

Sécheresse et gestion de l'eau en agriculture

La Rédaction¹.

Malgré la difficulté de prévoir avec précision l'évolution du climat et la déclinaison du changement climatique à l'échelle régionale, il y a tout lieu de penser que l'élévation globale de la température à l'échelle planétaire aura des incidences fortes, bien que diversifiées, à l'échelle régionale. L'évolution historique du climat en France souligne qu'après les grandes sécheresses de 1947 et de 1976, la tendance à la multiplication des fortes sécheresses s'est accélérée depuis les années 2000 avec les épisodes de 2003, 2005, 2006 et 2011. Les plus récents travaux en la matière (Climsec) montrent que cette tendance aux sécheresses accrues va se poursuivre.

Face à cette situation, il y a d'abord l'approche réglementaire s'exprimant par les arrêtés préfectoraux sur la gestion de l'eau, qui comportent des arrêtés cadres par bassin, et des déclinaisons départementales par masses d'eau et domaines d'activité ou, *in fine*, sous forme de réductions globales des prélèvements d'eau. Cette approche, par nature à court terme, est celle mise en place annuellement. Il n'en est pas de même pour l'amélioration des pratiques culturales ou de gestion de l'eau dont l'évolution souligne un souci constant d'aller vers des pratiques plus adaptées (cultures, technologies d'aspersion, économies dans la consommation d'eau, etc.).

Le présent article ne revient pas sur la question du changement climatique mais se propose de présenter de façon synthétique l'amélioration des pratiques dans les différents domaines considérés. Nous commencerons par un aperçu sur l'impact des sécheresses sur les rendements des grandes cultures.

Évaluation des impacts des sécheresses sur les grandes cultures

Nous nous limitons ici à l'exemple de la France, en nous appuyant sur l'article de Philippe Debaeke et Michel Bertrand, publié dans Cahiers Agricultures en 2008². Dans cet article, ont été prises en compte quatre années de

sécheresse (1976, 2003, 2005 et 2006)³, quatre régions (Picardie, Centre, Poitou-Charentes, Midi-Pyrénées) et cinq cultures majeures (blé tendre, maïs-grain, colza d'hiver, orge d'hiver, tournesol), par ordre décroissant des surfaces en 2005. Pour d'autres cultures (blé dur, sorgho grain, soja, betterave sucrière et pomme de terre), seules les statistiques nationales ont été utilisées.

Pour évaluer les baisses de rendement consécutives à la sécheresse, plusieurs types de données peuvent être utilisés :

- données statistiques régionalisées sur les rendements moyens (Agreste, 1989-2006⁴), les plus mobilisées ; on apprécie souvent la baisse de production imputable par rapport à la moyenne des cinq années précédentes ;
- résultats d'expérimentations (ou enquêtes) agronomiques qui permettent d'évaluer la sensibilité des cultures au déficit hydrique, à différentes phases du cycle végétatif ; ces expérimentations ont le défaut d'être souvent réalisées en sols profonds ;
- indices agroclimatiques, dont la précision s'affine au cours de la saison⁵, ou données radiométriques satellitaires (réflectance du couvert, température de surface)⁶ ;
- modèles de simulation climat-sol - plante, plutôt utilisés pour caractériser les scénarios climatiques passés ou prévisibles et en évaluer les conséquences *ex ante* pour une large gamme de sols et de systèmes de culture⁷.

Chaque année, des notes de conjoncture du SCEES⁸, relayées par la presse agricole, chiffrent les conséquences de la sécheresse sur la production et le revenu des agriculteurs en France. Néanmoins, on ne dispose pas véritablement d'une évaluation complète et rétrospective des pertes de rendement imputables à la sécheresse, par culture et par région.

Les quatre régions sélectionnées expriment un gradient climatique Nord-Sud. L'analyse des séries chronologiques de rendement du SCEES a été faite depuis

1. Remerciements à Philippe Debaeke (Institut national de la recherche agronomique, INRA UMR AGIR), Christian Longueval (Chambre régionale d'agriculture de Midi-Pyrénées), Frédéric Levrault (Chambre régionale d'agriculture de Poitou-Charentes) et Rémi Oudin (DREAL Centre) pour leur aide dans l'élaboration de cet article.

2. Cahiers Agricultures, Vol. 17, n° 5, 421-504, septembre-octobre 2008.

3. Selon les années, il s'agissait de sécheresse affectant l'humidité du sol au printemps et en été (sécheresse édaphique) ou de sécheresse hydrologique, pénalisant la recharge hivernale des aquifères, ou encore de situations mixtes, accompagnées ou non de hautes températures estivales. Choïnel E., 1993 : Le risque sécheresse en agriculture. *Chambres d'Agriculture* 807, 6-12. Amigues JP, Debaeke P, Itier B, et al., 2006 : Sécheresse et agriculture : adapter l'agriculture à un risque accru de manque d'eau. *Rapport d'expertise scientifique collective*. Inra éditions, 2006.

4. Agreste, 1989-2006. *Statistique agricole annuelle. Chiffres et Données Agriculture*. Paris : ministère de l'Agriculture et de la Pêche. www.agreste.agriculture.gouv.fr.

5. Wu H., Hubbard K. G., Wilhite D. A., 2004 : An agricultural drought risk-assessment model for corn and soybeans. *Int. J. Climatology*, 24, 743-741.

6. Unganai L. S., Kogan F. N., 1998 : Drought monitoring and corn yield estimation in southern Africa from AVHRR data. *Remote Sens. Env.* 63, 219-232.

7. Keating B. A., Meinke H., 1998 : Assessing exceptional drought with a cropping systems simulator : a case study for grain production in Northeast Australia. *Agric. Syst.* 57, 315-332. Yacoubi M, El Mourid M, Chbouki N, Stockle C. O., 1998 : Typologie de la sécheresse et recherche d'indicateurs d'alerte en climat semi-aride marocain. *Sécheresse* 9, 269-276. Brisson N, Huard F, Graux A. I., et al., 2006 : Évaluation régionale de l'impact de la sécheresse agricole à l'aide d'un modèle biophysique. Étude réalisée par l'unité AGROCLIM de l'INRA pour le ministère de l'Agriculture. Inra éditions.

8. Service Central des Enquêtes et Études Statistiques du ministère de l'Agriculture, aujourd'hui dénommé : Service de la Statistique et de la Prospective (SSP).

1970 et, pour chaque année, à partir de la droite de régression reliant le rendement à l'année culturale, on a calculé un rendement de référence aux échelles régionale et nationale. Ce rendement correspond à un rendement accessible compte tenu du progrès génétique, de l'amélioration des techniques culturales et du changement climatique. Tout écart négatif par rapport à ce rendement traduit l'impact d'un facteur limitant, en général d'origine agroclimatique (sécheresse, maladies cryptogamiques...).

Le déficit pluviométrique (pluie-évapotranspiration potentielle) cumulé de novembre à août pour les quatre années de sécheresse retenues a été évalué à partir des données de trois postes climatiques exprimant un gradient Nord-Sud : Versailles (78), Lusignan (86) et Toulouse (31). Ce déficit est très prononcé à Toulouse pour les quatre années (1976 n'étant pas l'année la plus sèche), à Lusignan, en 1976 et 2005, mais uniquement en 1976 à Versailles. En 2003, bien qu'intense, la sécheresse s'est installée plus tardivement au printemps en raison d'une pluviométrie hivernale satisfaisante (sécheresse édaphique). En 2005 et 2006, la recharge des sols et des nappes a été insuffisante au cours de la phase hivernale, avec des conséquences pour les ressources en eau d'irrigation (sécheresse hydrologique).

En 2011⁹, on a enregistré un printemps exceptionnellement chaud et sec, avec un cumul de précipitations de mars à mai en recul de 52% par rapport aux normales saisonnières 1979-2000, au-delà donc du précédent record de 1976. Cette situation a favorisé la précocité des productions, mais surtout pénalisé le potentiel de grandes cultures et de prairies sur la majeure partie du pays, sauf en région méditerranéenne. Néanmoins, l'été pluvieux qui a suivi (retour à la normale en juin et au-delà de la normale en juillet et août), ce qui n'avait pas été le cas en 1976, a réduit les effets de cette sécheresse de printemps pour les céréales, mais pas pour les fruits et légumes d'été.

La progression annuelle moyenne des rendements à l'échelle nationale a été, durant la période considérée par l'étude, de + 1,6 % pour le maïs et la betterave, + 1,5 % pour le blé tendre et la pomme de terre, + 1,4 % pour l'orge d'hiver, + 1,3 % pour le sorgho et le colza et + 1 % pour le soja. Pour le tournesol, les rendements se sont fortement accrus jusqu'en 1988 (+ 2,1 %), mais ils ont ensuite stagnés, ce qui se traduit par une progression totale de + 0,7 % par an entre 1970 et 2006. La perte de rendement liée à la sécheresse a été pratiquement générale durant les quatre années considérées, sauf pour le colza dans les années récentes. On notera que la variabilité non liée au progrès des rendements est la plus faible pour les cultures industrielles, céréales à paille et maïs, la part expliquée par ce progrès

dans la variabilité interannuelle des rendements étant comprise entre 82 et 90 %. Cette variabilité est plus forte pour le colza, culture subissant fortement les dégâts des ravageurs et pathogènes. À l'échelle nationale, les plus fortes pertes de rendement ont été enregistrées en 1976, 2003 et 2006, la sécheresse 2005 ayant été plus modérée.

Globalement, les pertes en blé tendre varient de 7 à 18% selon les années et celles en maïs-grain, de 7 à 23%, ce qui s'explique par une proportion importante de maïs pluvial (71% en 1988, 55% en 2000). Si l'on compare la sensibilité à la sécheresse des cultures entre 1976 et 2003, les ordres de grandeur de pertes sont conservés pour le colza (8 %), le blé (16 %) et le maïs (21 %). Les rendements du maïs en sec et en irrigué, distingués par le SCEES depuis quelques années, soulignent une forte baisse (- 30%) observée en non irrigué en 2003 (10% en 2006), contre seulement 12 % avec irrigation (+ 4% en 2006). En dépit de leur tolérance intrinsèque, les cultures d'été non irriguées (tournesol et surtout sorgho) sont les plus exposées à la sécheresse, car on les trouve principalement sur sols superficiels à faibles potentialités, dans la moitié sud de la France. Globalement, l'étude montre que les pertes de rendement sont très variables selon les années et les cultures.

Ainsi, pour prendre quelques repères 2011¹⁰, au 1^{er} novembre 2011, la récolte 2011 de céréales était estimée à 63,4 Mt, soit une légère baisse de 3,5 % par rapport à 2010. Ce chiffre global recouvre une baisse de la récolte de céréales à paille (- 4%) et une hausse de la production de maïs (+ 8% pour le maïs grain). La baisse de la production de blé tendre est liée à une baisse des rendements. Il en est de même pour la diminution de la production de blé dur, d'orge et d'avoine, diminution également liée à celui de la sole (partie des terres affectée à l'une des cultures de l'assolement).

On peut aussi souligner l'augmentation des récoltes de colza et de tournesol, qui résulte d'une forte extension de la sole et de rendements en hausse et, à l'inverse, la régression de la production des protéagineux après une année 2010 record. Globalement, lors de la sécheresse 2011, les cultures d'hiver ont été plus affectées que les cultures d'été. C'est le cas, par exemple, pour les céréales à paille (recul de 12% par rapport à 2010), ou l'orge et le colza d'hiver (14%).

À l'échelle régionale, on observe aussi des variations. Le tableau 1 donne la répartition des pertes par année et par région, pour deux cultures (blé tendre et maïs). À titre d'exemple, pour le blé d'hiver, l'année 1976 a été la plus pénalisante en Poitou-Charentes, alors qu'en Midi-Pyrénées ce fut l'année 2003 et, en région Centre, les deux années.

La méthode de quantification proposée suppose

9. www.agreste.agriculture.gouv.fr
10. www.agreste.agriculture.gouv.fr

Pertes (%)	Blé tendre				Maïs			
	PIC	CEN	POC	MPY	PIC	CEN	POC	MPY
1976	18	23	20,5	7	33,5	28	36	19,5
2003	10,5	21	7,5	17	7,5	12,5	16,5	30
2005	10,5	6	-	-	3,5	-	31	5
2006	11,5	13	10	7	7,5	9	9,5	-

Tableau 1. Pertes de rendement du blé tendre et du maïs imputables à la sécheresse, pour quatre régions et quatre années.

Source : Cahiers Agricultures, Vol. 17, n°5, p. 441.

Légende des régions : PIC = Picardie, CEN = Centre, POC = Poitou-Charentes, MPY = Midi-Pyrénées.

qu'il existe une progression régulière des rendements, ce qui est le cas pour la plupart des grandes cultures, dont des variétés sont régulièrement inscrites au catalogue officiel. Selon le cas, cette progression est le fait de la conduite de culture ou du progrès génétique, avec des gains comparables. L'utilisation des statistiques publiques permet une évaluation globale des pertes de rendement sur le plan national et régional. Toutefois, comme on utilise une espérance de rendement, on sous-estime certaines années la perte réelle, en ne considérant pas la production potentielle accessible lors d'années climatiques favorables. En outre, la perte théorique par rapport à une culture bien irriguée est encore supérieure à ces estimations. Ainsi, sur la période 1970-1992, dans le cadre du dispositif expérimental d'Auzeville (31), la perte moyenne en culture sèche (par rapport à un témoin bien irrigué) était de 25 % (tournesol) et 42 % (maïs), soit bien au-delà des pertes calculées dans le tableau 1¹¹.

Plus récemment, les travaux de N. Brisson *et al.*¹² sur la stagnation des rendements en blé en Europe ont montré qu'une partie du plafonnement des rendements en blé en France et en Europe, à partir du milieu des années 90, pouvait être attribuée au changement climatique. La composante « sécheresse » du changement climatique n'est pas analysée dans cette étude, mais elle constitue très probablement une partie de l'explication de la stagnation observée.

La sensibilité globale des cultures à la sécheresse dépend de la sensibilité intrinsèque des espèces cultivées, des conditions de culture retenues et des choix variétaux réalisés. *In fine*, la perte de rendement résulte du stade où survient le plus fréquemment le déficit hydrique. L'évaluation précise des rendements se heurte notamment à une représentation réaliste des pratiques agricoles et à l'évaluation des nombreux facteurs limitant intervenant comme conséquences de la sécheresse. De ce fait, l'exploitation de données statistiques reste une méthode de base pour l'évaluation des impacts de la sécheresse en grande culture, aux échelles nationale et régionale.

Réduire la vulnérabilité de l'agriculture au manque d'eau

Sur une base annuelle, la pratique habituelle face à un déficit d'approvisionnement en eau est la voie des arrêtés préfectoraux sur avis d'experts et de parties prenantes, arrêtés cadres d'abord, puis spécifiques portant sur certaines activités, certains secteurs géographiques, voire un niveau général de réduction. Bien que calée sur la disponibilité observée de la ressource en sortie d'hiver, cette approche annuelle est une approche sur l'immédiat qui doit être replacée dans un contexte général d'approches à long terme visant à mieux gérer l'eau, à se doter de capacités de stockage *ad hoc*, et à en minimiser la consommation au travers d'actions portant sur les plantes elles-mêmes (génétique), les pratiques culturales et les actions économiques et politiques.

Dans ce cadre, l'INRA a été sollicitée en 2006 pour réaliser une *expertise scientifique collective* (ESCo) pour venir en appui aux politiques publiques. Cette expertise a été réalisée par un groupe de 25 experts de différentes disciplines (agronomie, sciences du sol, hydrologie, bioclimatologie, économie, sociologie...), relevant de diverses institutions et choisis pour leur compétence. Ce travail a donné lieu à un rapport détaillé et à un article de synthèse dont le contenu est à la base de la présente rédaction¹³. L'expertise, limitée au territoire métropolitain et aux zones agricoles *sensu lato*, à l'exclusion des zones forestières, avait pour objectifs d'évaluer l'incidence de l'agriculture sur la ressource en eau et d'estimer les conditions du maintien et du développement d'une agriculture confrontée à la sécheresse.

La France n'est pas menacée d'*aridité*, situation de pénurie d'eau structurelle, mais de *sécheresse*, évènement accidentel dont l'évolution climatique devrait, selon toute vraisemblance, conduire à augmenter la fréquence ou l'intensité. La sécheresse se situe toujours au croisement entre un déficit pluviométrique cumulé, des conditions climatiques et des caractéristiques de milieu. On distingue trois sécheresses : climatique, édaphique et hydrologique. La pre-

11. Cabelguenne M., Marty J. R., Hilaire A., 1982 : Comparaison technico-économique de la valorisation de l'irrigation par quatre cultures d'été (maïs, soja, sorgho, tournesol). *Agronomie*, 2, 567-576. Debaeke P., Hilaire A., 1997: Production of rainfed and irrigated crops under different crop rotations and input levels in southwestern France. *Can J. Plant Sci.* 77, 539-548.

12. Why are wheat yields stagnating in Europe ? A comprehensive data analysis for France. Brisson N., Gate Ph., Gouache D., Charmet G., Oury F-X., Huard F. *Field Crops Research*, 119, 1, October 2010, 201-212.

13. Sécheresse et agriculture. Réduire la vulnérabilité à un risque accru de manque d'eau. Une expertise collective réalisée par l'INRA à la demande du Ministère de l'agriculture et de la pêche (MAP), 19 octobre 2006, 8 p. Rapport d'expertise et « synthèse » disponibles sur le site Internet : www.inra.fr

mière s'appuie sur les variables de pluie et d'évapotranspiration potentielle. La seconde concerne la pluviométrie de la saison de végétation et les propriétés hydriques du sol et la troisième porte sur la pluviométrie de l'automne et de l'hiver, la percolation qui en résulte et les capacités de stockage d'eau du milieu (nappes phréatiques, retenues collinaires...).

Sur les 15 dernières années, à l'échelle du territoire national, on estime que la quantité restituée au milieu (recharge des nappes et ruissellement) est de 360 mm, pour une pluviométrie moyenne de 930 mm (avec un écart-type de 120 mm). Cette estimation est proche de la règle couramment adoptée : les deux tiers de la pluie passent dans l'évapotranspiration et le tiers restant part à l'exutoire (recharge des nappes et cours d'eau). Toutefois, l'échelle pertinente d'appréciation n'est pas le territoire national mais le bassin versant et il convient de prendre en compte l'ensemble des systèmes de cultures, irrigués et pluviaux. Rappelons ici que la part de l'agriculture non irriguée est supérieure à 90% de la surface agricole utile (SAU) et que les deux systèmes de culture sont interdépendants. Sur le plan de l'incidence de l'agriculture sur la ressource en eau, il faut rappeler que l'agriculture n'est pas exclusivement consommatrice d'eau et que les systèmes de culture qui maintiennent les sols sans végétation active durant de longues périodes (dites d'interculture), contribuent à la réalimentation des nappes plus que ne le font des surfaces non cultivées comme les forêts et les prairies. Aller plus loin dans ce diagnostic suppose de mettre en œuvre des simulations croisant sols, climat et systèmes de cultures à l'échelle de territoires au sein desquels se posent des problèmes de gestion de la ressource en eau.

Deux voies ont été explorées relatives au maintien et au développement d'une production agricole en conditions de sécheresse, celle de l'amélioration des espèces cultivées ou pâturées (voie génétique) et celle de la mise en place de systèmes de culture et d'élevage aptes à assurer une production rentable, bien que plus économe en eau. Il faut bien distinguer la survie des espèces (conditions d'aridité) et la production en conditions de sécheresse, qui implique nécessairement la transpiration du végétal sans laquelle aucune production n'est possible. L'**amélioration génétique** vis-à-vis de l'efficacité de l'eau présente encore d'importantes marges de progrès. Ainsi, les travaux menés sur le maïs sur les 20 dernières années ont permis de réduire la sensibilité à la sécheresse pendant la période critique qu'est la floraison, ce qui permet d'envisager de réduire l'irrigation pendant cette phase.

Trois stratégies d'amélioration ont été définies par les experts :

- une stratégie d'esquive, qui consiste à déplacer les cycles

cultureux dans l'année pour que la demande d'évapotranspiration imposée aux cultures soit plus faible ;

- une stratégie d'évitement, qui réduit la transpiration en réduisant la croissance mais entraîne aussi une réduction du rendement potentiel ;
- une stratégie de tolérance par maintien raisonné de la croissance pendant les périodes de sécheresse, en privilégiant les organes essentiels pour la production, et permettant une récupération post-stress.

Même s'il n'y a pas de miracle génétique à attendre quant à la possibilité de produire de la biomasse sans consommation d'eau, cette 3^{ème} voie paraît la plus prometteuse actuellement.

La voie des **systèmes de culture** passe par des changements dans les systèmes eux-mêmes ou dans leurs parts relatives et des adaptations d'itinéraires techniques. Les systèmes les moins vulnérables sont ceux à base de cultures d'hiver, périodes durant lesquelles la pluie est plus forte et l'évapotranspiration moindre. Cependant, on ne peut pas, pour cette seule raison, limiter les systèmes cultivés aux cultures d'hiver, pour des questions à la fois agronomiques, économiques et environnementales. Pour les cultures d'été, on peut privilégier la stratégie d'esquive évoquée plus haut au moyen de variétés précoces ou à cycle court, dont les dates de semis seraient en outre avancées. L'approche la plus efficace est toutefois celle qui combine la stratégie d'évitement (meilleur enracinement et/ou surface foliaire moins développée) et des critères de tolérance. Évitement et esquive peuvent être combinés, dans la recherche de pratiques culturelles particulièrement résistantes au manque d'eau. Dans cette logique, le choix se porte sur le tournesol et le sorgho. La décision de semer ces cultures en lieu et place d'une culture plus sensible au manque d'eau (maïs par exemple) supposerait que l'annonce de la sécheresse (ou de la pénurie d'eau d'irrigation) ait pu être faite suffisamment tôt au printemps.

Avec ses variétés précoces et son aptitude à l'évitement et à la tolérance, le **tournesol** est particulièrement adapté pour un assolement alternatif en situation de sécheresse. Il est toutefois handicapé par son défaut de productivité et la faible marge induite. Le **sorgho** peut être cultivé en pluvial et en irrigué. Dans ce dernier cas, ses besoins en eau sont nettement inférieurs à ceux du maïs. Bien que produisant un tonnage moindre à l'hectare que le maïs, les charges afférentes à la production sont moindres et la marge brute ainsi dégagée est proche de celle du maïs. Il y a par contre nécessité de structuration de la filière pour que le sorgho devienne une alternative au maïs dans certains contextes. Dans les deux cas, les bénéfices attendus portent sur les systèmes de production

et la ressource en eau. Le maïs, montré du doigt comme gros consommateur d'eau, peut lui aussi porter une part d'une moindre consommation d'eau opérée par l'agriculture française, à condition que le recours aux variétés plus précoces soit plus répandu, combiné à l'avancement progressif des dates de semis et à une amélioration variétale orientée vers la tolérance au stress hydrique.

Dans la pratique de l'irrigation, les améliorations attendues concernent les doses et le rythme des apports d'irrigation, mais l'essentiel des progrès est sans doute derrière nous. Cette stratégie bénéficie aux agriculteurs par optimisation de la surface irrigable à partir de volumes d'eau fixés et aux autres usagers par la réduction des débits de prélèvement en période d'étiage. Il n'y a pas de règle générale pour optimiser le meilleur « panier » de systèmes de cultures, sinon qu'il faut raisonner par bassin versant et bien évaluer la part des différentes ressources mobilisées, ainsi que les temps de réponse des aquifères mobilisés et des exutoires. Des études spécifiques doivent être faites croisant les distributions climat – sols – systèmes de culture, base scientifique qui paraît nécessaire pour permettre les meilleurs compromis entre acteurs. Dans tous les cas, l'objectif recherché est la pérennisation de la rentabilité de l'exploitation agricole (autoprotection de la production) et l'amélioration de la gestion de la ressource en eau.

Cet objectif justifie l'utilisation de **voies d'action économique et politique**. L'action publique dans ce domaine peut utiliser trois voies : 1) l'augmentation de la ressource en eau (accroissement de l'offre pour atteindre une demande fixée), 2) l'économie d'eau (réduction de la demande pour atteindre l'offre disponible), 3) l'action compensatrice *a posteriori* via l'assurance publique ou privée. Pour la première voie, on peut agir notamment par l'intermédiaire de barrages et de retenues collinaires ou de retenues dites de substitution. La recherche d'économies d'eau peut se faire d'abord en ne favorisant pas l'irrigation. Entre 1994 et 2000, les choix de la PAC¹⁴ ont contribué au développement de l'irrigation. C'est le contraire depuis 2003 par le « découplage » à 75% adopté, terme qui signifie que l'aide n'est pas liée à une obligation de production. Ainsi, les Droits à paiement unique (DPU) dont est propriétaire un agriculteur lui permettent, depuis 2006, de percevoir des aides à l'hectare admissible (terre agricole sauf bois, vigne, verger et culture légumière de plein champ), sous obligation de respecter les mesures liées à l'entretien des terres, à l'environnement et à la santé publique.

La voie des arrêtés préfectoraux, pratique devenue la norme depuis deux décennies et annuellement rééva-

luée, peut pénaliser les agriculteurs lors de phases de culture cruciales et entraîner une gestion « à chaud » des conflits d'usage. La recherche de solutions durables à l'équilibre offre-demande, discutées préventivement, devrait être la règle.

Une 3^{ème} voie d'action est la tarification de l'eau qui peut se justifier pour orienter plus nettement le jeu de la concertation. La tarification devrait en fait agir comme un signal de rareté de la ressource pour l'irrigant, afin d'éviter des choix non viables. Il convient que les règles en soient connues suffisamment tôt pour que les irrigants puissent les prendre en compte dans le choix de leur assolement et la planification de leur campagne.

Les résultats des systèmes de marchés de droits de l'eau (quotas transférables) à l'étranger sont contrastés et cette stratégie difficile à transférer en France, pays dont la tradition juridique et politique est très différente. À court terme, on note que les accords de gestion volumétrique de l'eau à l'échelle de bassins versants actuellement en place, sont en cours de révision dans le cadre de la Directive cadre sur l'eau. On peut également prôner la création d'organisations d'irrigants au-delà de ce qui existe actuellement (la mise en place des organismes uniques en est peut-être la voie) et fonder les accords sur des bases techniques plus pertinentes reposant sur la notion de « restitution au milieu ».

Au final, il s'agit de passer à une logique privilégiant l'action structurelle *a priori* et non l'action *a posteriori*, en s'appuyant sur des études pertinentes, conduites à l'échelle du bassin versant, une concertation en profondeur entre acteurs et la recherche des meilleurs compromis entre rentabilité de l'exploitation et gestion économe de l'eau.

La voie des arrêtés préfectoraux

Le texte de base est le décret n°92-1041 du 24 septembre 1992, qui concerne la limitation ou la suspension provisoire des usages de l'eau. Mais il faudra attendre les années 2000 pour que se mette en place une véritable politique de gestion de l'eau en situation de sécheresse.

Le Plan d'action Sécheresse, mis en place par la circulaire du 30 mars 2004, comporte dix actions toujours en vigueur¹⁵. Les textes qui ont suivi (Guide méthodologique du 15 mars 2005¹⁶ pour la prise de mesures exceptionnelles de limitation des prélèvements et par la circulaire du 5 mai 2006 « relative à la gestion de la ressource en eau en période de sécheresse) ont été remplacés par la circulaire du 18 mai 2011¹⁷. Il est notamment prévu la mise en place d'ar-

14. Politique agricole commune.

15. 1) Mettre en place un comité national de suivi, 2) Adapter le réseau de surveillance des eaux superficielles et renforcer le réseau des eaux souterraines, 3) Définir et mettre en œuvre des indicateurs et des scénarios permettant d'évaluer et d'anticiper les risques, 4) Généraliser les arrêtés-cadres permettant de préparer la prise de restrictions et une meilleure coordination par bassin, 5) Communiquer en période de pré-crise et reprendre les campagnes d'information et de conseil sur les économies d'eau, 6) Maîtriser la circulation de l'information et la gestion des données, 7) Mettre en place des systèmes de suivi des températures, des milieux aquatiques et des assècs, 8) Élaboration d'un guide méthodologique de prescriptions types, 9) Anticiper l'évolution des cours d'eau, 10) Lutte contre les déséquilibres chroniques.

Les actions 1 à 5 concernent l'anticipation de la crise, les actions 6 à 9, la gestion de crise et l'action 10, les actions à moyen terme.

16. Voir action 8 du Plan d'action Sécheresse.

17. Circulaire du 18 mai 2011 relative aux mesures exceptionnelles de limitation ou de suspension des usages de l'eau en période de sécheresse. NOR : DEVL112870C.

rêtés-cadres sur l'ensemble des bassins et sous-bassins interdépartementaux concernés par les mesures de limitation ou de suspension. Parmi les préconisations des experts qui se sont penchés sur le plan de gestion et de rareté de l'eau, figurent notamment une plus grande association des élus locaux dans la gestion de la sécheresse et une prise en compte accrue des nappes d'eau souterraine.

Par voie de conséquence, lorsqu'on anticipe des événements de sécheresse dans un bassin donné, le préfet coordonnateur de bassin prend, en général, un arrêté cadre qui précise les actions qui seront menées dans tous les départements, en cas de sécheresse, actions qui ont fait l'objet de discussions avec les parties intéressées et s'expriment, depuis 1999, en pourcentage de volume d'eau, si nécessaire en horaires d'interdiction comme c'était le cas avant 1999. Tous les SDAGE comportent maintenant un dispositif de points nodaux sur lequel s'appuie la définition des seuils d'alerte.

Il existe deux thématiques d'arrêtés :

- **seuils d'alerte** (les plus fréquents) : seuil de vigilance, seuil d'alerte, seuil d'alerte renforcée, seuil de crise (selon la nomenclature de la circulaire de 2011) ;
- **usages de l'eau** : restrictions d'usage ou levée de ces restrictions par retour à un débit supérieur au débit réservé.

L'annexe 1 de la circulaire de 2011 donne un cadre assez précis des restrictions d'usage pour l'agriculture à décliner dans les arrêtés préfectoraux de département ultérieurs. Classiquement, pour les différents usages, les restrictions peuvent être classées selon les indications données par le tableau 2.

Deux exemples : les régions Midi-Pyrénées et Poitou-Charentes

Dans la région **Midi-Pyrénées**, l'irrigation concerne moins de 10% de la surface agricole utilisée, soit environ 210 000 ha, mais intéresse environ un quart des agriculteurs ; 70 à 75% de la surface irriguée portent sur du maïs (55 à 60% en maïs grain et 15% à égalité entre le maïs fourrage et le maïs semence). Sont également irrigués les vergers, les cultures légumières et les semences. L'irrigation, développée à partir des années 70, constitue une sécurisation de récolte et de revenu¹⁸, sur des surfaces plus petites pour les agriculteurs concernés et permet aussi une diversification des cultures et la pratique de cultures à haute valeur ajoutée.

L'eau provient des ressources de surface et des nappes alluviales, pas des nappes profondes, avec deux châteaux d'eau : les Pyrénées et le Massif central. Hors des grands axes alimentés par les montagnes, la ressource est issue de nombreuses petites retenues collinaires individuelles ou collec-

Consommation des collectivités :

lavage de voirie et trottoirs ;
arrosage des terrains de sport, pelouses, espaces verts et massifs floraux publics ;
alimentation des fontaines en circuit ouvert ;
remplissage des plans d'eau ;
gestion des ouvrages hydrauliques ;
lavage des véhicules.

Consommation pour usages industriels et commerciaux :

arrosage des golfs et des greens ;
ICPE¹⁸ ;
industrie (hors ICPE) et artisanat ;
arrosage des terrains de sport, pelouses, espaces verts et massifs floraux ;
lavage des véhicules.

Consommation des particuliers :

arrosage des jardins familiaux potagers ;
pelouses, espaces verts, massifs floraux privés ;
remplissage des piscines privées ;
ouvrages hydrauliques (barrages de cours d'eau) ;
ouvrages hydrauliques (plans d'eau) ;
lavage des véhicules.

Consommation pour les usages agricoles :

arrosage des jardins familiaux potagers ;
irrigation agricole (par type de culture) ;
eaux superficielles ;
forages (par type d'aquifère) ;
cas de l'utilisation des réserves.

Tableau 2. Liste indicative des thématiques d'arrêtés préfectoraux de restriction d'usage de l'eau, sans prétention à l'exhaustivité.

tives. Pour remédier au déficit chronique entre besoins et ressources du Sud-ouest, une politique de création de réservoirs de stockages d'eau a été mise en place avec également, sur les grands axes, des conventions de déstockage de retenues avec EDF. Un aménagement spécifique a été mis en place en Gascogne avec le système Neste il y a plus d'un siècle, le canal du même nom reliant les Pyrénées à la Gascogne et était complété par des retenues en tête de toutes les rivières de Gascogne, retenues que l'on remplit en hiver.

Selon le cas, l'accès à la ressource choisi est individuel ou collectif et, à l'échelle régionale, le partage se fait en gros à parts égales. Alors que l'irrigation est aisée dans les vallées alluviales, elle est plus difficile en dehors de ces couloirs et c'est là qu'intervient préférentiellement le système collectif. Les systèmes d'irrigation par aspersion sont les mêmes que dans les autres régions françaises (voir l'article consacré à la Beauce notamment) et nous n'y revenons pas ici. Le besoin d'eau est très variable d'une année sur l'autre, en fonction du climat.

18. Installations Classées pour la Protection de l'Environnement.

19. Une petite surface irriguée permet de faire vivre une surface beaucoup plus grande cultivée en blé dur, blé tendre, colza, tournesol et sorgho.

La grosse sécheresse de 2003 a entraîné un niveau très élevé de prélèvements et de surfaces irriguées (jusqu'à 270 000 ha irrigués), un niveau jamais atteint depuis. Les prélèvements pour irrigation se font principalement en été, en période d'étiage et les décisions de restrictions sont calées sur le débit des rivières. Interviennent alors les arrêtés préfectoraux départementaux de restriction d'usage de l'eau, selon le dispositif classique. Au cours de la période récente, la profession agricole s'est opposée à l'État qui voulait imposer des volumes de prélèvements d'eau fixes par bassin, ce qui n'a de sens que sur des bassins où il y a des volumes stockés. Il a été admis que, sur les bassins versants non réalimentés, il fallait maintenir une gestion par les débits pour pouvoir prélever l'eau quand elle est disponible au-dessus du débit minimum. La mise en place d'une gestion par des organismes uniques, chambres d'agriculture par exemple, et non plus par l'État pourrait encore faciliter l'interface avec les agriculteurs.

Depuis une quinzaine d'années, on cherche à réaliser des économies d'eau, notamment en agriculture. Ceci passe d'abord par le développement d'un service de conseil aux irrigants, réalisé en particulier par les Chambres d'agriculture, dans lesquelles une à deux personnes sont affectées à ces tâches. Au moyen d'un bulletin hebdomadaire, les chambres envoient des avertissements d'irrigation à tous les irrigants d'un département. Cela passe aussi par des améliorations technologiques apportées aux matériels d'aspersion, mais également par l'équipement des appareils existants avec des dispositifs économiseurs d'eau. L'Agence de l'eau apporte des aides aux chambres d'agriculture pour l'élaboration des bulletins de conseils et aux irrigants pour le matériel économiseur d'eau.

Ces bulletins aident les irrigants à conduire leur irrigation et en particulier à bien caler le début de l'irrigation (ne pas démarrer trop tôt) et la dernière irrigation. Pour élaborer ce conseil, les conseillers ont mis en place et utilisent 120 parcelles de référence réparties sur toute la région MPY, équipées d'instruments de mesure dans le sol (tensiomètres) ou sur la plante. On estime que ce conseil permet l'économie d'au moins une irrigation par rapport aux pratiques antérieures. Sur le bulletin, les irrigants disposent de données météorologiques comme les données d'ETP²⁰ journalières et peuvent établir leur propre bilan hydrique ; les bulletins sont accessibles sur les sites internet des huit chambres d'agriculture de la région. Un système de messages SMS sur portable est aussi en réflexion. Ce conseil et cette fourniture de données n'étaient pas aussi généralisés il y a quelques années.

Une autre voie pour améliorer la gestion de l'eau est dans la diversification des cultures et dans l'introduction sur la sole irriguée de cultures moins gourmandes en eau,

comme le soja, le sorgho ou le tournesol, ou les cultures d'hiver, éventuellement irrigables au printemps. Tout cela se fait au cas par cas des exploitations, en fonction de la nature des territoires qu'elles occupent et des évolutions climatiques. *In fine*, ce sont toujours des considérations économiques qui orientent les assolements, l'objectif étant d'assurer la meilleure rentabilité de l'exploitation.

En région **Poitou-Charentes**, l'évolution dans la réglementation et les pratiques a été similaire à ce qui s'est passé dans d'autres régions agricoles, avec des spécificités dues au contexte régional. Dès les années 70, on a pris conscience des limitations de la production liées au manque d'eau et de la possibilité d'utiliser une diversité de ressources en eau, dont celles du sous-sol. L'irrigation s'est ainsi développée pour le maïs, mais également pour les cultures à plus haute valeur ajoutée (melon, légumes).

Le cadre réglementaire, absent à l'époque, s'est développé ensuite face à l'accroissement des surfaces irriguées et des prélèvements d'eau. Et on est progressivement passé à une gestion quantitative avec un volume maximum par hectare, sans se préoccuper initialement de savoir comment ce volume était utilisé. Le volume était défini en sortie d'hiver et précisé en début de la période d'irrigation. Aujourd'hui, ces volumes sont définis dans le cadre de commissions pluri-acteurs (12-20 par département) et ils sont précisés bassin par bassin, au sein desquels, la ventilation entre irrigants se fait sur la base de références historiques. Parallèlement, des conseils et des informations sont fournis aux irrigants, principalement par les chambres d'agriculture, utilisant des réseaux tensiométriques et un logiciel d'appui (STICS COGITO), mis au point par la Chambre régionale d'agriculture en partenariat avec l'INRA.

La tension sur la ressource en eau s'est néanmoins accrue au fil des années avec la pression sociétale et l'application de la DCE qui ont amené à réviser la base volumétrique attribuée à l'irrigation, parfois de façon drastique (moins 50 à moins 80% dans certains secteurs). Globalement la disponibilité en eau a été réduite de façon importante par rapport à celle des années 90. Un des remèdes à cette situation consiste à créer des réservoirs d'eau de 50 000 à 250 000 m³ de capacité, mais il faut dire que le contexte politique régional est peu favorable à ce type d'équipement, en outre onéreux (3-4 euros du m³ d'eau stockée).

On s'est alors orienté vers une diversification des cultures et des systèmes agricoles, en privilégiant ceux qui étaient moins sensibles au manque d'eau, avec une aide financière régionale. Cette adaptation se fait en préservant la logique économique de rentabilité globale de l'entreprise agricole, pour laquelle à la fois les cultures irriguées et celles qui sont contractualisées avec la filière

²⁰ Évapotranspiration.

aval (semences, blés de qualité, cultures légumières) sont indispensables à cette rentabilité. Le principal critère est le niveau des marges. Aujourd'hui, l'irrigation ne concerne que 5-6% de la surface agricole utile (SAU), dont 120 000 ha de maïs, presque deux fois moins qu'il y a une trentaine d'années. Le non irrigué (colza, tournesol...) est aussi affecté par la disponibilité en eau et la diversification des cultures est ainsi devenue un repère stratégique essentiel pour faire face aux impératifs de gestion optimale de la ressource en eau, année après année.

Concernant la gestion de l'eau, s'il est vrai qu'un cadre réglementaire a été mis en place au fil des années et que les volumes attribués relèvent *in fine* de décisions de l'État, ce sont les utilisateurs qui gèrent les volumes qui leur sont alloués, en fonction de leurs choix de culture. Les réserves artificielles d'eau relèvent également des choix de l'exploitant. Ce qui n'empêche pas qu'en cas de sécheresse exceptionnelle, comme en 2003 et 2005, la préfecture du département peut être amenée à interdire les prélèvements selon certains critères. Les compromis élaborés entre l'administration, la profession agricole et la société civile depuis 30 ans ont incontestablement porté leurs fruits, mais la viabilité à long terme du dispositif, tenant compte des évolutions climatiques prévisibles, n'est pas évidente, entre une option visant à évoluer vers des systèmes agricoles moins sensibles au manque d'eau ou une autre qui conduit à se concentrer sur des systèmes plus productifs, mais probablement plus réduits en surface.

Le débat reste ouvert, d'autant qu'on manque d'éléments de comparaison suffisants. Pour le moment, la tendance en cours est celle d'une diminution des surfaces irriguées, dont l'avenir dépendra à la fois de l'évolution des disponibilités naturelles en eau (hivernale notamment) et de la politique de construction de réserves qui sera condui-

te. Sur le plan de la technologie d'irrigation, nous renvoyons à l'article sur la nappe de Beauce qui présente des éléments de comparaison entre les systèmes (enrouleur, pivot, rampe, enrouleur avec rampe) et souligne les limites de la micro-irrigation. On peut noter qu'actuellement, l'enrouleur couvre 60-70% des usages et le pivot, le solde.

Conclusion

Anticiper à court, moyen et long terme les situations de sécheresse ne conduit pas à une réponse unique, tant en ce qui concerne les pratiques agricoles que sur le plan d'une gestion optimisée de la ressource en eau. Sur le plan agricole, dont la rentabilité économique reste la perspective incontournable, c'est dans l'équilibre entre des cultures diversifiées (cultures irriguées à haut rendement, cultures économes en eau, cultures contractualisées par filières, etc.) que se trouvent les clefs, sans oublier les impacts potentiels des recherches génétiques. Au niveau de la gestion de l'eau, on ne peut échapper d'abord à l'équilibre entre les usages (eau potable, agriculture, industrie...), ensuite à l'adaptation par secteur géographique avec des conditions de sol, sous-sol, climat qui peuvent différer et enfin à des restrictions volumétriques exceptionnelles motivées par des événements climatiques tout aussi exceptionnels.

L'organisation régionalisée actuelle permet de faire face à la diversité des situations courantes, sur une base annuelle pouvant aller jusqu'au moyen terme. Elle ne permet pas de faire face à des situations exceptionnelles durables, sauf à mettre en péril la pérennité de renouvellement de la ressource en eau elle-même. Et c'est bien dans cette double logique, à court terme pour la viabilité de l'exploitation agricole et à long terme pour la pérennité de la disponibilité de la ressource en eau, qu'il faut poursuivre l'effort.

Erratum

La photo attribuée à Chris Spencer en page 94 et en couverture 2 de "Géologues" n°170 a été en fait prise par Noël Pauillat d'Imerys. Toutes nos excuses pour cette erreur bien involontaire.

La Rédaction