

Agriculture et sécheresse : le contexte et les enjeux

Bernard Itier

INRA, UMR Environnement et Grandes Cultures, 78850 Thiverval-Grignon

La répétition de sécheresses au cours de trois années successives du début du siècle (2003, 2004 et 2005) a eu pour conséquence de poser la question de la « durabilité » de l'agriculture actuelle. En effet, ces sécheresses n'étaient plus perçues comme des événements exceptionnels (ça avait été le cas de la sécheresse de 1976) mais comme une manifestation possible du « changement climatique » en cours. Cette « durabilité » de l'agriculture s'entend de deux façons :

- en interne : quelles cultures peut-on conduire sous notre climat avec la ressource en eau disponible aujourd'hui et demain ?
- en externe : quelle est l'action de l'agriculture sur cette ressource en eau, en quantité et plus seulement en qualité, dans un contexte de concurrence pour son usage ?

Après ces trois années de sécheresse, la deuxième question présentait un aspect aigu dans la presse dans la mesure où, même si l'agriculture dans son ensemble est la première victime de la sécheresse (rappelons que l'agriculture pluviale constitue 93% de la S.A.U. nationale), l'opinion publique est fortement sensible à la consommation d'eau d'irrigation pendant la pénurie estivale.

La nécessité de faire le point sur cette double question a conduit à engager une expertise collective, commanditée par le MAP, pilotée par l'INRA et associant 27 experts de plusieurs organismes (Cf. Amigues et al. 2006). Cette expertise a été restituée en public en octobre 2006 après avoir fait l'objet de présentations devant les porteurs d'enjeux agricoles et environnementaux.

Mon propos aujourd'hui ne consiste pas à répéter de façon exhaustive ce qui peut être lu dans le rapport. Il consistera à :

- faire le point sur la sécheresse
- situer les exposés à venir sur la question du maintien d'une agriculture dépendante de la ressource en eau
- développer la question de l'incidence de l'agriculture sur la ressource en eau (en quantité), en esquisant une typologie de situations permettant de débattre de l'intérêt de l'amélioration des pratiques et du choix des systèmes de cultures. Ces éléments sont nécessaires à la mise en œuvre de la gestion quantitative prévue par la loi sur l'eau de décembre 2006. Ils s'inscrivent dans la panoplie d'outils nécessaires à la profession agricole pour aborder la gestion collective prévue par le « Grenelle de l'environnement » qui affiche « l'adaptation des prélèvements en ressource » comme un des quatre objectifs majeurs sur l'eau dans la loi en cours d'élaboration.

1. La sécheresse aujourd'hui et demain

Faisons tout d'abord la différence entre la sécheresse et l'aridité.

On parle de sécheresse lorsque la pluviométrie est inférieure à la normale. Il s'agit d'un épisode délimité dans le temps et dans l'espace. On parle d'aridité lorsque la pluviométrie est inférieure, de façon systématique, à un seuil de l'ordre de 500 mm. La pluviométrie moyenne étant en France supérieure à 900 mm, nous ne sommes pas concernés par l'aridité. Au passage, la conduite de systèmes de cultures

en conditions d'aridité est techniquement plus aisée que celle de systèmes faisant face à des sécheresses aléatoires.

Les sécheresses peuvent être classées en deux grandes catégories :

- la sécheresse hydrologique lorsque les pluies d'automne et d'hiver sont insuffisantes. Cette sécheresse affecte l'agriculture irriguée dans la mesure où les « réservoirs » d'eau d'irrigation ne sont pas remplis.
- La sécheresse édaphique, lorsque les pluies de printemps et d'été sont insuffisantes pour assurer un remplissage correct du réservoir d'eau du sol (appelé « réserve utile ») pendant la saison de végétation. Cette sécheresse concerne surtout l'agriculture pluviale mais affecte aussi l'agriculture irriguée.

De 1976 à 2005, le territoire français a été concerné, sur une de ses régions, par 13 épisodes de sécheresse, dont 2 purement hydrologiques, 6 édaphiques et 5 sécheresses combinées. Cela correspond grosso modo à l'occurrence d'une sécheresse, 2 années sur 5, soit deux fois plus que dans le passé (12 épisodes de 1905 à 1965). Qu'en sera-t-il dans le futur ? Les modèles de climat ne sont pas adaptés à la prévision dans le futur proche et, pour l'horizon 2010-2020, on peut supposer que des épisodes comme ceux de 2003-2005 peuvent se reproduire. Au-delà, autant les différents scénarios de changement de température prévoient tous une hausse, autant les scénarios pour la pluie sont imprécis pour la France dans la mesure où la limite entre augmentation et baisse varie en latitude du 42^{ème} au 47^{ème} parallèle. Il semble toutefois raisonnable de tableer sur une baisse de pluviométrie estivale en région méridionale, c'est-à-dire dans la partie du territoire la plus concernée par la pression sur la ressource en eau.

2. L'agriculture et la ressource en eau

Comme indiqué plus haut, la relation de l'agriculture à la ressource en eau présente deux volets :

- le maintien d'une agriculture dépendante de la ressource
- l'incidence de l'agriculture sur la ressource en eau

2.1) *Maintien d'une agriculture dépendante de la ressource en eau*

L'expertise « Agriculture et sécheresse » a recherché des pistes d'amélioration pour l'agriculture pluviale (et accessoirement pour l'agriculture irriguée avec une ressource en eau limitante).

Pour pouvoir demander à l'agriculteur de mettre en place un jeu de systèmes de culture qui restitue davantage d'eau au milieu compte tenu de la pression sur la ressource, il faut pouvoir mettre à sa disposition du matériel végétal et des techniques appropriées. L'adaptation passe donc par deux voies : génétique et agronomique.

a/ Adaptation par la voie génétique.

Les médias se sont fait l'écho de résultats intéressants concernant la survie à la sécheresse. Ceci étant, sauf dans le cas de la résilience d'espèces prairiales (ou forestières), ce qui intéresse l'agriculteur, ce n'est pas la survie mais la production. Or cette production, liée à l'acquisition du carbone, se heurte à la correspondance entre gain de CO₂ et perte d'eau par les stomates. Jusqu'à aujourd'hui, on n'a obtenu une amélioration de l'efficacité de l'eau évapotranspirée (rapport « CO₂ »/ « H₂O ») que dans des conditions d'aridité lointaine de nos conditions climatiques.

Pour pouvoir continuer à cultiver les mêmes espèces, l'amélioration génétique ne passe pas que par l'aspect hydrique. Trois voies sont possibles:

- on peut viser « l'esquive » de la sécheresse en obtenant des variétés précoces et à cycle court.
- on peut viser « l'évitement » de la sécheresse en jouant sur la croissance aérienne (diminution) ou souterraine (augmentation)
- on peut viser la « tolérance » à la sécheresse en privilégiant les organes récoltés

La première et la deuxième voies conduisent à des rendements potentiels inférieurs mais qui peuvent devenir des rendements réels supérieurs en situation de sécheresse.

La troisième voie est aujourd'hui du domaine de la recherche.

Reste que l'on pourrait aussi ambitionner d'améliorer la productivité d'espèces déjà bien adaptées à la sécheresse. Ainsi, il convient de confronter la réflexion sur la tolérance à la sécheresse du maïs à celle sur la productivité de sorgho !

b/ Adaptation par la voie agronomique

L'adaptation agronomique passe par la mise en place de systèmes de culture adéquats et, secondairement, par l'amélioration des itinéraires techniques. On retrouve les trois voies évoquées pour l'amélioration génétique :

- « l'esquive » consiste à privilégier les systèmes de cultures à base de cultures d'hiver car celles-ci bénéficient d'une ressource plus forte (pluies d'hiver) associée à une demande plus faible (évapotranspiration potentielle réduite). En systèmes à base de culture de printemps, il faut privilégier les variétés précoces.
- « l'évitement » et/ou la « tolérance » consiste à choisir des espèces réputées pour leur capacité de « résistance » à la sécheresse, comme le tournesol (tolérance) ou le sorgho (évitement et tolérance).

Sur le plan « biotechnique », on dispose aujourd'hui d'un certain nombre d'outils et de résultats permettant d'avancer dans le raisonnement des systèmes de cultures alternatifs. Brisson (2008) et Debaeke et al (2008) illustrent cela en associant expérimentations réelles conduites sur des domaines expérimentaux et expérimentation virtuelle de systèmes et de pratiques via la modélisation.

Sur le plan socio-économique, on est confronté à deux observations contraires :

- en plus de son intérêt sur le plan environnemental (Cf. 2.2), la diversification des systèmes de cultures est intéressante pour l'agriculteur car diversifier, c'est avoir plusieurs cordes à son arc et mettre en place une auto-protection
- pour diversifier, il faut que la perte de rendement attendue en situation potentielle ne soit pas supérieure au gain relatif en situation de sécheresse. Or, à côté des aspects d'amélioration de la productivité de cultures alternatives (Cf. Grieu et al, 2008), restent les aspects économiques liés au marché et à l'organisation de la filière (Leenhardt et Reynaud, 2008). J'y reviendrai en conclusion dans l'affichage du double intérêt de la diversification des systèmes de cultures.

2.2) Incidence de l'agriculture sur la ressource en eau

Ce point a fait lui aussi l'objet d'un développement dans l'expertise « Agriculture et sécheresse ». Il est évoqué dans le travail de Le Corre-Gabens et Hernandez-Zakine (2008). Il est possible d'aller plus loin que ce n'avait été fait lors de l'expertise « Agriculture et sécheresse ». C'est à cela que je consacrerai l'essentiel de mon propos.

Parler d'incidence de l'agriculture sur la ressource en eau évoque immédiatement dans l'esprit du grand public la consommation d'eau d'irrigation, ressource à partager. « L'adaptation des prélèvements en ressource en eau, via l'instauration d'une gestion collective » est l'un des quatre objectifs majeurs sur l'eau du « Grenelle de l'environnement » qui doit déboucher sur une loi cette année même. Pour aborder cette gestion collective, il nous faut, d'une part, essayer d'y voir clair sur l'éventuelle rareté de la ressource en eau mais aussi traiter d'un point auquel on pense généralement peu : quelle est l'incidence de l'agriculture pluviale sur la ressource par comparaison à d'autres modes d'occupation des sols ?

a/ Consommation d'eau d'irrigation : à quelle échelle aborder la question ?

La pluviométrie moyenne annuelle sur le territoire métropolitain est proche de 900 mm/an ($480 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ sur $550 \cdot 10^3 \text{ km}^2$). Nous sommes presque au double du seuil défini pour l'aridité. L'évapotranspiration, impôt climatique obligatoire, consomme grosso-modo les deux tiers de la pluie, le tiers restant, appelé parfois « pluie efficace », est disponible pour les aquifères et cours d'eau, soit à peu près 300 mm/an. L'irrigation concerne environ 17000 km² (7% de la S.A.U., 3% du territoire). Les doses varient de plus de 400 mm/an dans le Sud-Est à moins de 200 mm/an dans bien des régions. Sur une base de 300 mm/an en moyenne appliqués à 3% du territoire national, cela représente 1% de la pluie totale sur l'ensemble de ce territoire ou 3% de la « pluie efficace ». On voit clairement que l'échelle du territoire national n'est pas appropriée à la question pour l'affichage d'une éventuelle rareté de l'eau. La question, lorsqu'elle est pertinente se pose à l'échelle de tel ou tel bassin versant. A ce sujet, force est de constater qu'il y a une profonde inégalité de situation entre les acteurs de différents bassins versants. Comparons à ce propos les situations respectives du Sud-Ouest (Midi-Pyrénées, Aquitaine et Poitou-Charentes) et du Sud-Est (PACA, Languedoc-Roussillon et sud de Rhône-Alpes).

Dans le premier cas, le climat océanique dégradé avec une différence (P-ETP) de 100 à 200 mm/an conduit à des doses d'irrigation de l'ordre de 150 mm/an. Dans le deuxième, le climat méditerranéen avec une différence (P-ETP) de 300 mm/an conduit à des doses d'irrigation de 400 à 500 mm/an, soit 3 fois plus. La surface irriguée dans le Sud-Ouest est de 7500 km² soit trois fois plus que dans le Sud-Est. Le total des besoins d'eau d'irrigation des deux régions est donc voisin, proche de 1 km³/an. La situation est toutefois beaucoup plus tendue dans le Sud-Ouest car, tandis que le Sud-Est dispose de fortes ressources exogènes (eaux du Rhône et de la Durance distribuées par la CNABRL et la SCP), le Sud-Ouest en est faiblement pourvu (eaux de la Neste distribuées par la CACG) voire dépourvu (cas de Poitou-Charentes) !

Nous avons pris, pour illustrer le contraste, une comparaison entre de vastes territoires. Dans les faits, la question se traite le plus souvent au niveau de bassins versants correspondant à des rivières d'ordre 3 ou 4, souvent appelée « échelle territoriale ». Confrontés à la multiplicité des situations, on manque aujourd'hui d'études de bilans hydrologiques à l'échelle de ces bassins versants. Les mécanismes en jeu sont bien maîtrisés à l'échelle de la parcelle pour l'établissement de bilans hydriques (au moins pour les situations de faible pente). L'exposé de N. Brisson sur le simulateur de cultures « STICS » illustrera ce point. La modélisation hydrologique de bassins versants est encore aujourd'hui du domaine de la recherche et son couplage avec l'hydrogéologie est quant à elle en projet. L'expertise « Agriculture et

sécheresse » a mis en avant la possibilité d'utiliser des simulateurs de cultures comme STICS pour estimer, sur une base annuelle, les flux d'eaux à l'échelle du bassin versant à partir du pédoclimat distribué (P_i , ETP_i , RU_i) et des systèmes de cultures en place (SdC_i). Le travail reste à faire pour les bassins versants concernés (voir plus loin : typologie de bassin versant : situation de bilan de réservoir) à partir des bases de données appropriés.

b/ Incidence des systèmes de culture sur la restitution d'eau au milieu

Nous avons écrit plus haut que, globalement, les deux tiers de l'eau de pluie partent sous forme d'évapotranspiration. Il serait équivalent de dire qu'à l'échelle du territoire, le sol restitue à l'échelle annuelle un tiers de l'eau de pluie au milieu sous forme d'écoulement vers les nappes et les cours d'eau. Ceci recouvre une forte diversité de situations. En parallèle à l'expertise « Agriculture et sécheresse », le simulateur STICS a été utilisé (Brisson et al. 2006) pour comparer la restitution au milieu (drainage – irrigation) de trois systèmes de cultures (irrigué, irrigué en complément, pluvial), dans trois régions, sur trois types de sol (faible, moyenne et forte réserve utile). Le résultat de la simulation est présenté sur la Figure 1. La figure permet d'observer l'intérêt des systèmes en irrigation de complément, le problème posé par l'absence de nappes de stockage en Poitou-Charentes et la nécessité de disposer de ressources exogènes pour cultiver des cultures irriguées en Midi-Pyrénées.

Différences (mm) entre le drainage et l'irrigation ($D - I$) par type de sol pour différents systèmes de culture (en abscisse: A: irrigué, B: irrigué en complément, C: pluvial).

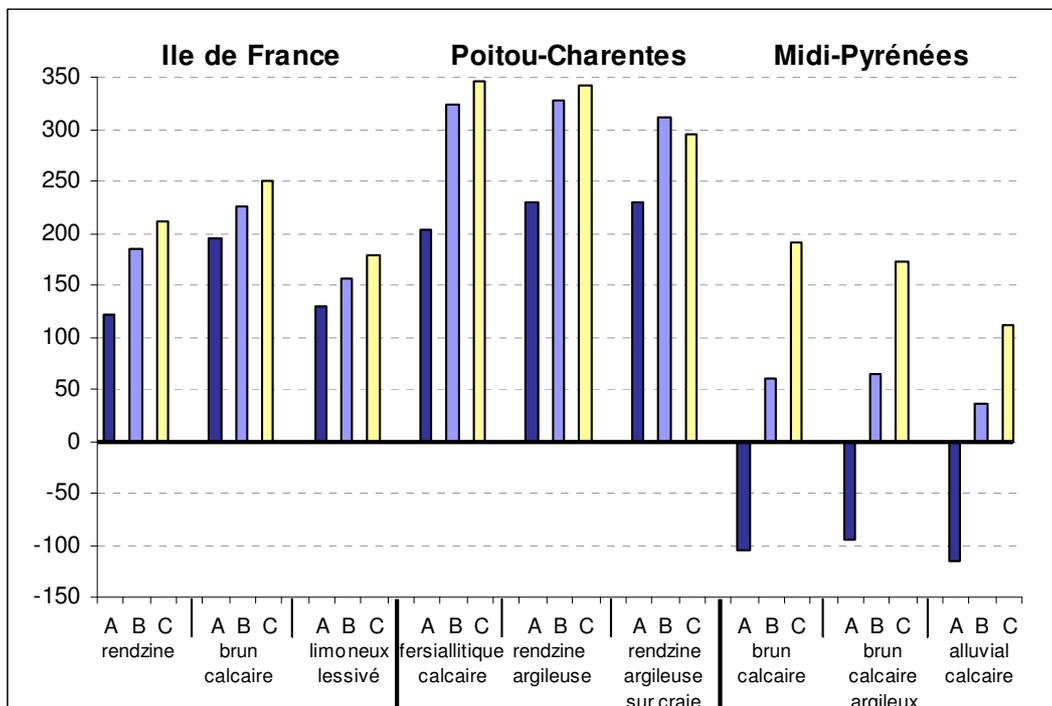


Figure 1 : Restitution d'eau au milieu ($D-I$) pour différents systèmes de cultures. Le terme « drainage » (D) représente ici l'eau percolant sous l'horizon de sol exploité par les racines. (d'après Brisson et al. 2006 – repris dans Amigues et al. 2006)

La comparaison présentée sur la figure 1 traite de différents systèmes de cultures. Une autre comparaison a été effectuée (Levrault et al., 2005) en Poitou-Charentes entre une rotation Maïs-Blé et une prairie, les deux conduits en pluvial. La quantité d'eau drainée sous la rotation Maïs-Blé excède de 100 mm/an celle drainée sous prairie pour la période 1971-2000. Ce résultat, cohérent avec des observations faites par des chercheurs travaillant sur forêt, illustre le fait que l'agriculture pluviale restitue davantage d'eau au milieu que ne le font les surfaces naturelles. Il est aisé de trouver l'explication de ce fait dans l'existence de périodes de sols nus dans les systèmes cultivés. Ainsi, l'agriculture pluviale est-elle, par comparaison au milieu naturel, un contributeur relatif à la ressource. Ce point devrait entrer dans le raisonnement des pourcentages de surface allouables à l'irrigation dans les négociations futures à conduire avec d'autres acteurs à l'échelle du bassin versant. Il n'exonère pas de la nécessité de promouvoir la diversité des systèmes de culture mais il permet de rationaliser le débat.

3. Systèmes de culture et pratiques en fonction de l'origine de la ressource en eau d'irrigation.

On classe souvent les systèmes d'irrigation en fonction du mode de distribution (« par aspersion », « à la raie », « au goutte à goutte », etc...). Ces modes d'irrigation correspondent à des pratiques différentes et, souvent, à des systèmes de cultures différents.

L'origine de la ressource est rarement évoquée pour caractériser les systèmes d'irrigation et pourtant elle peut avoir une incidence forte sur l'intérêt de l'amélioration des pratiques et le choix des systèmes de cultures irrigués.

Nous allons illustrer le propos à partir de deux situations contrastées qui correspondent l'une aux systèmes irrigués de Beauce, l'autre aux systèmes irrigués de Poitou-Charentes.

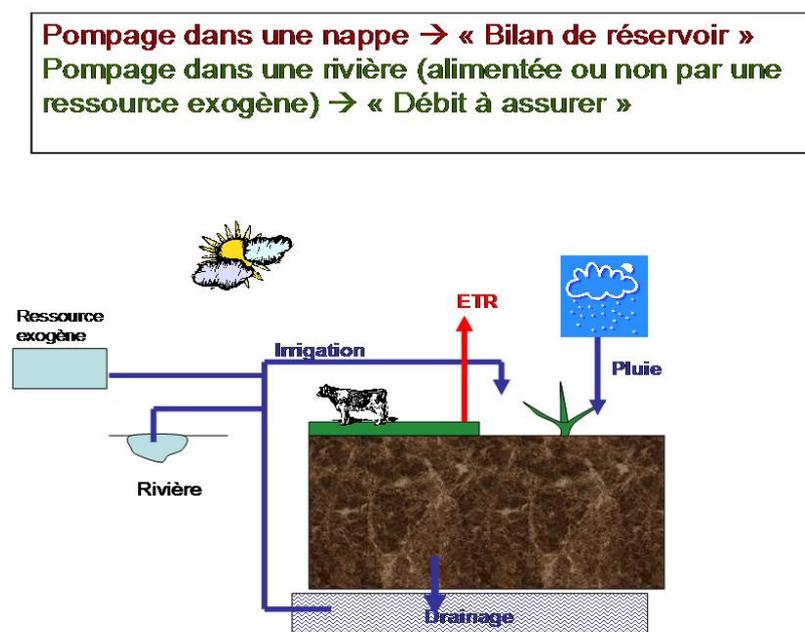


Figure 2 : Deux situations très contrastées : pompage dans une nappe et pompage dans une rivière

3.1) *Pompage dans une nappe : bilan de réservoir*

Lorsque l'irrigation est pratiquée à partir du pompage dans une nappe de grande envergure, la question majeure est celle du maintien du niveau de cette nappe. C'est dans cette situation que la notion de « restitution au milieu » illustrée par la figure 1 prend toute son importance. A l'échelle du bassin alimenté par cette nappe, ce qui importe c'est la part d'eau de pluie diminuée de la quantité prélevée pour l'irrigation qui alimentera la nappe afin d'assurer les autres usages de l'eau et, notamment, le débit aux exutoires. C'est la combinaison des systèmes de cultures pluviaux et irrigués (irrigation totale ou irrigation de complément) et les pourcentages alloués à chacun sur l'ensemble du bassin qui feront que la restitution au milieu est (ou n'est pas) suffisante pour assurer le maintien du niveau de la nappe. Il est important d'apporter une précision sur les « systèmes de cultures : deux cultures peuvent consommer pour croître des quantités d'eau voisines (par exemple, le maïs et le blé) mais il est clair qu'un système de culture à base de maïs consomme plus d'eau qu'un système de culture à base de blé en raison de la plus forte évaporation du sol pendant la période de sol nu du premier.

Dans une situation de bilan de réservoir, l'amélioration des pratiques n'a qu'un effet secondaire sur le plan quantitatif dans la mesure où l'eau d'irrigation distribuée en excès retournera à la nappe après percolation. Cette amélioration conserve, bien sûr, tout son intérêt sur le plan qualitatif.

La question clé dans ce cas, c'est la part des systèmes de cultures irriguées (irrigation totale ou de complément) en regard de celle correspondant aux systèmes pluviaux. Les accords collectifs conduisant à une gestion volumétrique doivent pouvoir s'appuyer sur des bases physiques où le rôle de consommateur de l'agriculture irriguée (totale et/ou de complément) est compensé par le rôle de contributeur relatif joué par l'agriculture pluviale par comparaison aux « milieux naturels ».

Dans cette situation, et en raisonnant sur une base annuelle, il est possible d'utiliser les simulateurs de cultures pour tester différentes combinaisons de systèmes de culture dans le cadre d'études conduites à l'échelle du bassin.

3.2) *Pompage dans une rivière : logique de débit*

Lorsque l'irrigation est pratiquée à partir du pompage dans une rivière, alimentée ou non par une ressource exogène, la question majeure est celle du débit d'étiage, tant pour des questions de quantité à réserver à d'autres usages que des questions de qualité. La temporalité du problème est alors un élément majeur. Ce n'est plus l'eau disponible à l'échelle annuelle qui compte (sinon la région Poitou-Charentes serait parmi les régions les mieux loties !) mais l'eau disponible en été dans les rivières qui fixe les potentialités du milieu en matière d'allocation de surface aux systèmes irrigués. Dans ce cas deux points importants sont à souligner :

- L'amélioration des pratiques conserve tout son intérêt, tant pour le producteur que pour le gestionnaire de la ressource. Pour le producteur qui peut irriguer une surface plus étendue avec la même allocation de ressource s'il gère correctement celle-ci. Pour le gestionnaire, car l'eau gaspillée n'est pas forcément restituée au cours d'eau pendant l'étiage.
- L'association de systèmes de cultures en irrigation de complément permet une augmentation de la surface potentiellement irrigable pour une même allocation de ressource. Qui plus est, en cas d'étiage sévère, ceux-ci seront beaucoup moins sensibles à d'éventuelles restrictions.

Conclusions

L'agriculture doit se préparer à faire face demain à une situation de production sous contrainte hydrique. C'est vrai pour l'agriculture pluviale si le changement climatique en cours se traduit par une occurrence accrue de sécheresse. C'est également vrai pour l'agriculture irriguée si la pression sur la ressource liée à la concurrence pour les usages de l'eau s'accroît.

L'amélioration des pratiques ne peut à elle seule fournir la solution demain en situation de sécheresse. Que ce soit pour l'agriculture pluviale ou pour l'agriculture irriguée sous les deux types, la diversité des systèmes de culture est doublement intéressante car elle met en place une auto-protection pour l'agriculteur et économise la ressource en eau d'irrigation pour l'ensemble de la collectivité.

L'agriculteur dispose dès aujourd'hui de possibilités au travers de systèmes de cultures d'hiver ou du choix de variétés précoces dans les systèmes de cultures de printemps.

La mise en place de cultures alternatives tolérantes à la sécheresse pose une double question :

- à la recherche d'abord pour trouver des solutions techniques telles que l'amélioration de la tolérance d'espèces productives comme le maïs ou de la productivité d'espèces tolérantes comme le sorgho ;
- à la profession ensuite, et pas seulement à l'agriculteur individuel, car le choix de cultures comme le sorgho ne passe pas que par l'amélioration de sa productivité. Il passe aussi par la structuration d'une filière qui sécurise ce choix si les critères de productivité sont satisfaits.

Références bibliographiques

Amigues J.P., Debaeke P., Itier B., Lemaire G., Seguin B., Tardieu F., Thomas A. (éditeurs), 2006. *Adapter l'agriculture à un risque accru de manque d'eau*. Expertise scientifique collective, synthèse du rapport, INRA (France), 72p.

Brisson N., 2008. Modéliser la réponse des cultures à la contrainte hydrique avec le modèle STICS pour comparer des stratégies et anticiper les changements climatiques. *Innovations Agronomiques* 2, 9-18.

Brisson N., Huard F., Graux A.I., Lebas C., Debaeke P., 2006. Impact de la variabilité des facteurs responsables de la sécheresse agricole à l'échelle du territoire par une approche de modélisation biophysique. Note technique Agroclim INRA Avignon

Debaeke P., Willaume M., Casadebaig P., Nolot J.M., 2008. Raisonner les systèmes de culture en fonction de la disponibilité en eau. *Innovations Agronomiques* 2, 19-36.

Grieu P., Maury P., Debaeke P., Sarrafi A., 2008. Améliorer la tolérance à la sécheresse du tournesol : apports de l'écophysiologie et de la génétique. *Innovations Agronomiques* 2, 37-51.

Le Corre-Gabens N., Hernandez-Zakine C., 2008. Vers une gestion durable des ressources en eau. Projet Cas-Dar. *Innovations Agronomiques* 2, 93-108.

Leenhardt D., Reynaud A., 2008. Répondre aux enjeux socio-économiques, de l'exploitation agricole au territoire. *Innovations Agronomiques* 2, 65-81.

Levrault F. Baraton E., Boucheny P., Chazalon J-M., Ferrane C., Fombour L., Genettais T., 2005. Fonctionnement hydrique de parcelles de maïs en Poitou-Charentes 22p. Atelier Cogito n°4, Agro-Transfert Poitou-Charentes