Agriculture, eau & sécheresse

Comment les chercheurs travaillent-ils sur l'élaboration de variétés nouvelles de plantes, mieux adaptées à la sécheresse, et sur la conception de systà mes agricoles économes en eau. À l'occasion du Salon international de l'agriculture, l'INRA nous offre un aperçu de ces recherches. H2o, février 2012.

Quels seront les impacts du changement climatique sur les besoins en eau de l'agriculture ? Le défi de la recherche est de proposer des méthodes et des outils pour évaluer et concevoir des systà mes de culture plus économes en eau et pour optimiser les stratégies d'irrigation des agriculteurs. Les chercheurs travaillent aussi sur l'élaboration de variétés nouvelles, mieux adaptées à la sécheresse.Â

INRAimages INRA - H2o février 2012 CHANGEMENT CLIMATIQUE

Les impacts sur les besoins en eau de l'agriculture

L'unité AgrosystÃ"mes et Agricultures, Gestion de ressources, Innovations & Ruralités de l'INRA de Toulouse traite des questions de gestion de l'eau se posant à différentes échelles spatiales et temporelles, de la parcelle au territoire. Les chercheurs proposent des méthodes et des outils pour évaluer et concevoir des systÃ"mes de culture plus économes en eau. Ils développent des modÃ"les pour simuler et optimiser les stratégies d'irrigation des agriculteurs.

Le climat, sa variabilité et ses interactions avec les agrosystà mes sont au cœur des préoccupations de l'unité Agroclim, implantée à Avignon (INRA PACA). Elle cherche notamment à prévoir l'impact du changement climatique sur les besoins en eau des cultures. Cette unité assure également une veille agroclimatique, véritable outil de diagnostic de situations climatiques extrêmes : l'ensemble des données climatiques recueillies permet par exemple d'évaluer l'impact d'un épisode de sécheresse sur différents types de culture (blé, maìs, prairie...) ou encore les effets d'une pluie intense sur le sol et les cultures.

L'agriculture, un usager important de la ressource en eau

À chaque usage de l'eau correspondent un taux de prélÃ"vement, un taux de consommation et une exigence de débit. L'agriculture tient une place particuliÃ"re parmi les quatre grands usages de l'eau - usage agricole (irrigation principalement), usage domestique (eau potable), usage industriel et énergétique, usage environnemental (eau des riviÃ"res en quantité suffisante pour satisfaire les besoins écologiques et récréatifs). Elle prélÃ"ve relativement peu (11 des prélÃ"vements) mais surtout consomme beaucoup d'eau car l'eau prélevée n'est que trÃ"s peu restituée au milieu. L'irrigation, en France, représente en moyenne 68 % des consommations avec une forte variabilité dans le temps et dans l'espace : cette part de consommation peut aller jusqu'à 90 % durant l'été dans le sud-ouest de la France.

Recherche agronomique : comment gérer au mieux des ressources en eau

L'une des grandes problématiques sociales que le Grenelle de l'Environnement a remis sur le devant de la scÃ"ne est la

gestion des ressources en eau. La recherche agronomique travaille sur ce sujet depuis de nombreuses années. Afin de rendre compte de l'importance de ces travaux scientifiques, des chercheurs de l'INRA ont publié un article de synthèse. Ce papier offre un tour d'horizon de quelques outils mis au point par les agronomes pour assister les différents acteurs chargés de la gestion de l'eau. Aussi bien au niveau de la quantité comme de la qualité de l'eau, ces outils, qui utilisent souvent la modélisation et la simulation, sont déjà Ã l'œuvre afin de permettre une gestion rationnelle et durable de ce bien commun.

Pour les gestionnaires de l'eau, il est important d'anticiper les demandes en eau pour tous les usages, qu'ils soient agricoles, industriels ou autres. Or, de trÃ's nombreuses variables (météorologie, nature des cultures, itinéraires techniques choisis par les exploitants...) sont en jeu. Voilà pourquoi, depuis une vingtaine d'années, la recherche agronomique développe des outils informatiques d'aide à la gestion quantitative de l'eau. Parmi les plus récents, on peut citer CRASH, développé par l'INRA Toulouse (en collaboration avec ARVALIS - Institut du végétal et le Cétiom). Ce simulateur, destiné aux conseillers techniques, permettra de choisir le meilleur assolement et le meilleur itinéraire technique à l'échelle d'une exploitation, en fonction de scénarios de disponibilité en eau. ADEAUMIS, autre outil développé par l'INRA et ses partenaires est utilisé réguliÃ"rement par la Compagnie d'Aménagement des Coteaux de Gascogne. Il permet, à l'échelle d'un territoire, de réaliser un partage rationnel des ressources en eau entre les agriculteurs et les autres utilisateurs. En intégrant des scénarios climatiques et les besoins en eau d'irrigation, l'outil aide les gestionnaires à allouer des quotas d'eau d'irrigation aux agriculteurs ne dépassant pas les stocks disponibles.

La qualité de l'eau est aussi un enjeu important auquel la recherche agronomique apporte sa contribution. Ainsi, l'INRA et ses partenaires ont développé des outils informatiques de diagnostic permettant d'identifier les zones à risque concernant les pertes en nitrate dans les eaux souterraines. Ces outils permettent, par exemple, de choisir la meilleure distribution des parcelles cultivées afin de maintenir ou restaurer la qualité de l'eau.

En effet, le choix des cultures et des techniques agricoles, notamment au niveau des bassins de captage, sont des facteurs critiques qui définissent la qualité de l'eau. Sur chaque territoire, on trouve un certain nombre d'acteurs ayant leurs propres intéróts et leur propre vision de la ressource "eau". Il est en conséquence bien souvent difficile de trouver un langage et un point de vue commun. Les agronomes, par le biais de "recherches-interventions", en réunissant tous ces acteurs, font émerger des souhaits et des besoins qu'ils peuvent ensuite modéliser ou quantifier. Par exemple, ils peuvent apporter un éclairage sur le besoin ou non de la construction d'une réserve d'eau pour alimenter un territoire. Des démarches facilitant la concertation ont été proposées, qui débouchent alors sur des actions de terrain associant chercheurs, pouvoir publics et autres acteurs. C'est par exemple la réorganisation territoriale entreprise à partir de 1987 afin de protéger la ressource en eau minérale de Vittel.

Pour conclure cet article, les chercheurs se prononcent pour une plus grande imbrication des recherches sur les aspects quantitatifs et qualitatifs de la gestion de l'eau. En effet, jusqu'à présent, ces deux volets ont souvent été séparés alors que la quantité d'eau disponible affecte sa qualité, par exemple, en jouant sur la dilution d'éléments chimiques. Ce décloisonnement des domaines d'expertise permettra une plus grande contribution de la recherche agronomique à la gestion durable et raisonnée des ressources en eau. .

Â

ResSources

Centre INRA de Toulouse
Agrosystèmes et développement territorial - AGIR
Unité mixte de recherche INRA-INP Toulouse-ENSAT
Jacques-Éric Bergez
Centre INRA PACA
Unité Agroclim
Patrick Bertuzzi
Leenhardt D., Bergez JÉ., Benoît M., Quelques contributions de la recherche agronomique à la gestion de l'eau er réponse au Grenelle de l'Environnement, Agronomie, environnement et sociétés, vol. 1, n° 1, octobre 2011.
INRA - L'eau, recherches pour une ressource vitale
La tolérance des plantes à la sécheresse

Â

D'un point de vue agricole, la gravité d'une sécheresse se définit par la disponibilité en eau du sol. En deçà d'un certai niveau, le métabolisme de la plante se modifie et son développement est ralenti. La question centrale pour l'agriculture est donc d'anticiper les conséquences du changement climatique sur le rendement des cultures pour proposer des adaptations.

D'ici 2100, les chercheurs prévoient une diminution de la disponibilité en eau des sols, principalement à cause du réchauffement, donc d'une augmentation de l'évapotranspiration, mais aussi à cause de la baisse de la pluviométrie. Avec une température plus élevée, les besoins en eau des plantes augmenteront, particulià rement pour les cultures semées au printemps. Leur cycle sera également modifié: les plantes parvenant plus tà tà maturité, la durée du sem la récolte sera écourtée. Ainsi, pour la culture du maà s, les chercheurs prévoient d'ici 100 ans une période d'irrigation plus courte mais une quantité d'eau plus importante à apporter. En conséquence, des adaptations au changement climatique s'avà rent nécessaires. Les chercheurs travaillent à de nouvelles variétés économes en eau et plus précoc Des cultures alternatives, comme le sorgho, constituent des pistes possibles : le sorgho est en effet mieux adapté à la sécheresse car son feuillage moins exubérant que celui du maà s transpire moins et ses racines plus profondes absorbent l'eau plus en profondeur.

Comment l'eau circule-t-elle dans la plante ? - Les racines, $\operatorname{gr} A \not \in \operatorname{Ce} A$ leurs poils absorbants, assurent le $\operatorname{pr} A \otimes \operatorname{IA}$ vement de l'eau et des sels $\operatorname{min} A \otimes \operatorname{min} A$

À la recherche de plantes tolérantes à la sécheresse - Les chercheurs visent à améliorer la tolérance des plantes à sécheresse en caractérisant, puis en modélisant, la variabilité génétique de chaque espÃ"ce sur des fonctions importantes de la plante : croissance foliaire, développement reproducteur, transpiration. La tolérance à la sécheresse d'une plante est déterminée par l'adéquation entre son comportement et les scénarios climatiques auxquels elle va ótre exposée. Dispositif unique en France, la plateforme robotisée de phénotypage à haut débit de Montpellier permet de connaître ce comportement en exposant des plantes à des conditions contrà Ωes de stress (déficit d'eau, températures élevées). L'ADN de ces plantes est analysé de maniÃ"re intensive, ce qui permet de caractériser la réponse de la plante au stress au niveau génétique et en temps réel. Ce phénotypage repose sur une connaissance précise de la carte d'identité génétique (séquençage massif de l'ADN) et moléculaire propre à chaque espÃ"ce végétale.

Les chercheurs du Laboratoire d'écophysiologie des plantes sous stress environnementaux de l'INRA de Montpellier étudient le comportement des plantes face à différents stress (manque d'eau, températures élevées), notamment les effets sur le développement des feuilles et des racines, et sur la transpiration des plantes. Ils fournissent des modÃ"les permettant de prévoir quelles combinaisons de fonctions (croissance, transpiration) sont susceptibles d'optimiser la production en fonction du climat. Leurs travaux s'appliquent à l'analyse de la variabilité génétique existante, passée ou future, principalement sur trois espÃ"ces : le maïs, la vigne et la plante modÃ"le Arabidopsis thaliana.

PhénoArch : une plateforme innovante pour analyser la tolérance à la sécheresse chez les plantes

Les préoccupations de l'agriculture face au changement climatique rendent urgent le développement de plantes qui tolÃ"rent des contraintes environnementales plus fortes telles que le déficit hydrique, des températures plus élevées ou un air plus sec. Pour cela les chercheurs de l'INRA de Montpellier disposent depuis cette année d'une plateforme unique en France. Elle permet l'analyse quantitative simultanée du comportement de 1 650 plantes, cultivées dans une serre, pour en dégager les caractéristiques les plus intéressantes afin de sélectionner et d'améliorer des espÃ"ces d'intérò agronomique. Cette opération a pu ótre réalisée grâce à un financement exceptionnel de l'INRA, au soutien du Conseil régional Languedoc-Roussillon et de partenaires (CNRS, CIRAD, Université Montpellier 2 et Montpellier SupAgro).

Un premier défi était technologique car il faut pouvoir mesurer sur des milliers de plantes plusieurs caractéristiques de façon simultanée et automatique, en même temps que les conditions environnementales. Un second défi était - et reste - scientifique, pour gérer et organiser de grandes quantités d'information, calculer des variables ayant un sens biologique à partir de variables brutes et les mettre en relation avec les conditions environnementales et les caractéristiques des génomes.

La plateforme PhénoArch permet l'analyse de 1 650 plantes, simultanément avec les conditions climatiques et l'état hydrique du sol mesurés toutes les minutes. Les plantes, qui peuvent être des céréales, de la vigne ou des petits arbres, sont cultivées en pots qui se déplacent sur des convoyeurs gérés informatiquement. La teneur en eau du sol est automatiquement contrÃ′lée dans chaque pot par pesée et arrosage automatique pour obtenir une humidité cible pour chaque plante étudiée.

L'architecture et la surface foliaire de chaque plante sont suivies par des images en trois dimensions prises \tilde{A} intervalles r \tilde{A} ©guliers. L'accumulation de biomasse est \tilde{A} ©galement estim \tilde{A} ©e par imagerie, et la transpiration par pes \tilde{A} ©es successives. Ces donn \tilde{A} ©es permettent de calculer l'efficience d'utilisation de la lumi \tilde{A} re ou de l'eau des diff \tilde{A} ©rentes vari \tilde{A} 0 et esp \tilde{A} 0 ces analys \tilde{A} 0 es. Chacun de ces caract \tilde{A} res est ensuite analys \tilde{A} 0 g \tilde{A} 0 g \tilde{A} 0 qui apportent des avantages aux plantes en conditions de stress.

PhénoArch a ainsi la capacité d'identifier les déterminismes génétiques de caractÃ"res agronomiques essentiels mais difficiles à mesurer en plein champ. .

Â

ResSources

Centre INRA de Montpellier

Unité mixte de recherche INRA-Montpellier SupAgro

Laboratoire ©cophysiologie des plantes sous stress environnementaux - LEPSE

Bertrand Muller - Fran ASois Tardieu

INRA - Plateforme PhénoArch

INRA - L'eau, recherches pour une ressource vitale