	50	56	10 820	8	500	8,6

Quatre scénarios ont été testés et comparés à la pratique traditionnelle présentée dans la première ligne du tableau. La pratique traditionnelle ne tient pas compte du déficit en eau du sol pour déclencher les arrosages. Les scénarios étaient basés sur le redécoupage des parcelles en planches moins longues (de 450 m à 200 m de long) et sur le déclenchement de l'irrigation en fonction du déficit en eau du sol (seuil de 40 % ou de 50 % de déficit en eau).

▶ dans le territoire de la plaine de la Crau. Cette enquête, détaillée par Merot *et al.* (2008a), a montré que la gestion de l'irrigation est fortement contrainte par les conditions pédoclimatiques – forte évapotranspiration en été, sols caillouteux peu épais et drainants – la main d'œuvre, les normes de l'appellation foin de Crau et les règles de distribution d'eau collectives (tours d'eau). Cette enquête est aussi à la base du développement d'un modèle d'irrigation à l'échelle de l'exploitation IRRIGATE (Merot et Bergez, 2010) qui permet de quantifier à l'échelle de l'exploitation agricole l'impact de ces solutions techniques sur l'efficacité de l'irrigation et la production de foin, la productivité de l'eau et l'efficacité d'application. IRRIGATE intègre PRAIRRIG et SIPMERLE évoqués plus haut ainsi qu'un simulateur reproduisant les décisions de l'agriculteur relatives aux arrosages et aux coupes de foin sur l'ensemble de l'exploitation agricole. Le modèle simule les calendriers d'irrigation et de coupe, des durées d'irrigation variées, les doses apportées, les rendements ainsi que le drainage (tenant compte de l'ensemble des parcelles de l'exploitation agricole). Les premières simulations réalisées avec le modèle IRRIGATE ont montré qu'il est envisageable d'améliorer la productivité de l'eau et l'efficacité d'application à l'échelle de l'exploitation agricole en mettant en œuvre les solutions proposées à l'échelle de la planche (encadré ❶).

Selon les options testées, les réponses du système prairial peuvent s'avérer contradictoires. Ainsi, dans le scénario S1 où on module l'irrigation traditionnelle en fonction du déficit hydrique, on peut constater une réduction de la

quantité d'eau apportée (-11 %) et du drainage (-10%) en comparaison à la référence. Par contre, le rendement et le temps de travail sont peu impactés. Le scénario S2, où on propose d'espacer les arrosages de 10,25 à 11,5 jours, est intéressant par rapport aux tensions amont de la Crau puisqu'il permet d'économiser 20 % d'eau apportée aux prairies avec « seulement » 10 % de perte de rendement. Par contre, il conduit à une baisse de 25 % du drainage profond et donc à un risque pour la recharge de la nappe par rapport à S1. Enfin, le scénario S3 qui correspond à un redimensionnement des planches, permet de réduire la consommation d'eau en entrée d'exploitation comme S1 (-11 %), mais moins que S2. Le rendement reste stable ainsi que le drainage profond. Le temps de travail reste aussi stable malgré la baisse de la quantité d'eau apportée et la baisse des rendements. Par contre, ce scénario S3 implique que l'agriculteur supporte en sus un coût de re-dimensionnement des parcelles. Ainsi, dans l'objectif de réduire les consommations en eau, le scénario S2 s'avère le plus intéressant des trois scénarios testés, alors que si l'on cherche à maintenir la recharge à la nappe on privilégiera le scénario S3. À l'échelle de l'exploitation, la répartition spatiale de l'eau d'irrigation entre les différentes parcelles de l'exploitation est fortement influencée par les contraintes d'organisation, liées notamment aux ressources en main d'œuvre et en eau. Ceci atténue l'impact positif d'un changement des fréquences d'irrigation (S2) ou d'un redimensionnement des parcelles, comme proposé à l'échelle de la parcelle, sur l'économie d'eau, sur la productivité de l'eau et sur l'efficacité d'application.

❶ EXEMPLE DE SIMULATIONS RÉALISÉES AVEC LE MODÈLE IRRIGATE

Test de scénarios de gestion de l'eau à l'échelle de l'exploitation agricole

La simulation est réalisée sur l'exemple d'une petite exploitation réelle de 12,2 ha répartis en douze planches dont trois petites planches (< 0,5 ha), trois grandes (> 1,6 ha) et six d'environ 1 ha.

Dans le scénario de référence (noté Ref), une prise d'eau dessert l'exploitation tous les 10,25 jours à raison de 120 l.s⁻¹ et l'irrigation est traditionnelle, déclenchée suivant le tour d'eau.

Dans le scénario alternatif S1, l'irrigation est déclenchée selon le tour d'eau seulement si le déficit en eau du sol atteint 70 %. Dans le scénario S2, l'irrigation est traditionnelle, comme dans le scénario de référence, mais la fréquence est réduite à 11,5 jours entre deux arrosages (11,5 jours étant la fréquence d'accès à l'eau sur certains canaux de Crau).

Enfin dans le scénario S3, 30 % de la surface en prairie de l'exploitation (soient une parcelle de 1,35 ha et une de 2,30 ha) a été redécoupée en petites planches d'irrigation dans le sens de la longueur.

Les fréquences et débits d'irrigation ont été conservés.

Les simulations démarrent le 1^{er} février 2006 et se terminent le 25 août 2006 après la troisième fauche.

Les performances agronomiques et hydrauliques des différents scénarios sont reportées dans le tableau ❸

❸ Écart entre la référence et les différents scénarios testés.

Scénarios	Nombre d'arrosages	Eau apportée (%)	Drainage (%)	Rendement (%)	Temps de travail pour l'irrigation
S1	- 4 %	- 11 %	- 13 %	- 1 %	- 3 %
S2	- 2 %	- 21 %	- 25 %	- 9 %	- 15 %
S3	- 4 %	- 11 %	- 2 %	+ 1 %	+ 0,5 %

Efficiences simulées à l'échelle de l'exploitation agricole	Productivité de l'eau (kg.m ³)	Efficiences d'application (%)
Ref	1,08	24 %
S1	1,09	27 %
S2	1,04	29 %
S3	0,99	30 %

De plus, ces changements peuvent induire, pour certains scénarios, une réduction du drainage ainsi qu'une contrainte sur le temps de travail – qui pourrait toutefois être atténuée par une automatisation des martelières³.

Conclusions et perspectives

Dans cette étude, l'objectif était d'apporter une contribution multi-échelle à l'analyse de stratégies permettant d'économiser de l'eau en améliorant les performances de l'irrigation tout en préservant la production de foin AOP et les bénéfices de l'irrigation gravitaire comme la recharge de la nappe, notamment sur la base de différents modèles (présentés de manière synthétique dans le tableau 4). Les expérimentations et les simulations à l'échelle de la parcelle ont permis d'identifier des solutions pour améliorer l'efficacité d'application de l'eau à la planche. Elles s'appuient, d'une part, sur un redécoupage des parcelles en planches moins longues et un nivellement et, d'autre part, sur un pilotage plus fin de l'irrigation en début et en fin de saison d'irrigation.

À l'échelle de l'exploitation, cette analyse a été particulièrement instructive pour envisager une adaptation de la gestion de l'irrigation aux futures tensions sur l'eau. En effet, elle renvoie largement la question à l'échelle du territoire. Ainsi, l'adaptation de l'irrigation à l'échelle de l'exploitation est contrainte par les règles de gestion collective à l'échelle du territoire. Les marges de manœuvre des agriculteurs pour mettre en application les différentes solutions techniques identifiées au niveau de la parcelle (pilotage et redimensionnement) sont faibles. Cependant, tenant compte de ces contraintes, les scénarios testés montrent qu'il est possible d'économiser de l'eau pour les autres usages en amont de la Crau et de gagner en efficacité d'irrigation en mettant en œuvre un pilotage adapté des arrosages et en redimensionnant les planches. Cependant, il est difficile de concilier économie d'eau, recharge de la nappe et maintien du revenu des agriculteurs et de leurs conditions de travail. Il est donc impératif de prendre en compte les manques à gagner

et surcoûts induits pour les agriculteurs respectivement par une baisse de rendement et une augmentation du temps de travail pour l'irrigation. Ces contraintes pourraient toutefois être atténuées par une automatisation des martelières, un nivellement ou un redimensionnement des parcelles. Reste à réfléchir aux surcoûts induits par ces modifications. Mais plus important encore, il est apparu essentiel de définir plus clairement les priorités politiques et sociétales entre usages amont et recharge de la nappe. ■

Les auteurs

Anne MÉROT

Institut national de la recherche agronomique, UMR System, 2 place Pierre Viala, 34060 Montpellier Cedex anne.merot@supagro.inra.fr

Jacques-Éric BERGEZ, Daniel WALLACH et Michel DURU

Institut national de la recherche agronomique, UMR Agir, BP27, 31326 Castanet Tolosan Cedex jberge@toulouse.inra.fr
Daniel.Wallach@toulouse.inra.fr
mduru@toulouse.inra.fr

François CHARRON

Montpellier SupAgro, Domaine expérimental du Merle, UMR G-Eau, Route d'Arles, 13300 Salon de Provence francois.charron@supagro.inra.fr

Alain CAPILLON et Jacques WERY

Montpellier SupAgro, UMR System, 2 place Pierre Viala, 34060 Montpellier Cedex capillon@supagro.inra.fr
wery@supagro.inra.fr

Carole ISBÉRIE

Cemagref, UMR G-Eau, 3275 route de Cézanne, CS 40061, 13182 Aix-en-Provence Cedex 05 carole.isberie@cemagref.fr

Jean-Claude MAILHOL

Cemagref, UMR G-Eau, 361 rue J.-F. Breton, BP 5095, 34033 Montpellier jean-claude.mailhol@cemagref.fr

3. Une martelière est une vanne permettant de répartir l'eau entre les planches d'irrigation.

4 Récapitulatif des différents modèles développés et utilisés et de leurs caractéristiques.

Nom du modèle	Processus modélisés	Échelle d'espace	Échelle de temps	Entrées	Sorties	Utilisateurs potentiels
PRAIRRIG (Mérot <i>et al.</i> , 2008b)	Croissance de la prairie multi-spécifique en biomasse, en LAI et bilan hydrique	Zone homogène (sol, plante, climat, pratique) infra-parcellaire	Une saison de production	Dates d'irrigations et de coupes, contexte pédo-climatique, ratios graminées/légumineuses/autres	Dynamique de biomasse, indice foliaire et stock d'eau du sol	Chercheurs
SIPMERLE (Mailhol et Mérot, 2008)	Avancement et infiltration de l'eau dans une planche lors de l'irrigation	Planche d'irrigation	Une irrigation	Débit prise, indice foliaire, déficit hydrique, caractéristiques hydrauliques	Dynamique d'avancement des l'eau, quantité d'eau apportée, stockée, drainée et perdue en colature	Chercheurs
IRRIGATE (Mérot et Bergez, 2010)	Organisation des tours et des chantiers de coupe, croissance de la prairie et déroulement des irrigations sur l'ensemble de la sole prairiale	Sole prairiale	Une saison de production	Contexte pédo-climatique, calendrier d'accès à l'eau aux prises, contexte parcellaire (longueur, largeur, positionnement, nombre de planches, contexte sol), main d'œuvre, déficit hydrique initial	Calendriers d'irrigation et coupe, dynamique de biomasse, indice foliaire et stock d'eau du sol à différentes échelles, bilan temps de travail, eau et biomasse	Institutionnels, gestionnaires de canaux, chercheurs (agriculteurs)

Remerciements

Ce travail a été réalisé dans le cadre d'une thèse de doctorat de Montpellier SupAgro financée par l'Association nationale pour la recherche technologique et la Société du canal de Provence et d'aménagement de la région provençale. Les auteurs remercient ces institutions et l'ensemble des agriculteurs et des acteurs locaux qui ont participé à cette étude ainsi que le domaine expérimental du Merle pour le support expérimental et l'animation du projet.

QUELQUES RÉFÉRENCES CLÉS...

- MAILHOL, J., MEROT, A., 2008, SPFC: a tool to improve water management and hay production in the Crau region, *Irrig Sci*, vol. 26, p. 289-302.
- MEROT, A., BERGEZ, J.-E., 2010, IRRIGATE: an integrative dynamic biodecisional model for border irrigation water management, *Environ Model Softw*, vol. 25(4), p. 421-432.
- MEROT, A., BERGEZ, J.-E., CAPILLON, A., WERY, J., 2008a, Analysing farming practices to develop a numerical, operational model of farmers' decision-making processes: An irrigated hay cropping system in France, *Agric Syst*, vol. 98, p. 108-118.
- MEROT, A., BERGEZ, J.-E., WALLACH, D., DURU, M., 2008b, Adaptation of a functional model of grassland to simulate the behaviour of irrigated grasslands under a Mediterranean climate: The Crau case, *Eur J Agron.*, vol. 29, p. 163-174.
- MEROT, A., WERY, J., ISBÉRIE, C., CHARRON, F., 2008c, Response of a plurispécific permanent grassland to border irrigation regulated by tensiometers, *Eur J Agron.*, vol. 28, p. 8-18.
- SAOS, J.-L., BELAUD, G., CHARRON, F., LE GOULVEN, P., 2006, *Quantification des flux d'eau en irrigation gravitaire en Crau – Rapport final*, Montpellier SupAgro, IRD.
- SOGREAH, 2010, *Assises régionales de l'eau – Schéma d'orientation pour une utilisation raisonnée et solidaire de la ressource en eau*, Note de synthèse du diagnostic.
- TRON, G., ISBÉRIE, C., CHOL, P., 2000, *La tensiométrie pour piloter les irrigations*, Éditions Educagri, en cours de réédition, 250 p.

Un canal d'irrigation et sa martellière (Plaine de Crau).