

Sciences Eaux & Territoires



**ÉCONOMIES D'EAU
EN IRRIGATION**



Editorial

- 01 *La rédaction de la revue*

Avant-propos

- 03 *Claire SERRA-WITTLING, Juan David DOMINGUEZ BOHORQUEZ, Bruno MOLLE et Sami BOUARFA*

Le contexte européen

- 08 **Synthèse** – Adaptation de l'irrigation au changement climatique dans l'Union européenne : les actions engagées par les États membres pour économiser l'eau
Claire SERRA-WITTLING, Silvia BARALLA, Inmaculada BRAVO DOMINGUEZ, Katrin DRASTIG, Graziano GHINASSI, Stéphane GUILLOT, Attila NAGY, Viktor NAGY, Zornitsa POPOVA et Sevilay TOPÇU
- 18 **Point de vue** – L'Europe et la Politique agricole commune dans la recherche des économies en eau : le point de vue de la Commission européenne
Philippe LAMMENS
- 24 **Table ronde** – Quelle place pour l'irrigation en France et en Europe dans l'avenir ?
Juan David DOMINGUEZ BOHORQUEZ et Sami BOUARFA
- 28 **En direct des territoires** – L'irrigation de la vigne en ex-Languedoc-Roussillon : un potentiel de production maintenu par les économies d'eau
Léonie CAMBREA, Christophe LAFON et Laurent MAYOUX
- 34 **Focus** – Le partenariat européen pour l'innovation crée une dynamique de recherche sur l'eau et l'agriculture
Pascale RICCOBONI – Propos recueillis par Sabine ARBEILLE
- 36 **Retour d'expérience** – Quel potentiel d'économie d'eau pour les stratégies d'irrigation des paysages de moraines du land de Brandebourg, en Allemagne ?
Beate ZIMMERMANN, Rainer SCHLEPPHORST et Veikko JUNGHANS
- 38 **Focus** – Économie d'eau pour un périmètre irrigué en gravitaire : défis et problématiques de la Vale do Lis, Portugal
José M. GONÇALVES, Susana FERREIRA, Rui EUGÉNIO, Manuel NUNES, Henrique DAMÁSIO et Isabel FERREIRA



Économies d'eau réalisées

- 46 **La modernisation des systèmes d'irrigation en France : quelles économies d'eau possibles à l'échelle de la parcelle ?**
Claire SERRA-WITTLING, Bruno MOLLE et Bruno CHEVIRON
- 54 **Retour d'expérience** – Transition agro-écologique des systèmes de culture irrigués innovants sur le territoire des Coteaux de Gascogne
Kamal ABANNAR, Cyrielle MAZALEYRAT, Jean-Jacques WEBER, Élise AUDOUIN, Christophe BONILLO, Cyril Dejean, Geoffrey FROMENT et Jean-Marie LOPEZ
- 58 **Combinaison de modèles de bilan hydrique et d'indicateurs de stress hydrique pour le pilotage de l'irrigation : étude de cas au Portugal**
Maria Isabel FERREIRA, Vasco CARRILHO, Nuno CONCEIÇÃO, Sonia V. LOURENÇO et Goncalo F. LEAL
- 66 **Efficacité et optimisation de l'irrigation : le modèle Optirrig**
Bruno CHEVIRON, Magalie DELMAS, Claire SERRA-WITTLING, Juan David DOMINGUEZ BOHORQUEZ, Bruno MOLLE, Madiop LO et Yassin ELAMRI
- 72 **Focus** – Irré-LIS®, exemple d'outil d'aide à la décision en irrigation
Sophie GENDRE



Nouveau regard

- 78 **Le point sur** – Économies d'eau en irrigation : quelques solutions techniques proposées par les entreprises
Bruno MOLLE et Juan David DOMINGUEZ BOHORQUEZ
- 82 **Analyse des méthodes d'évaluation de l'état hydrique de la vigne**
Thibaut SCHOLASCH et Markus RIENTH
- 86 **Efficacité de l'irrigation et économie d'eau : effet d'échelle et effet rebond**
Luciano MATEOS
- 90 **Point de vue** – La recherche de l'efficacité maximum de l'eau, un objectif à ne pas déconnecter d'une vision intégrée du système de production
François GONTARD

ÉDITORIAL



es épisodes récurrents de sécheresse au cours de ces dernières années nous ont rendus davantage conscients de la nécessité d'économiser l'eau pour tous les usages. L'agriculture, qui est responsable de plus de 25 % des prélèvements d'eau en Europe, est concernée au premier plan par le sujet.

Il n'en reste pas moins que pour faire pousser des fruits et des légumes, il faut, et il faudra toujours, de l'eau. Or, avec l'augmentation des températures, liée au changement climatique, l'évapotranspiration des plantes augmente et le bilan hydrique des sols se dégrade. L'irrigation est alors une des solutions pour corriger les effets de la sécheresse et assurer la pérennité de la production agricole, et au-delà la sécurité alimentaire et l'avenir de l'agriculture.

Cependant, face aux nombreuses pressions qui s'exercent autour de la question de l'irrigation, notamment dans les régions du sud de l'Europe, il est nécessaire plus que jamais de questionner les pratiques d'irrigation sous l'angle de l'efficacité d'utilisation de l'eau aux différentes échelles spatiales et pour toutes les technologies. C'est une des principales pistes soutenues par l'Union européenne au travers de différents instruments, comme la directive cadre européenne sur l'eau (DCE) qui se focalise entre autre sur les moyens d'économies d'eau, ou encore du Fonds européen agricole pour le développement rural (FEADER) qui soutient les investissements en équipements économes en eau.

C'est dans ce contexte que les experts de la gestion de l'eau agricole d'INRAE ont organisé en novembre 2019, à Montpellier un colloque européen intitulé « Économies d'eau en irrigation ». Les objectifs de ce colloque étaient doubles : échanger sur les économies possibles d'eau en irrigation pour le développement d'une agriculture durable, et stimuler la diffusion des résultats de la recherche et des innovations techniques pour porter ce sujet à l'échelle européenne.

Onze États membres présents au colloque ont pu témoigner de leurs expériences dans le domaine de l'irrigation durable des cultures. Entrepreneurs, acteurs de l'eau et de l'agriculture, représentants de l'Union européenne ont également apporté leur éclairage sur l'avenir de l'irrigation en Europe face au changement climatique.

Retrouvez la synthèse de leurs échanges dans ce nouveau numéro de la revue *Sciences Eaux & Territoires* qui est publié en français et en anglais.

Bonne lecture.

La rédaction.



L'agriculture, responsable de plus de 25 % des prélèvements d'eau en Europe, est concernée au premier plan par les enjeux liés aux économies d'eau.

AVANT-PROPOS



n Europe, 25 % des prélèvements d'eau douce sont consommés par l'agriculture, pouvant atteindre 80 % dans certaines régions méditerranéennes où l'irrigation est indispensable pour la sécurisation de la production alimentaire. Face au changement climatique et aux multiples sollicitations de la ressource en eau, les enjeux liés aux économies d'eau en agriculture deviennent de plus en plus présents. Ces enjeux sont différents d'un pays à l'autre, voire d'une région à l'autre, et sont fortement liés aux spécificités pédoclimatiques et agronomiques locales.

Les pratiques agricoles sont régulées au niveau européen par les aides publiques de l'Union européenne. Actuellement, l'Union européenne cherche à promouvoir les bonnes pratiques, notamment pour évoluer vers des modes d'agriculture économes en eau et respectueux de l'environnement. Par exemple, le FEADER (Fonds européen agricole pour le développement rural) soutient les investissements en équipements d'irrigation économes en eau (Règlement européen n° 1305/2013 – Article 46, point 4). Ainsi, chaque État membre de l'Union européenne est libre d'utiliser la méthode qu'il souhaite pour réaliser l'évaluation ex-ante des économies d'eau potentiellement réalisables par un changement de matériel d'irrigation.

Les économies en eau sont directement liées à l'efficacité d'utilisation de l'eau, indicateur souvent utilisé pour exprimer le niveau de performance des systèmes d'irrigation depuis la source jusqu'à la plante. Les stratégies mondiales d'utilisation de l'eau se concentrent sur la nécessité d'accroître son efficacité à des fins agricoles et d'en réduire le gaspillage afin de libérer des volumes pour d'autres utilisations plus productives et stratégiques et le maintien des services environnementaux. Dans ce contexte, l'amélioration de l'efficacité de l'irrigation permet d'atteindre des économies d'eau supplémentaires. Il ne faut cependant pas oublier que cette amélioration est un processus lent et difficile qui dépend à la fois de la situation locale de pénurie d'eau mais aussi des contraintes de gestion (durée du tour d'eau par exemple). Ce progrès, qui peut se révéler coûteux, nécessite un savoir-faire et des actions coordonnées à différents niveaux.

Un moment d'échange au niveau européen sur les économies d'eau en irrigation

Au vu de la complexité du sujet, l'Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture (Irstea)¹, Montpellier SupAgro, l'Association française pour l'eau, l'irrigation et le drainage (AFEID), l'Association des irrigants des régions méditerranéennes françaises (AIRMF), la Chambre régionale d'agriculture d'Occitanie, la Chambre régionale d'agriculture Provence-Alpes-Côte-d'Azur et le pôle Aqua-Valley, ont coorganisé un colloque, de périmètre européen, intitulé « Économies en eau en irrigation » les 13 et 14 novembre 2019 à Montpellier. Ce colloque a été centré sur les questions scientifiques et techniques en lien avec les économies d'eau permises par les changements de matériel et de pratiques d'irrigation. Les deux journées ont été destinées aux acteurs de la gestion de l'eau agricole au niveau européen avec les objectifs suivants :

- échanger autour des leviers d'économie d'eau et d'amélioration de l'efficacité en irrigation,
- partager les retours d'expériences sur la gestion quantitative,
- partager les méthodologies d'évaluation ex-ante des économies d'eau réalisées par un changement de matériel ou l'adoption d'outils de pilotage dans les différents pays de l'Union européenne,
- présenter des innovations techniques pour économiser l'eau en irrigation,
- favoriser les échanges entre les acteurs opérationnels, institutionnels, techniques et scientifiques.

Le colloque a été l'occasion de rassembler de nombreux experts en irrigation de l'Union européenne, issus des domaines opérationnel, scientifique et technique, institutionnel et politique, ou socio-économique, et en particulier plusieurs groupes opérationnels du PEI (Partenariat européen pour l'innovation). Une cinquantaine d'intervenants se sont relayés pour présenter des exposés sous des formats dynamiques et diversifiés alternant témoignages d'agriculteurs et acteurs locaux, présentations scientifiques, retours d'expérience, temps de discussion et débats. Ainsi, environ deux cents participants sont venus de divers horizons : agriculture, services d'État, agences de l'eau, instituts techniques et scientifiques, établissements d'éducation, entreprises, collectivités et structures gestionnaires.

Au travers des différentes séances, plusieurs éléments de débat sont apparus, ce qui a donné lieu à diverses questions, des discussions et l'expression de différentes opinions sur la question des économies d'eau en irrigation. Les présentations ont été réparties en différentes séquences :

- exemples de méthodologies utilisées en Europe pour l'évaluation des économies d'eau,
- retours sur des travaux spécifiques dans les pays de l'Union européenne,
- économies d'eau possibles grâce au changement de matériel d'irrigation,
- économies d'eau possibles grâce à un meilleur pilotage d'irrigation,
- économies d'eau possibles grâce aux approches intégrées,
- workshop scientifique,
- présentations flash des entreprises,
- table ronde finale.

1. Désormais INRAE, l'Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement, qui rassemble depuis janvier 2020, les ex-organismes Inra et Irstea.

À l'issue de ce colloque

La discussion sur les économies d'eau potentielles en irrigation est stratégique dans le contexte du changement climatique. Ce sujet est actuellement abordé à différentes échelles et vient au centre des préoccupations de tous les acteurs de la gestion de l'eau agricole. C'est ainsi que cet événement a donné lieu à diverses réflexions et permis de tirer quelques conclusions.

Synthèse des retours pays

Des experts européens ont fait le bilan. Leurs témoignages variés montrent que de nombreuses tentatives sont réalisées pour économiser l'eau, aussi bien dans les pays ayant une longue histoire d'irrigation que dans les pays où un besoin d'irrigation est apparu récemment. Ces exemples divers et variés montrent que, à l'échelle européenne, les économies d'eau sont possibles grâce à l'amélioration de l'efficacité globale de l'irrigation, en combinant des technologies (infrastructures, systèmes d'application, outils de planification) et des pratiques plus performantes.

Mise en avant d'innovations

Plusieurs entreprises privées françaises et européennes développent des innovations permettant des économies d'eau. Il en ressort un foisonnement de solutions à la fois technologiques et méthodologiques, permettant de nettes améliorations des performances des matériels et des outils de pilotage de l'irrigation. Il apparaît nécessaire de mieux mettre ces offres en valeur et de travailler sur leur complémentarité pour développer une irrigation plus intelligente et donc plus performante face au défi climatique.

Importance d'évaluer les impacts de la réglementation sur les économies d'eau

Les échanges ont fait ressortir le manque de retour quant à l'impact de la réglementation, en particulier des mesures liées à l'article 46 du règlement européen n°1305/2013 (soutien des investissements en matériel d'irrigation économes en eau par le FEADER), sur les consommations d'eau. Il apparaît nécessaire d'évaluer ex post l'impact de la réglementation sur les économies d'eau effectivement réalisées. Si on veut évaluer la pertinence des politiques d'économies d'eau, il faut mettre en place une méthodologie harmonisée de mesure des volumes consommés et des productions pour quantifier les économies d'eau aux différentes échelles (parcelle, réseau, bassin versant, aquifère) sous pression du changement climatique.

Perspectives de recherche

Le workshop scientifique, ainsi que plusieurs autres interventions au cours du colloque, ont fait ressortir :

- la nécessaire poursuite des efforts autour de l'évaluation de la performance de l'irrigation, en particulier pour mieux évaluer les économies d'eau,
- les méthodologies et indicateurs à utiliser : quelle échelle spatiale et temporelle? Comment quantifier les effets rebonds?
- les apports des nouveaux outils (capteurs, objets connectés, télédétection...),
- le besoin de prendre en compte et d'intégrer d'autres éléments que l'eau (sol, énergie, travail, environnement...),
- le besoin de s'appuyer sur des données issues de mesures validées et de communiquer de manière claire et rigoureuse.

Il s'avère nécessaire de poursuivre les actions en vue de l'amélioration des matériels et des pratiques d'irrigation. Pour cela, il apparaît impératif d'orienter les travaux vers des thématiques de recherche renouvelées :

- l'adaptation aux conditions extrêmes liées au changement climatique (vague de chaleur, sécheresse),
- l'irrigation de nouvelles cultures dans certains contextes particuliers (vigne, olivier...),
- le développement d'outils de pilotage (nouveaux capteurs, modèles, utilisation du big data...),
- l'intégration des différentes échelles dans l'évolution de la performance,
- les pratiques agroécologiques en irrigation.

Les récents épisodes de sécheresse et de chaleur amènent de nouveaux questionnements et remettent en cause certains concepts traditionnels. L'irrigation peut être reconsidérée non seulement comme moyen de compenser l'évapotranspiration de la culture dans un objectif de production de biomasse, mais également comme moyen de lutte contre le stress thermique aggravé par la sécheresse de l'air (brumisation), comme facteur favorisant l'activité biologique du sol, comme complément à l'aptitude naturelle de certaines plantes à s'adapter au stress hydrique.

Mise en réseau d'experts européens multi-acteurs

Les participants s'accordent pour dire qu'il est important de favoriser ces échanges interactifs et multi-acteurs et de les maintenir à échéances régulières. Ils permettent à la fois d'identifier les besoins et questionnements mutuels (scientifiques, techniques et réglementaires), et bien sûr de diffuser les avancées en termes de connaissance et d'innovation dans le domaine de l'irrigation.

Le format « Union européenne » de ce réseau d'experts est à privilégier autour de la réglementation et de sa mise en œuvre par les régions (Politique agricole commune, Programme de développement rural). Les États membres doivent tous faire face aux défis liés au changement climatique, au Sud, avec déjà une longue expérience d'irrigation, au Nord ou à l'Est avec des épisodes de sécheresse inconnus jusqu'alors. ■

TÉMOIGNAGE

Philippe LAMMENS (Commission européenne)

« J'ai été très heureux d'avoir pu ouvrir ce colloque.

Comme gestionnaire du Programme de développement rural (PDR) de Languedoc-Roussillon à la Direction-Générale Agriculture & Développement Rural de la Commission européenne, je suis conscient des défis que la gestion de l'eau pose dans cette région. Ainsi, quand j'étais à Montpellier en juin 2018 pour un comité de suivi, j'en ai profité pour rendre visite à l'ex-IRSTEA, pour apprendre ce que la recherche peut nous apporter comme solutions en matière de gestion de l'eau. C'est lors de cette visite que l'idée est née d'organiser un moment d'échange au niveau européen sur les économies d'eau en irrigation. En novembre 2018, un premier comité de pilotage pour ce colloque a eu lieu, suivi par plusieurs autres.

Les attentes de la Commission par rapport à ce colloque étaient doubles :

- d'abord, avoir des échanges sur les économies possibles d'eau en irrigation pour le développement d'une agriculture durable;
- de plus, stimuler davantage la diffusion des résultats au niveau européen :
 - de la recherche et
 - des innovations techniques pour économiser l'eau en irrigation.

J'ai été ravi de la participation de tant de représentants d'acteurs opérationnels, institutionnels, techniques et scientifiques et de nombreux autres intervenants, provenant de onze États membres et même d'en dehors de l'Union européenne (Turquie, Ukraine...), qui ont permis beaucoup d'échanges et de discussions fructueuses. La diffusion des résultats, qui a commencé lors du colloque même, sera pleinement assurée grâce à ce numéro spécial de la revue INRAE « Sciences, Eaux & Territoires ».

COLLOQUE « ÉCONOMIES D'EAU EN IRRIGATION » MONTPELLIER - 2019



© INRAE

Les organisateurs



Les financeurs





LE CONTEXTE EUROPÉEN

Comment ont évolué les prélèvements d'eau pour l'irrigation dans l'Union européenne ? Quels dispositifs ont été mis en œuvre dans les États membres pour économiser l'eau ? Quels ont été les résultats les plus probants et avec quelles pratiques innovantes ?

Retrouvez dans cette première partie le point de vue des scientifiques et des acteurs de l'eau et de l'agriculture en Europe sur la question des économies d'eau en irrigation dans divers contextes régionaux de changement climatique.

- 08 **Synthèse** – Adaptation de l'irrigation au changement climatique dans l'Union européenne : les actions engagées par les États membres pour économiser l'eau
Claire SERRA-WITTLING, Silvia BARALLA, Inmaculada BRAVO DOMINGUEZ, Katrin DRASTIG, Graziano GHINASSI, Stéphane GUILLOT, Attila NAGY, Viktor NAGY, Zornitsa POPOVA et Sevilay TOPÇU
- 18 **Point de vue** – L'Europe et la Politique agricole commune dans la recherche des économies en eau : le point de vue de la Commission européenne
Philippe LAMMENS
- 24 **Table ronde** – Quelle place pour l'irrigation en France et en Europe dans l'avenir ?
Juan David DOMINGUEZ BOHORQUEZ et Sami BOUARFA
- 28 **En direct des territoires** – L'irrigation de la vigne en ex-Languedoc-Roussillon : un potentiel de production maintenu par les économies d'eau
Léonie CAMBREA, Christophe LAFON et Laurent MAYOUX
- 34 **Focus** – Le partenariat européen pour l'innovation crée une dynamique de recherche sur l'eau et l'agriculture
Pascale RICCOBONI – Propos recueillis par Sabine ARBEILLE
- 36 **Retour d'expérience** – Quel potentiel d'économie d'eau pour les stratégies d'irrigation des paysages de moraines du land de Brandebourg, en Allemagne ?
Beate ZIMMERMANN, Rainer SCHLEPPHORST et Veikko JUNGHANS
- 38 **Focus** – Économie d'eau pour un périmètre irrigué en gravitaire : défis et problématiques de la Vale do Lis, Portugal
José M. GONÇALVES, Susana FERREIRA, Rui EUGÉNIO, Manuel NUNES, Henrique DAMÁSIO et Isabel FERREIRA

Synthèse

Adaptation de l'irrigation au changement climatique dans l'Union européenne : les actions engagées par les États membres pour économiser l'eau

Comment ont évolué les prélèvements d'eau pour l'irrigation dans l'Union européenne ?

Quels dispositifs ont été mis en œuvre dans les États membres pour économiser l'eau ?

Quels ont été les résultats les plus probants et avec quelles pratiques innovantes ?

Lors du colloque « Économies d'eau en irrigation » organisé en novembre 2019 à Montpellier, des experts européens ont fait le bilan. Leurs témoignages variés montrent qu'à l'échelle européenne, les économies d'eau sont possibles grâce à l'amélioration de l'efficacité globale de l'irrigation, en combinant des technologies (infrastructures, systèmes d'application, outils de planification) et des pratiques plus performantes.

Comment le changement climatique affecte les besoins en eau des cultures en Europe ?

Le déficit hydrique des cultures est défini comme la différence entre les besoins en eau spécifiques à chaque culture et l'eau apportée par les précipitations. Il représente le besoin net en eau d'irrigation pour la pleine satisfaction des besoins des cultures. Le changement climatique entraîne une diminution des précipitations combinée à une augmentation de la demande en eau des cultures. Comme le montre la figure 1a, le déficit en eau des cultures de maïs a augmenté de 1995 à 2015 dans de larges régions d'Europe du Sud et de l'Est pour atteindre plus de 50%, alors qu'une diminution a été estimée pour certaines régions d'Europe du Nord-Ouest.

Les hausses de température projetées entraîneront une augmentation de l'évapotranspiration qui accroîtra la demande en eau des cultures dans toute l'Europe. L'évolution prévue du déficit hydrique des cultures de maïs grain est illustrée sur la figure 1b. Les simulations sont basées sur le modèle de culture WOFOST, qui inclut également l'effet de l'augmentation des concentrations de CO₂ sur l'efficacité d'utilisation de l'eau pour le maïs. Les simulations montrent une augmentation du déficit hydrique des cultures dans de vastes régions d'Europe, en particulier en Europe centrale. Cela pourrait conduire à irriguer des cultures qui étaient jusqu'à présent conduites en pluvial et à étendre les systèmes d'irrigation dans des régions actuellement dépourvues d'infrastructures d'irrigation. Toutefois, cette expansion

pourrait être limitée par les réductions projetées de la disponibilité en eau et l'augmentation de la demande d'autres secteurs. Des mesures adaptatives, ainsi qu'une gestion intégrée de l'eau, souvent à l'échelle des bassins versants, sont nécessaires.

Comment évoluent les prélèvements d'eau pour l'irrigation ?

L'agriculture est responsable d'environ 70% du prélèvement total d'eau douce dans le monde, principalement par l'irrigation (FAO, 2015). En Europe, l'irrigation est actuellement concentrée au bord de la Méditerranée. Le taux de prélèvement d'eau est estimé à 24% pour l'ensemble de l'Union européenne (Agence européenne pour l'environnement, 2009), bien que de fortes variations régionales soient apparentes (figure 2).

En Europe du Nord (Danemark, Estonie, Finlande, Islande, Irlande, Lettonie, Lituanie, Norvège, Suède, Royaume-Uni), l'agriculture irriguée n'est que peu développée et se limite généralement à la production horticole en été. Les prélèvements pour l'agriculture ont doublé entre 1990 et 2000, passant de 1 500 à 3 300 Mm³, puis ont diminué jusqu'à 480 Mm³ en 2015, ce qui représente moins de 3% des prélèvements totaux.

En Europe de l'Est (Bulgarie, République tchèque, Hongrie, Pologne, Roumanie, Slovaquie), le prélèvement d'eau pour l'agriculture était de près de 14 000 Mm³ en 1990, lorsque l'irrigation jouait un rôle important dans l'agriculture collectivisée à grande échelle sous le régime

soviétique. Avec l'effondrement de l'URSS, une diminution générale de la superficie irriguée s'est amorcée en raison de facteurs économiques et de la structure inadaptée des anciens systèmes d'irrigation au nouveau modèle d'agriculture privée (FAO, 2016). Les prélèvements d'eau sont tombés à 3 300 Mm³ et sont restés stables depuis 2000, représentant environ 12 % des prélèvements totaux.

Dans les pays occidentaux (Autriche, Belgique, Suisse, Allemagne, France, Liechtenstein, Luxembourg, Pays-Bas), l'irrigation est principalement pratiquée en complément des précipitations naturelles, qui sont par ailleurs généralement suffisantes pour une agriculture productive. Dans ces pays, les agriculteurs investissent dans le matériel d'irrigation principalement pour réduire les risques et augmenter les rendements de certaines

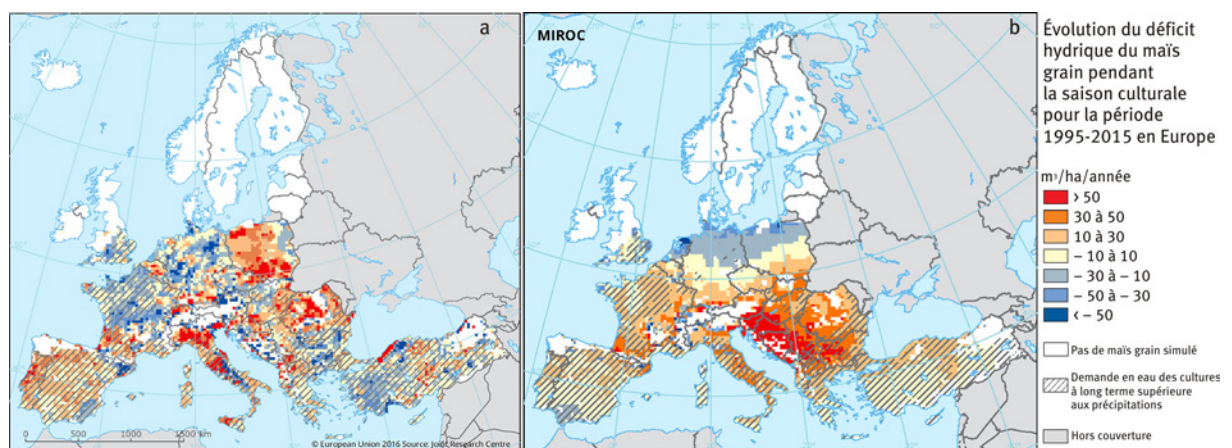
cultures telles que le maïs, les légumes et les cultures industrielles. Il est à noter que l'Agence européenne pour l'environnement a inclus la France dans le groupe « Europe de l'Ouest », même si ce groupe correspond mieux au Nord de la France qu'au Sud qui appartiendrait davantage aux « pays du Sud ». Les prélèvements d'eau pour l'irrigation ont régulièrement diminué, passant de 7 000 Mm³ en 1990 à 3 400 Mm³ en 2015, représentant alors 4 % des prélèvements totaux dans cette zone (12 % en France (Gleick, 2014)).

Les pays du Sud de l'Europe (Albanie, Bosnie-Herzégovine, Chypre, Grèce, Espagne, Croatie, Italie, Monténégro, Malte, Portugal, Serbie et Slovénie) se caractérisent par un climat méditerranéen aux conditions semi-arides qui rend l'agriculture irriguée beaucoup plus productive que l'agriculture pluviale. Dans la plupart des cas,

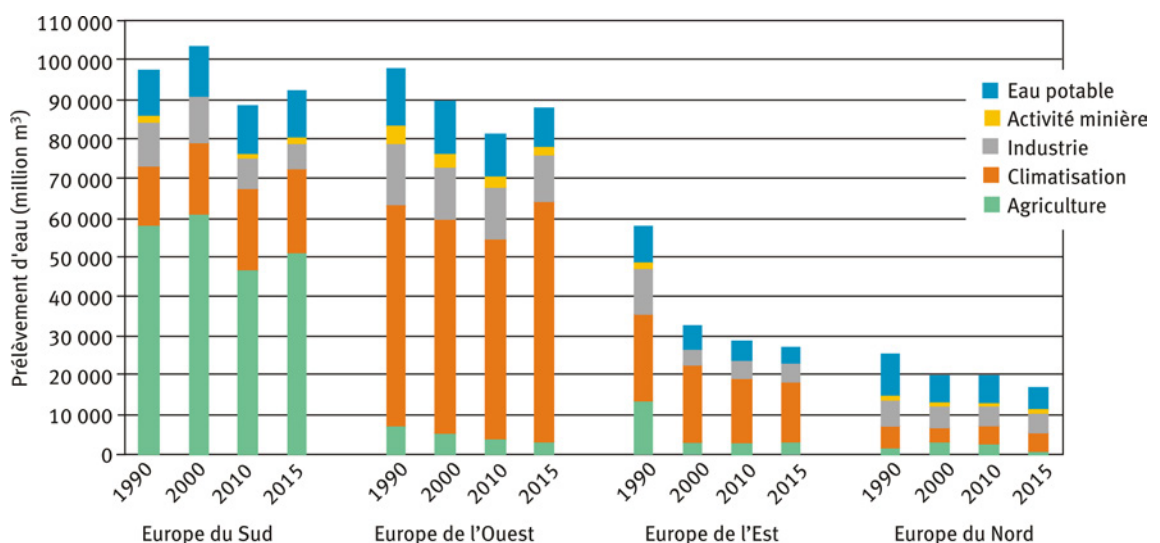
1 Déficit hydrique du maïs grain pendant la saison culturale en Europe.

a. Tendence pour la période 1995-2015. La couleur rouge indique une augmentation de l'écart entre les besoins en eau des cultures et l'eau disponible, la couleur bleue indique une réduction du déficit.

b. Taux de changement annuel projeté pour la période 2015-2045 avec le modèle MIROC (Model for Interdisciplinary Research On Climate). (Agence européenne pour l'environnement, 2016).



2 Évolution des prélèvements d'eau par secteur économique depuis les années 1990 (Agence européenne pour l'environnement, 2019).



L'irrigation est une caractéristique de l'agriculture établie de longue date et elle est souvent le principal utilisateur d'eau. Avec environ 60 000 Mm³, les prélèvements pour l'irrigation représentaient généralement près de 60 % du volume total prélevé en 1990 et 2000, et environ 55 % en 2010 et 2015 (46 000 et 51 000 Mm³, respectivement), atteignant 73 % au Portugal et 89 % en Grèce (Gleick, 2014).

Dans l'ensemble, malgré l'intensification du déficit hydrique des cultures dans de nombreuses zones d'Europe, on observe une diminution des prélèvements d'eau pour l'irrigation dans toutes les régions entre 1990 et 2015 (75 %, 69 %, 51 % et 12 % pour l'Europe de l'Est, du Nord, de l'Ouest et du Sud, respectivement). Elle est plus faible, mais réelle, dans les régions où le déficit en eau des cultures est très prononcé (Europe du Sud). Cette réduction du prélèvement d'eau d'irrigation peut avoir des causes diverses, telles que des stratégies historiques/politiques, le choix des cultures ou l'amélioration des technologies d'irrigation. Cette dernière sera détaillée ci-dessous et comprend le passage de systèmes d'irrigation de surface à des systèmes d'irrigation sous pression, la modernisation des réseaux de distribution existants, le développement de systèmes plus efficaces, l'amélioration des pratiques d'irrigation, l'adoption de méthodes d'automatisation et de pilotage.

Comment économiser l'eau en améliorant la technologie et la gestion de l'irrigation ?

Économies d'eau potentielles aujourd'hui et demain

Il existe plusieurs leviers pour économiser l'eau en irrigation, tels que la modernisation du réseau de transport pour réduire les fuites, les pratiques de gestion des sols et des cultures (culture sans labour, paillage, gestion des mauvaises herbes), et l'amélioration des technologies (systèmes d'irrigation plus efficaces) et de la gestion de

l'irrigation (pilotage, irrigation déficitaire). En ce qui concerne les améliorations à l'échelle de la parcelle, on sait que les systèmes d'irrigation localisés (micro-aspersion, goutte à goutte de surface et enterré) peuvent contribuer à réduire la quantité d'eau appliquée par rapport aux systèmes par aspersion (canon enrouleur, pivot, rampe), et que l'adoption d'outils de pilotage tels que les sondes de sol peut contribuer à économiser l'eau, bien que les économies d'eau observées soient très variables selon les situations (Serra-Wittling et al., 2019).

Le cas particulier de la région méditerranéenne

Fader *et al.* (2016) ont étudié les économies d'eau d'irrigation potentiellement réalisables grâce à des systèmes d'application et de transport plus efficaces, dans le contexte spécifique de la région méditerranéenne (figure 9). Ils ont comparé les besoins bruts en eau d'irrigation (BBEI) pour les systèmes utilisés actuellement, pour un scénario amélioré (amélioration de l'infrastructure de transport et des dispositifs d'application) et pour un scénario optimisé (transport de l'eau par canalisations combiné au goutte-à-goutte). Le BBEI est le prélèvement d'eau pour l'irrigation et est obtenu en divisant le besoin net en eau d'irrigation (BNEI) par l'efficacité globale du système. Ainsi, la différence entre BBEI et BNEI représente les pertes d'eau d'irrigation au niveau du système d'adduction et de la parcelle. Les résultats de ce travail montrent que la région méditerranéenne pourrait économiser actuellement 35 % de l'eau en améliorant nettement les systèmes d'irrigation et l'infrastructure de transport (scénario optimisé). Une amélioration mineure (scénario amélioré) pourrait entraîner une économie d'eau de 10 %. Certains pays (Turquie, Espagne) ont un potentiel d'économie plus élevé que d'autres (Grèce, France, Portugal). Les auteurs concluent que les incitations politiques en faveur des technologies économes en eau ainsi que le développement de systèmes d'adduction d'eau efficaces peuvent contribuer à réduire les prélèvements d'eau dès aujourd'hui mais aussi dans la perspective du changement climatique.

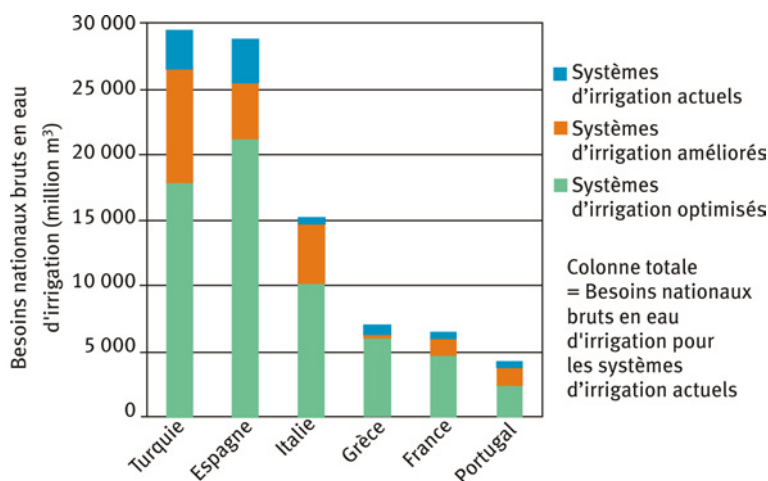
Allemagne. Diversifier les cultures : un levier pour l'adaptation au changement climatique, en plus de l'amélioration du pilotage de l'irrigation¹

En Allemagne, 373 000 ha ont été utilisés pour l'irrigation en 2010, ce qui représente 3 % de la superficie totale cultivée et 1 % de la superficie totale du pays (FAOSTAT, 2019). L'irrigation est pratiquée principalement pour assurer le rendement et le niveau de qualité. Dans les sols sableux légers des régions du nord et de l'est de l'Allemagne, la capacité de rétention en eau du sol est faible et les précipitations annuelles ne suffisent pas pour alimenter de manière optimale les céréales, les pommes de terre et les légumes. Dans le sud de l'Allemagne, les sols argileux et limoneux à forte capacité de rétention peuvent nécessiter un apport d'eau supplémentaire lorsque les précipitations sont faibles et pour les cultures plus sensibles au stress hydrique, comme les betteraves sucrières, les pommes de terre et les légumes (Drastig *et al.*, 2016a).

1. Voir la présentation de Katrin DRASTIG ici :

<https://watersaving.sciencesconf.org/293112>

3 Besoins nationaux bruts en eau d'irrigation (BBEI) dans quelques pays méditerranéens européens pour les systèmes d'irrigation actuels, les systèmes d'irrigation améliorés et les systèmes d'irrigation optimisés. Moyenne sur la période 2000-2009 (adapté de Fader *et al.*, 2016).



Au cours de la période 1902-2010, les précipitations annuelles moyennes ont augmenté d'environ 1 mm/an, alors que les températures annuelles ont augmenté de 0,01 °C par an. Toutefois, aucune tendance significative à la hausse ou à la baisse de la demande en eau d'irrigation modélisée (mm/an) n'a été observée (ligne bleue sur la figure 4) (Drastig *et al.*, 2016a). Simultanément, la demande volumétrique nette d'eau d'irrigation (Mm³/an) a diminué (aire bleue dans la figure 4) en raison d'un changement radical dans le choix des cultures et des superficies cultivées (moins de pommes de terre et d'avoine). Ainsi, le choix des cultures en Allemagne a eu un impact plus important sur la demande en eau d'irrigation que le changement climatique.

Au cours des dix dernières années (2008-2018), l'agriculture allemande a dû faire face à une demande relativement plus élevée en eau d'irrigation pour cinq années extrêmement sèches, ce qui a conduit à repenser les systèmes de production. Les améliorations technologiques, telles que le goutte-à-goutte de surface, le goutte-à-goutte enterré, l'irrigation de précision, les logiciels de pilotage de l'irrigation sont considérées comme des technologies innovantes permettant d'économiser l'eau. En Allemagne, six systèmes de pilotage de l'irrigation sont actuellement utilisés, mais, parmi les 13 700 agriculteurs irrigants, moins de 10 % ont adopté des outils de pilotage (Baroni *et al.*, 2019). Toutefois, l'adaptation au changement climatique impliquera non seulement une amélioration des systèmes d'irrigation par le biais du pilotage, mais aussi une plus grande diversification des cultures (Drastig *et al.*, 2016b).

Des systèmes de transport et d'application plus efficaces

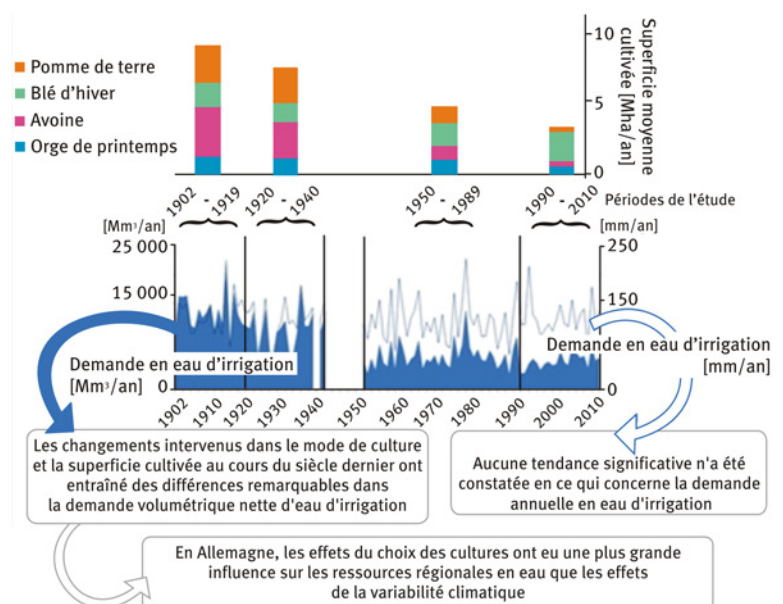
Espagne. Économies d'eau grâce à un vaste programme de modernisation de l'irrigation depuis la fin des années 1990²

L'Espagne occupe la première place dans l'Union européenne avec 3,77 Mha de surface irriguée, soit 22 % de la surface totale cultivée. L'irrigation en Espagne doit relever les défis de la rentabilité agricole, du changement climatique, du déficit en eau dans certaines régions où l'agriculture est le principal moteur de l'activité économique, des questions environnementales telles que la réduction de la pollution en nutriments, et enfin des défis sociaux tels que l'amélioration des conditions de vie et de travail des irrigants. C'est pourquoi, à la fin des années 1990, l'Espagne a lancé un gigantesque programme de modernisation des systèmes d'irrigation en améliorant les infrastructures, en mettant en œuvre de nouvelles technologies telles que l'irrigation localisée et en proposant de nouvelles méthodes de gestion de l'irrigation. 1,5 Mha ont été modernisés, grâce à près de 3 000 millions d'euros d'investissements publics. Aujourd'hui (figure 5), l'irrigation gravitaire et l'irrigation par aspersion représentent chacune près d'un quart de la surface irriguée. L'irrigation localisée représente 52 % de la surface irriguée, principalement pour les oliveraies, les vignobles, les plantations d'agrumes, les vergers et les légumes. Ce programme de modernisation a permis de réduire la consommation d'eau du secteur agricole :

en 2002, le secteur agricole représentait 80 % de l'eau totale consommée en Espagne, alors qu'actuellement ce chiffre est tombé à environ 65 %. **Les économies d'eau dues à la modernisation sont estimées à 3 096 Mm³/an.**

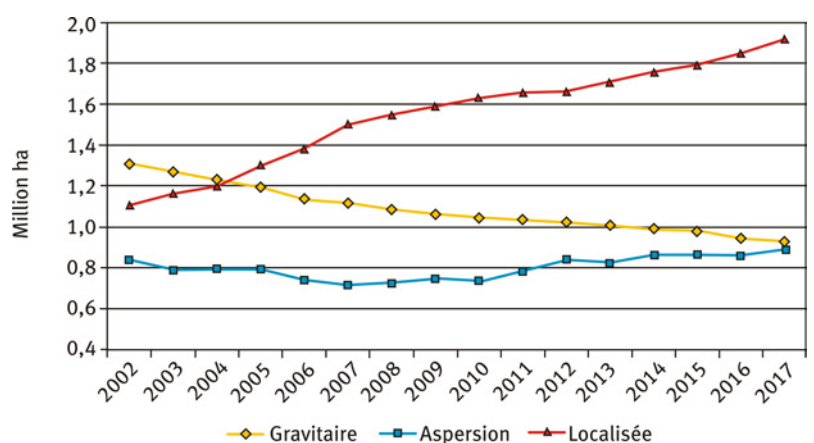
Ce processus de modernisation, qui est encore en cours, est soutenu par le programme européen de développement rural mis en œuvre par le biais de 17 différents programmes régionaux de développement rural en Espagne. Les investissements soutenus par la sous-mesure « Modernisation des infrastructures publiques d'irrigation » sont éligibles si les irrigants s'engagent à (1) inclure un système de comptage de l'eau, (2) collecter les données nécessaires aux indicateurs d'irrigation (pour faciliter l'évaluation des investissements publics), (3) déterminer les économies d'eau potentielles, qui

4 Modélisation de la demande en eau d'irrigation de l'agriculture allemande entre 1902 et 2010 (Drastig *et al.*, 2016a).



5 Évolution des systèmes d'irrigation en Espagne.

Source : ESYRCE (enquête annuelle sur les surfaces cultivées et les rendements réalisée par le ministère espagnol de l'Agriculture, de la Pêche et de l'Alimentation).



2. Voir la présentation de Inmaculada BRAVO DOMINGUEZ ici : <https://watersaving.sciencesconf.org/297731>

doivent être supérieures aux valeurs seuils établies dans le cadre du développement rural national, et (4) déterminer éventuellement l'économie d'eau effective (si la masse d'eau prélevée est déclarée comme n'atteignant pas le bon état quantitatif).

Hongrie. Soutien aux systèmes d'irrigation efficaces en eau par le programme de développement rural³

En Hongrie, trois opérations ont été identifiées dans le domaine de la gestion de l'eau dans le cadre du programme de développement rural : (1) investissements d'amélioration, (2) investissements visant à améliorer la rétention de l'eau ou l'efficacité de son utilisation, (3) augmentation de la surface des zones irriguées. En ce qui concerne l'amélioration de l'efficacité de l'utilisation de l'eau, le projet doit comporter des investissements visant à améliorer durablement l'utilisation de l'eau dans l'agriculture, à appliquer des systèmes d'irrigation efficaces sur le plan de l'eau (et de l'énergie) et à réduire les pertes d'eau. Les éléments suivants sont soutenus :

- technologies d'irrigation efficaces, amélioration de l'efficacité de l'eau dans les installations d'irrigation ; amélioration et reconstruction d'infrastructures d'irrigation efficaces et d'installations connexes ;
- nouvelles installations d'irrigation, ainsi que mise en place de nouveaux services d'eau d'irrigation ;
- technologies d'irrigation à haut rendement énergétique et amélioration de l'efficacité énergétique des installations d'irrigation ;
- soutien supplémentaire pour les jeunes agriculteurs.

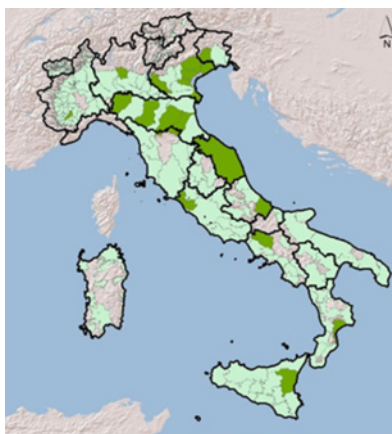
Comme exemple de projet soutenu, citons l'achat de nouveaux équipements d'irrigation, similaire au projet présenté à la figure 6. Le demandeur souhaitait renouveler son ancien système d'irrigation par un système linéaire et efficace en termes de consommation d'eau. La nouvelle machine devait couvrir la totalité des 46 ha de surface irriguée. La demande de subvention comprenait un GPS, un programmeur, des tuyaux et des compteurs d'eau. Le montant demandé était de 72 141 euros. **L'économie d'eau d'irrigation a été estimée à 20 % et l'économie d'énergie à 80 %.**

3. Voir la présentation de Attila NAGY ici : <https://watersaving.sciencesconf.org/293780>

6 Photos d'un projet similaire à celui soutenu par le programme de développement rural hongrois (source : YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=XyMfK8QK85M>)

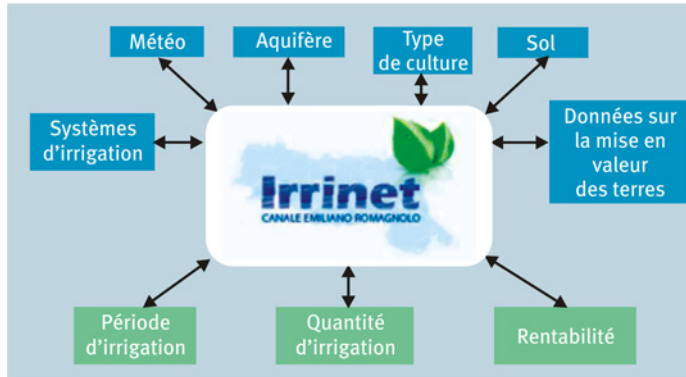


7 Entités d'irrigation ayant des projets d'investissement financés en Italie (SIGRIAN, 2019). Économies d'eau potentielles réalisables grâce à ces investissements dans les différents districts hydrographiques.



District hydrographique	Économies d'eau potentielles réalisables grâce à des investissements/prélèvements pour l'agriculture (%)
Alpes orientales	1,75 %
Fleuve Po	0,22 %
Les Appenins du Nord	19,09 %
Les Appenins centraux	1,48 %
Les Appenins du Sud	5,47 %
Sardaigne - Sicile	6,42 %
Total pour l'Italie	0,66 %

8 Entrées et sorties du système IRRINET (source : Plateforme européenne d'adaptation au climat Climate-ADAPT, 2019b).



9 Région Emilia-Romagna en Italie (source: Wikipedia, 2020).



Italie. Amélioration des réseaux de distribution et installation de compteurs pour économiser l'eau ⁴

Conformément à la politique européenne de développement rural 2014-2020, l'Italie combine un programme national de développement rural (PDR) et 21 PDR régionaux. Au niveau du PDR national, la sous-mesure 4.3 vise à économiser l'eau pour la protection de l'environnement et l'adaptation au changement climatique. Elle soutient les investissements d'irrigation collectifs et hors exploitation pour les consortiums de mise en valeur des terres (« *consorzi di bonifica* ») et les organismes publics responsables de la gestion de l'eau agricole. Au niveau des PDR régionaux, la sous-mesure 4.3 est accessible aux groupements d'exploitations agricoles; en outre, la sous-mesure 4.1 soutient les investissements dans les exploitations agricoles.

Après les procédures d'évaluation et de sélection, 35 projets ont été financés par le PDR national auprès de 19 agences d'irrigation, représentant environ 273 millions d'euros. Quatre-vingt-deux pour cent du financement ont concerné le Centre-Nord de l'Italie, en particulier le district du bassin du Pô et le district du bassin des Alpes orientales. Les principales actions financées sont liées aux investissements sur les réseaux de distribution existants et à l'installation de compteurs, et seulement de façon marginale sur les nouvelles réalisations. Elles pourraient permettre d'économiser environ **139 millions de m³ d'eau, ce qui correspond à 0,66 % des prélèvements collectifs nationaux** (figure 7) (SIGRIAN, 2019). En 2020, grâce à des ressources financières supplémentaires, 15 autres projets ont été financés pour 14 agences d'irrigation (Fonds national de cohésion et de développement) et 16 projets pour 11 agences d'irrigation (fonds supplémentaires du PDR national), garantissant une augmentation des économies d'eau d'environ **168 millions de m³** (fonds supplémentaires du PDR national – environ 97 millions de m³; Fonds de cohésion et de développement – environ 71 millions de m³).

L'évaluation *ex ante* des économies d'eau potentielles s'est avérée limitée en raison, entre autres, de la grande variabilité des contextes d'irrigation et du manque d'homogénéité de la méthodologie utilisée pour cette évaluation. Cependant, au niveau des exploitations agricoles, certaines régions, notamment la Vénétie, proposent une méthodologie intéressante pour calculer les économies d'eau en tenant compte de l'amélioration d'efficacité des équipements. Dans tous les cas, une évaluation *ex post* de l'économie d'eau réellement réalisée sera possible car les bénéficiaires ont désormais l'obligation de disposer ou d'installer des compteurs, et de collecter et transmettre les volumes d'irrigation prélevés à SIGRIAN (<https://sigrian.crea.gov.it/>) dont les données sont accessibles à toutes les autorités compétentes.

Des outils de pilotage et automatisés

Italie. IRRINET - IRRIFRAME : un exemple de service de conseil en irrigation pour les économies d'eau ⁵

Au cours des trente-cinq dernières années, les terres irriguées ont varié entre 2,5 et 2,9 Mha, faisant de l'Italie le deuxième pays de l'UE avec la plus grande surface irriguée après l'Espagne. Plus de 20 % de la surface agricole utilisée est irriguée. L'irrigation par aspersion couvre près de 40 % de la surface totale irriguée, la micro-irrigation représente environ 20 % et l'irrigation de surface 40 % (généralement pour le riz cultivé dans le Nord).

Le sixième recensement général de l'agriculture en Italie a estimé que les économies d'eau permises par les services de conseil en irrigation étaient d'environ 10 % (Institut national italien des statistiques, 2014). Parmi les services de conseil disponibles aujourd'hui, IRRIFRAME (anciennement IRRINET) est basé sur un modèle de bilan hydrique visant à gérer l'irrigation des cultures à l'échelle de la parcelle. La structure du modèle (figure 8) comprend le sol, avec son bilan hydrique; la plante, avec son développement; et l'atmosphère, avec son régime thermique, les précipitations et la demande évaporative.

4. Voir la présentation de Silvia BARALLA ici : <https://watersaving.sciencesconf.org/293315>

5. Voir la présentation de Graziano GHINASSI ici : <https://watersaving.sciencesconf.org/293716>