



repères

DÉCEMBRE 2009

PÉRIODIQUE D'ALTERRE BOURGOGNE

n°53



L'IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LA RESSOURCE EN EAU

► **p3** Le changement climatique, une pression supplémentaire sur la ressource en eau ► **p6** Quels impacts sur la réserve en eau des sols ? ► **p10** Adapter nos modes de gestion et d'utilisation de la ressource



alterre
bourgogne



La Bourgogne est une région particulièrement bien pourvue en ressources en eau, tant souterraines que superficielles. De nombreux cours d'eaux, quelques fleuves, prennent leur source sur notre territoire et le parcourent. Le Morvan n'est-il pas qualifié de château d'eau ? Rien ne semblait pouvoir remettre en cause une situation immémoriale... et pourtant, depuis quelques décennies les choses changent.

À travers ce numéro de Repères, vous pourrez constater à quel point la ressource en eau réclame toute notre attention, compte tenu de l'incidence de l'évolution actuelle et probable du climat. Nous avons tous encore en tête les épisodes de sécheresse sévère de 2003 et plus encore, de 2005. Ces alertes ont aidé à la prise de conscience que l'eau, bien précieux et symbole de vie, est également une ressource fragile, tant en ce qui concerne sa qualité, que sa quantité. Les activités humaines comme l'agriculture ou l'industrie et bien sûr, la consommation domestique, sont tributaires de cette ressource.

S'interroger sur l'avenir de la ressource en eau en Bourgogne pose inévitablement la question de l'adaptation au changement climatique. Un effort conséquent en matière de recherche et de développement est absolument nécessaire pour comprendre et prévoir les impacts du changement climatique, ainsi que pour réduire notre vulnérabilité.



Notre civilisation est fragile, ses fondements reposent sur des ressources finies. Sachons collectivement les préserver.

Jean-Patrick Masson
Président

L'IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LA RESSOURCE EN EAU

Le changement climatique ne fait plus de doute à l'échelle mondiale. Il est au centre des préoccupations des dirigeants de la Planète. L'ampleur du rassemblement politique qui a eu lieu à Copenhague, lors de la conférence des Nations unies, le prouve. De nombreux pays craignent les conséquences de l'aggravation des phénomènes de sécheresse ou d'inondation. En effet, d'après le dernier rapport de l'ONERC*, le changement climatique devrait accroître la pression exercée sur les ressources en eau et venir s'ajouter à celle liée aux différents usages de l'eau. Demain, les situations extrêmes pourraient ainsi être plus fréquentes et plus intenses.

Bien que la Bourgogne ne soit pas concernée au même degré que les zones de montagne ou les bords de mer par le changement climatique, le phénomène est toutefois avéré sur la région, avec une augmentation moyenne des températures de 1,5°C depuis 20 ans et la modification perceptible du régime des pluies. L'inégalité géographique de la disponibilité de la ressource est une réalité et certains bassins d'alimentation en eau sont périodiquement sensibles à la sécheresse ou à la pénurie. Avec des variations climatiques saisonnières plus fortes, les disparités entre territoires pourraient s'accroître.

Mais avant d'appréhender la vulnérabilité des territoires et des secteurs d'activités, la première étape est d'estimer les impacts du changement climatique sur la disponibilité en eau des territoires. Cet exercice suppose de décliner les connaissances générales du changement climatique à l'échelle locale, en s'appuyant sur les données disponibles à cette même échelle d'une part, et sur l'étude de l'action du climat sur le cycle de l'eau d'autre part. Le tout doit prendre en compte un maillon fondamental du système qui reste peu connu, le sol. À l'interface entre l'atmosphère et les ressources en eau, le sol constitue un réservoir tampon dont le rôle est déterminant dans la recharge des nappes et l'alimentation des cours d'eau.

Identifier le risque d'impact du changement climatique sur la disponibilité de la ressource en eau permet de rendre ce risque lisible... et mène à s'interroger sur les conséquences au niveau des secteurs et des territoires, qui deviendraient plus sensibles, voire vulnérables... pour enfin envisager des formes d'adaptation.

* Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique



LE CHANGEMENT CLIMATIQUE, UNE PRESSION SUPPLÉMENTAIRE SUR LA RESSOURCE EN EAU

Une même ressource en eau est exploitée pour de multiples usages (eau potable, industrie, irrigation, pêche, loisirs...). Ceux-ci entrent parfois en concurrence lorsque la disponibilité en eau est insuffisante. À l'avenir, le changement climatique pourrait constituer une pression supplémentaire. La modification du régime des pluies et l'augmentation des températures et du rayonnement pourraient avoir des effets conjugués : l'assèchement accru des sols ou au contraire les ruissellements excessifs lors de pluies d'orage. L'alimentation des ressources en eau s'en trouverait affectée. Les périodes de pénurie en eau deviendraient alors plus fréquentes dans les régions déjà sensibles et apparaîtraient dans d'autres régions.

Le climat agit sur le cycle de l'eau

La pluie est, à l'évidence, un des éléments majeurs du cycle de l'eau. D'autres facteurs, comme le rayonnement du Soleil, le vent et la température, interviennent aussi. Ils provoquent le transfert de l'eau du sol vers l'atmosphère par l'évaporation au niveau du sol et par la transpiration des plantes, un phénomène appelé « évapotranspiration ». Lorsque la température et le rayonnement augmentent, l'évapotranspiration devient plus importante et les quantités d'eau disponibles et exploitables diminuent.

Dans le cycle de l'eau, l'interface « sol » joue également un rôle important : sa nature, plus ou moins poreuse, facilite ou non l'infiltration ; sa texture retient plus ou moins l'eau (la

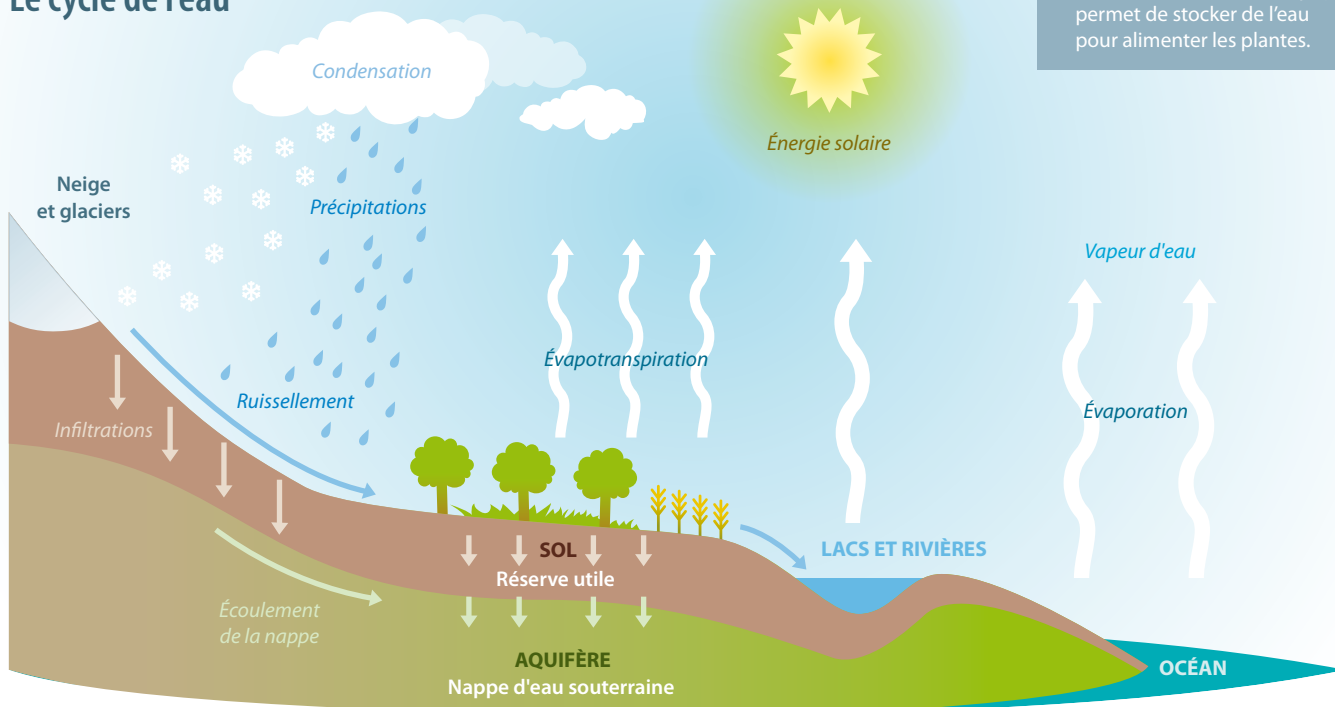
réserve utile) ; la pente et la perméabilité de surface, plus ou moins grandes, favorisent ou non le ruissellement.

Globalement, en Bourgogne, les précipitations moyennes sont comprises entre 700 et 1 000 mm par an, ce qui représente un volume d'eau annuel de 27 milliards m³. On estime que 60 % font l'objet d'évapotranspiration. La quantité d'eau disponible pour chaque Bourguignon est de l'ordre de 6 600 m³ par an, soit 2,5 fois la moyenne française. Si la Bourgogne dispose d'un capital eau important sur son territoire, elle n'est toutefois pas la seule à en bénéficier puisque, située en tête de trois bassins, elle alimente les régions en aval.

- **Infiltration** : l'eau en excès dans le sol s'évacue par drainage ou percolation pour rejoindre les nappes souterraines.
- **Ruissellement (ou écoulements de surface)** : lorsque l'intensité des pluies dépasse la capacité d'infiltration du sol, l'eau en excès stagne à la surface du sol en l'absence de pente, ou bien s'écoule dans le sens de la pente.
- **Évapotranspiration** : c'est la somme de l'évaporation du sol et de la transpiration de la végétation.
- **Réserve utile (RU)** : c'est la taille du réservoir du sol qui permet de stocker de l'eau pour alimenter les plantes.

Définition

Le cycle de l'eau

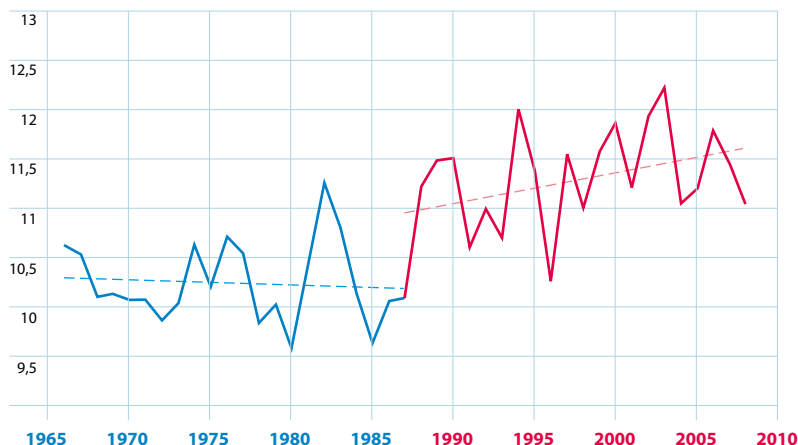


Le dérèglement climatique est une réalité

Les experts du GIEC* s'accordent sur **l'élévation des températures en toutes saisons, les décennies à venir seront plus fréquemment à l'image de 2003 en Europe de l'Ouest**. Les estimations d'amplitude sont plus ou moins fortes en fonction des hypothèses retenues et de la latitude des territoires.

Les tendances relatives aux précipitations sont encore relativement incertaines. Globalement, les moyennes annuelles devraient peu changer, voire augmenter légèrement. Aujourd'hui, aucun modèle ne permet d'évaluer de façon suffisamment fiable les modifications locales saisonnières. Toutefois, les contrastes saisonniers (bonne disponibilité de la ressource en eau en hiver, faible disponibilité en été) pourraient s'en trouver accrus. La fréquence des fortes pluies devrait également augmenter. La France se situant au carrefour des climats océanique, méditerranéen et continental, les incertitudes y sont fortes : un constat particulièrement applicable à la Bourgogne.

Évolution des températures moyennes annuelles en Bourgogne 1965-2008



Source : CRC Cuccia

En Bourgogne, les travaux du Centre de Recherches de Climatologie (CRC) révèlent que, sur la période récente, **le dérèglement des températures est net depuis 1988**. En effet, de 1965 à 1987, la température varie d'une année à l'autre, mais aucune tendance n'est identifiée. La moyenne est stable et comprise entre 10 et 10,5°C. Depuis 1988, la température augmente et la notion de moyenne tend à perdre tout sens. Sur la décennie 2000, une telle moyenne serait toutefois située entre 11,5 et 12°C, soit une augmentation d'environ 1,5°C en 20 ans et **un réchauffement plus rapide que la moyenne mondiale**.

L'évolution des pluies est plus difficile à estimer car les variations spatiales sont importantes et erratiques, et les variations interannuelles sont plus fortes que les tendances.

*Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat

Le climat de demain en Bourgogne

Le réchauffement climatique n'est pas uniforme : il sera plus fort aux pôles et à l'intérieur des terres. Cela signifie que l'élévation moyenne de températures de 2°C, souvent évoquée à l'échelle mondiale, correspondrait à notre latitude à 3 ou 4°C. Les simulations faites par le CRC sur la Bourgogne à partir de 2003 montrent **une élévation moyenne des températures sur les mois chauds, d'avril à août, comprise entre 2,6 et 3°C**. Le réchauffement n'est pas non plus uniforme à l'intérieur de la région. Les écarts de températures sur cette même période entre 1991 et 2003 seraient plus marqués en altitude, sur le Morvan, qu'en plaine (cf. carte p.5).

Quant à la modification du régime des pluies, elle est plus complexe à mesurer. Qualifié de « tempéré - océanique - dégradé », le climat de la Bourgogne bénéficie de pluies relativement bien réparties tout au long de l'année. Cela n'exclut pas des orages de début d'été, de fortes pluies automnales ou encore des sécheresses estivales, qui traduisent des influences continentales ou méditerranéennes. Demain, les précipitations se concentreront davantage sur la saison froide.



« Il n'y a pas de climat actuel, de climat stable. En Bourgogne il y avait un climat de ce type jusqu'en 1987, aujourd'hui il est à la dérive. »

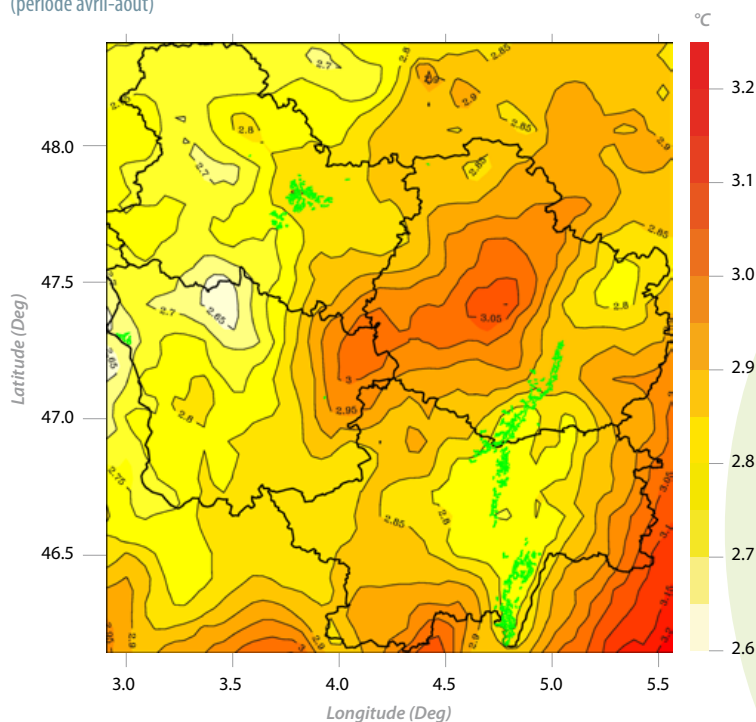


L'année climatique moyenne n'existe pas

Les années 1991 et 2003 ont été choisies comme étant les plus représentatives possible des climats actuel et futur. Travailler avec des années réelles permet de confronter des simulations issues des modèles avec des observations. Ainsi pouvons-nous faire des économies en temps de calcul et en espace de stockage des résultats. Mais cela ne permet pas d'appréhender la variabilité interannuelle du climat, élément fondamental pour le climat actuel comme pour le climat futur. Ne jamais oublier que ces deux années sont des années isolées, qui ne peuvent en aucun cas représenter la diversité des situations observées d'une année sur l'autre.

Yves Richard est chercheur au Centre de Recherches de Climatologie (CRC). Il a identifié les années de référence pour représenter les climats actuel et futur.

Différence de la température maximale moyenne entre 2003 et 1991 (période avril-août)



Source : CRC

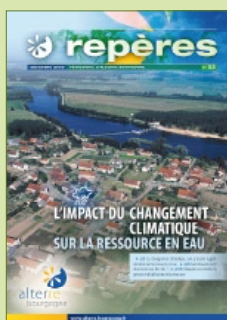


À propos de ce numéro de Repères

Le contenu de ce numéro de Repères est issu, pour l'essentiel, de l'étude « Adaptation au changement climatique : évaluation de la ressource en eau des sols ». Initiée par Alterre Bourgogne en 2009, cette étude à caractère interdisciplinaire et partenarial, est le fruit d'une collaboration avec différents chercheurs de l'Université de Bourgogne, de l'INRA et d'AgroSup Dijon. Schématiquement, cette étude s'est déroulée de la manière suivante :

- Les **climatologues** ont commencé par identifier deux années, l'une représentative du climat d'aujourd'hui (1991), l'autre du climat de demain (2003). Ils ont ensuite procédé à une simulation utilisant le modèle climatique régional (cf ci-dessus), permettant d'affecter des données climatiques à chaque point du territoire.
- Les **pédologues** ont ensuite permis de prendre en compte le rôle du sol. Il ont ainsi calculé la « réserve utile » des sols, là encore, à une échelle fine.
- Enfin, les **hydrologues** ont utilisés ces données (pluviométrie, température, taille des réserves utiles) pour construire le modèle de bilan hydrique. Ce dernier a permis d'obtenir des cartes de remplissage des sols en eau, qui ont fait l'objet de validations sur quelques bassins versants.

Cette étude a nécessité une articulation des concepts et des échelles entre chercheurs. Les résultats ont été analysés et enrichis par des partenaires de différents secteurs d'activité. Malgré les inévitables limites d'un tel travail, notamment le fait que les résultats n'aient pas de caractère prédictif, cette étude représente une première étape pour arriver à mieux connaître la sensibilité de la ressource en eau au changement climatique.



Du bénéfice de disposer de données à une échelle fine



Les modèles climatiques globaux utilisés pour estimer les évolutions du climat de la Terre voient la Bourgogne

comme un seul point. Cette résolution spatiale d'environ 250 km x 250 km est inadaptée pour la régionalisation du climat. À l'inverse, le modèle climatique régional utilisé au Centre de Recherches de Climatologie CNRS-Université de Bourgogne permet de faire des simulations climatiques à une maille fine, d'une résolution de 8 km x 8 km. Outre l'intérêt d'avoir des estimations locales plus adaptées aux études d'impacts, ces travaux de modélisation permettent de mieux comprendre les déterminants de la variabilité climatique.

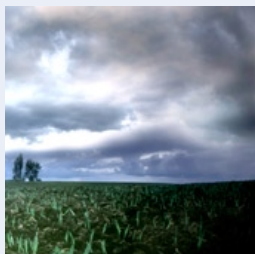
Thierry Castel est enseignant-chercheur à AgroSup Dijon et chercheur au CRC. Il a simulé les données climatiques pour chaque point du territoire.

Quels impacts sur la ressource en eau ?

Globalement, la communauté scientifique estime que **les impacts les plus importants sur la ressource en eau auront lieu en été : l'augmentation des températures stimulera l'évapotranspiration qui se conjuguera avec la diminution des précipitations pour conduire à un assèchement des sols**. Aussi, même dans les régions où les précipitations ne diminueront pas, voire augmenteront légèrement, la disponibilité en eau pourra devenir plus irrégulière. Et des pénuries d'eau pourront se faire sentir ponctuellement dans des régions qui n'en souffrent pas actuellement. Il est cependant possible que, localement, l'intensité des événements pluviométriques extrêmes et de leurs conséquences (crues et ruissellements urbains à la suite d'orages intenses) augmente.

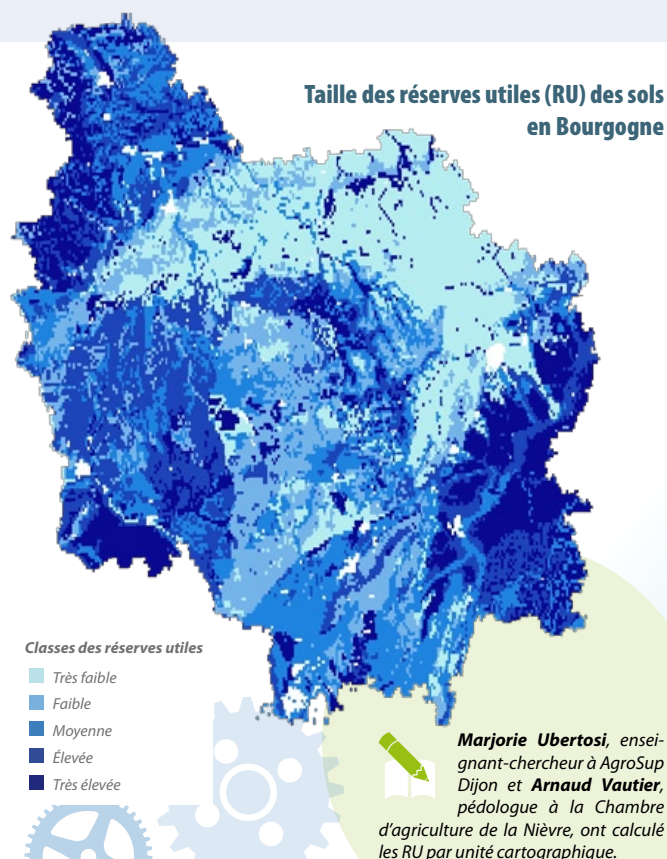
À l'échelle locale, pour mieux comprendre l'impact du changement climatique sur la ressource en eau, au-delà des données climatiques, il est indispensable de prendre en compte le système « sols ». Leur réponse à une modification du climat étant fonction de leurs caractéristiques et du couvert végétal, un préalable est donc de mieux connaître les caractéristiques intrinsèques des sols.





QUELS IMPACTS SUR LA RÉSERVE EN EAU DES SOLS ?

Les sols stockent de l'eau en plus ou moins grandes quantités. Ils jouent un rôle important dans la recharge des nappes et l'alimentation des cours d'eau avec les phénomènes d'infiltration et de ruissellement. Ils fournissent l'eau nécessaire à la croissance des plantes. D'après l'exercice de simulation effectué, demain, les sols se videront plus tôt dans l'année et plus sévèrement qu'aujourd'hui, ce qui rendra la recharge hivernale plus aléatoire. La croissance des végétaux et les débits des cours d'eau en seront affectés.



La sensibilité des sols à la sécheresse varie en fonction de la géographie

Qu'il s'agisse du déficit de réalimentation des cours d'eau ou du manque de recharge des nappes par infiltration, dans les deux cas, **le sol joue un rôle déterminant : il est l'interface entre les pluies et les ressources en eau (cours d'eau et nappes). C'est un réservoir qui retient plus ou moins l'eau et qui la restitue plus ou moins vite au milieu. La taille de ce réservoir est mesurable, c'est la réserve utile (RU),** qui renseigne sur la sensibilité intrinsèque des sols à la sécheresse. Les zones de faible RU sont les zones qui seront sensibles au phénomène de sécheresse.

La réserve utile est estimée à partir de plusieurs caractéristiques du sol : l'épaisseur, la texture et la teneur en éléments grossiers et en matière organique. La relation avec la géologie est étroite : les petites RU sont essentiellement localisées en plateaux calcaires karstiques ; les RU petites à moyennes se retrouvent dans le Morvan granitique et à l'ouest de la Saône-et-Loire ; les RU plus grandes sont observées sur les limons profonds du nord-ouest de l'Yonne, sur les formations marneuses et argileuses fortement altérées d'une partie de la Nièvre, ainsi que sur les alluvions de la plaine de Saône. Des différences apparaissent par département : la Côte-d'Or est très largement concernée par des sols à faible RU. À l'inverse, l'essentiel des sols de la Nièvre ont une RU moyenne à très correcte. Les deux autres départements ont des sols plus divers.

Pour mieux comprendre

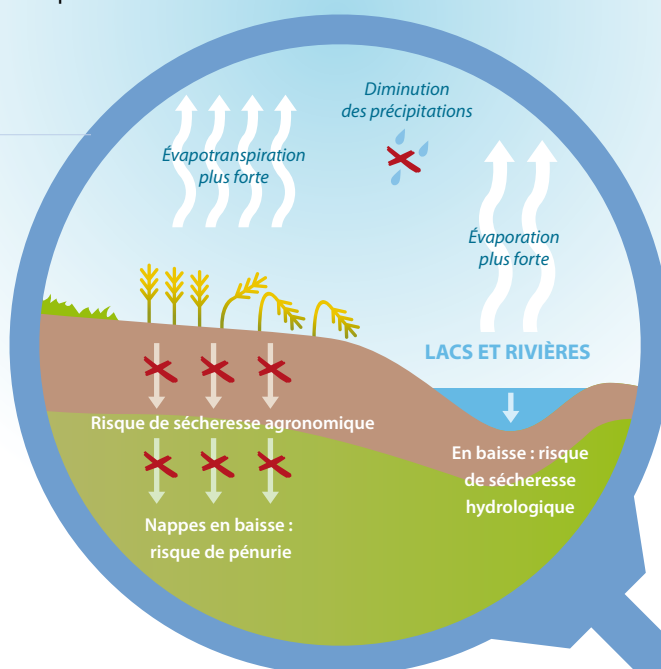
La sécheresse : des perceptions variables selon les utilisateurs

En observant les quantités de pluies, le **climatologue** parle de sécheresse lorsque les précipitations sont en-dessous de la moyenne sur une période prolongée.

Pour l'**agriculteur et le forestier**, la sécheresse est le fait d'un déficit hydrique du sol : les besoins en eau des plantes ne sont plus satisfaits et l'arrêt de croissance, voire le dépérissement des plantes, devient préjudiciable à la rentabilité économique des productions.

Pour le **gestionnaire des ressources en eau**, la sécheresse correspond à un faible débit des cours d'eau. Plusieurs niveaux de sécheresse sont définis selon que les débits sont inférieurs au seuil de l'étiage, une année sur 5, sur 10 ou sur 20.

On associe aussi au manque d'eau la notion de pénurie lorsque l'eau n'est plus en quantité disponible suffisante pour couvrir la consommation habituelle. Temporaire ou structurelle, la pénurie fait très nettement référence aux usages de l'eau et au déséquilibre entre l'offre en eau par le milieu et la demande par les usagers.





Un assèchement des sols plus précoce au printemps

Actuellement et de manière générale, les RU sont encore bien fournies fin avril, à l'exception des sols peu profonds comme ceux des plateaux calcaires karstiques. On constate un début d'assèchement des sols à partir du mois de mai, qui se confirme durant le mois de juin et se prolonge tout au long de l'été.

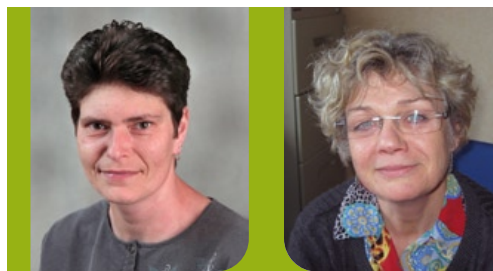
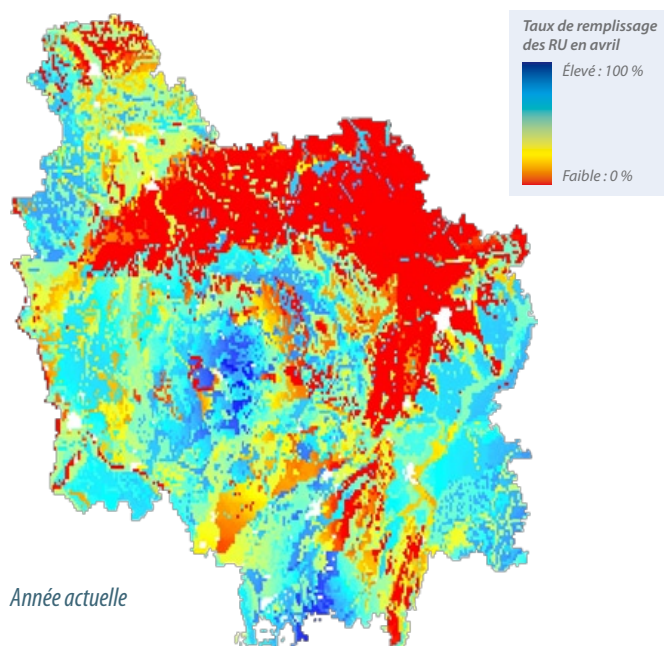
Avec le climat de demain, **l'assèchement des sols - et notamment des sols superficiels - apparaît plus tôt au printemps, dès le mois d'avril**. Un grand nombre de territoires sont concernés. Seule une partie du Morvan bénéficie encore d'un bon remplissage de la réserve en eau des sols.

Cette période peut être qualifiée de critique car elle correspond à une période de forte croissance des végétaux durant laquelle les besoins en eau de la végétation sont élevés. Mais les conséquences sont surtout sensibles à partir de la floraison. Lorsque la culture ou le verger sont en état de stress hydrique pendant la végétation, l'arrivée d'une pluie est particulièrement déterminante pour la maturation des fruits ou le remplissage de grains.

Si l'assèchement précoce des sols devient habituel, certaines pratiques agricoles et forestières devront être adaptées. Les différences de comportement entre espèces végétales ou variétés peuvent être mises à profit (date de floraison plus précoce, meilleure résistance à la sécheresse, culture moins exigeante en eau au printemps...). Il existe en outre des techniques culturales et sylvicoles qui permettent de limiter l'assèchement des sols : paillage sur les sols – ou mulch – en maraîchage, gestion des forêts en futaie irrégulière pour favoriser la pénétration des pluies, etc.

Taux de remplissage des RU en avril

Assèchement des sols au printemps : aujourd'hui et demain



Les conséquences du changement climatique sur la vigne et sur la forêt

Christine Monamy du BIVB* et Marie-Cécile Deconninck du CRPF**

Quelles sont les conséquences de l'assèchement plus précoce des sols ?

Pour la vigne comme pour la forêt, on craint un débourrement (éclosion des bourgeons) plus précoce des plantes. Les stades phénologiques, du début à la fin du cycle végétatif, sont en effet très liés aux températures. Qui dit débourrement précoce dit également risque accru aux gels printaniers. L'assèchement précoce des sols peut, combiné à de fortes chaleurs, ralentir la croissance des plantes, voire provoquer un blocage de croissance et/ou de maturation. Pour la vigne, les répercussions seront plus ou moins sévères sur la récolte (dessèchement des baies, taux de sucres accru). En forêt, un défaut d'alimentation en eau au moment de la croissance peut altérer la formation des fruits, ce qui n'est pas sans conséquences sur la régénération des arbres.

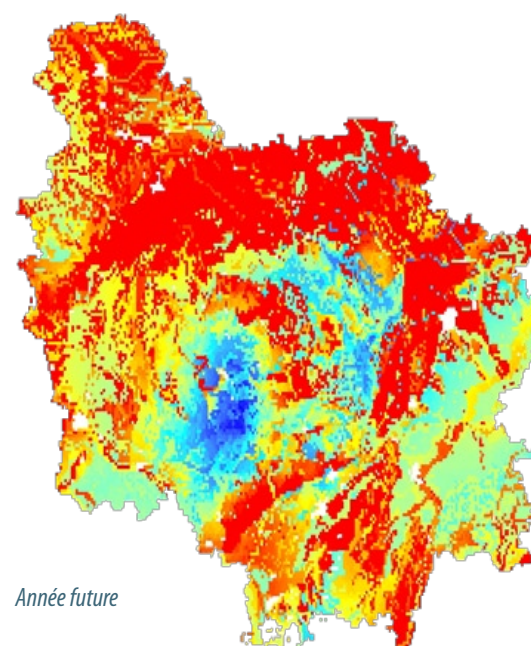
Quels secteurs géographiques seraient les plus touchés ?

Il est raisonnable de penser que les sols à faible réserve utile seront plus sensibles. Néanmoins, la vigne est une plante peu exigeante en eau et elle semble capable d'aller chercher l'eau en profondeur lorsque cela est possible. Mais le fonctionnement des sols viticoles est encore mal connu et il est difficile de faire des projections et des extrapolations. Dans le domaine forestier, on observe de façon empirique que les arbres sur sols pauvres (faible RU) résistent mieux aux conditions difficiles comme celles de 2003. Les chocs hydriques sont plus à craindre sur les sols à bonne RU qui fournissent habituellement une bonne alimentation en eau au moment de la croissance, c'est-à-dire au printemps. L'assèchement précoce des sols, pour des arbres à système racinaire peu profond, aura des conséquences sur la croissance et indirectement sur leur état sanitaire.

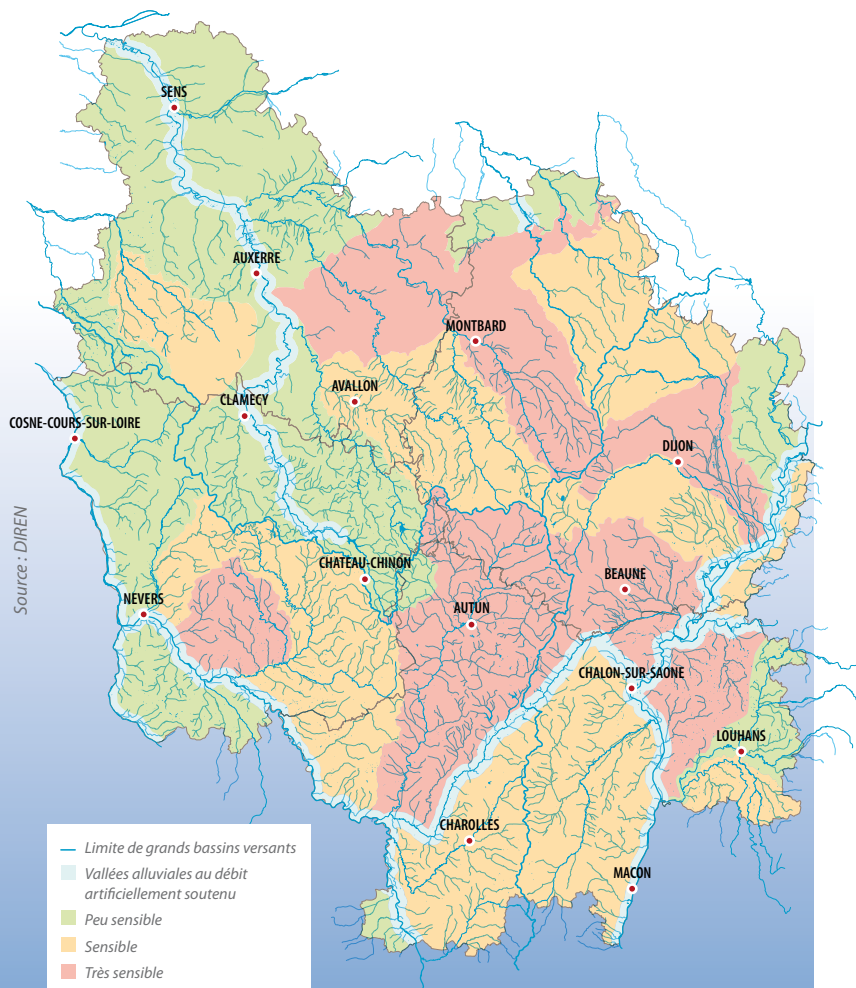
* Bureau Interprofessionnel des Vins de Bourgogne

** Centre Régional de la Propriété Forestière

Contacts : christine.monamy@bivb.com
et marie-cecile.deconninck@crpf.fr



Sensibilité des cours d'eau à la sécheresse



En Bourgogne, la DREAL (anciennement DIREN) a dressé une carte des secteurs sensibles à la sécheresse. Ce sont les bassins alimentés par des cours d'eau à faible débit. Ils accusent des étiages sévères en été. Avec le changement climatique, les situations de sécheresse seront plus fréquentes sur ces zones.



Une plus forte fréquence de sécheresses sévères en été

En été, l'aléa climatique le plus fort est l'augmentation des températures : entre 2 et 3°C cumulés d'avril à août, d'après les simulations effectuées. Outre cette élévation de température moyenne, les coups de chaud et périodes caniculaires sont à craindre pour leurs effets multiples : effets sur la santé des personnes sensibles, fissuration des bâtiments par rétraction des argiles, échaudage des grains... À ce titre, l'année 2003 a été riche d'enseignements dans notre région.

Les effets de ce réchauffement estival seront amplifiés par la baisse et l'irrégularité de la pluviométrie. Cette baisse pourrait être uniformément répartie entre les années ou bien se traduire par un plus grand nombre d'années de forte sécheresse. Dans la deuxième hypothèse, on notera qu'il est plus difficile de s'adapter à un phénomène aléatoire et donc de l'anticiper.

En outre, **la fréquence des fortes pluies devrait également augmenter.** Or une même quantité de pluie n'a pas le même effet si elle arrive au sol en une seule fois ou en plusieurs fois. Les événements pluvieux ponctuels de quelques heures peuvent se révéler très bénéfiques à la végétation s'ils ne sont pas violents et suffisent à couvrir ses besoins. Au contraire, **un sol trop sec, tel une éponge sèche, n'absorbe pas les pluies d'orage. Il se produit par conséquent des ruissellements qui, combinés aux sols imperméabilisés des villes peuvent affecter l'urbanisme.**

Une forte modification du régime des pluies peut donc amener à remettre en cause les aménagements existants et conduire à les repenser : modifier le mode d'épuration dans le cas où les eaux usées sont mal évacuées par des débits fréquemment trop faibles, revoir le dimensionnement des tuyaux de collecte des eaux pluviales pour les communes en réseau unitaire, aménager des bassins d'orage... Dans ce contexte, certaines solutions reposant sur des infrastructures naturelles peuvent être particulièrement indiquées. Ainsi, la végétalisation en bordure de routes et des berges offre des aménités appréciables : elle limite les ruissellements excessifs mais aussi l'assèchement des sols ainsi que l'érosion, et favorise l'infiltration et l'épuration naturelle des eaux avant leur retour dans le milieu.



Gérer les restrictions d'usages en Côte-d'Or pour cause de sécheresse

Paul-Henry Dupuy, chef du bureau de la Police de l'Eau à la DDT 21, explique comment se prennent les décisions.

La Côte-d'Or est divisée en 18 bassins versants ; pour chacun, la DREAL Bourgogne suit en continu le débit d'une station de référence d'un cours d'eau. La gravité de la sécheresse est évaluée en comparant la valeur de

débit mesurée aux trois niveaux de seuils définis par arrêté préfectoral pour chaque bassin versant : Alerte / Crise / Crise renforcée. En cas de franchissement de seuil, un comité de gestion de la ressource en eau, regroupant des représentants de l'ensemble des usagers de l'eau et de l'administration, se réunit. En fonction notamment des tendances des débits observées et des prévisions météorologiques, il propose la mise en œuvre des mesures de restriction d'usages prévues par l'arrêté cadre. Ces mesures sont progressives et adaptées à la gravité de la situation de chaque bassin versant. Elles concernent l'ensemble des usages de l'eau : usages industriels, irrigation agricole, arrosage des golfs, usages non prioritaires de l'eau potable tels que l'arrosage des pelouses et le remplissage des piscines. À chaque franchissement de seuil, une information est publiée dans la presse régionale.

Contact : paul-henry.dupuy@agriculture.gouv.fr



Potentiel de recharges hivernales : probablement plus irrégulières et plus tardives

Les nappes phréatiques jouent un rôle crucial dans le stockage de la ressource en eau. Véritables « réservoirs souterrains », les nappes permettent d'alimenter les milieux naturels ou les activités humaines. Leur recharge, c'est-à-dire leur niveau de remplissage, est donc déterminant pour assurer une bonne disponibilité en eau. Elle dépend de la pluviométrie mais aussi de la circulation de l'eau lorsqu'elle arrive sur le sol (infiltration, ruissellement...)

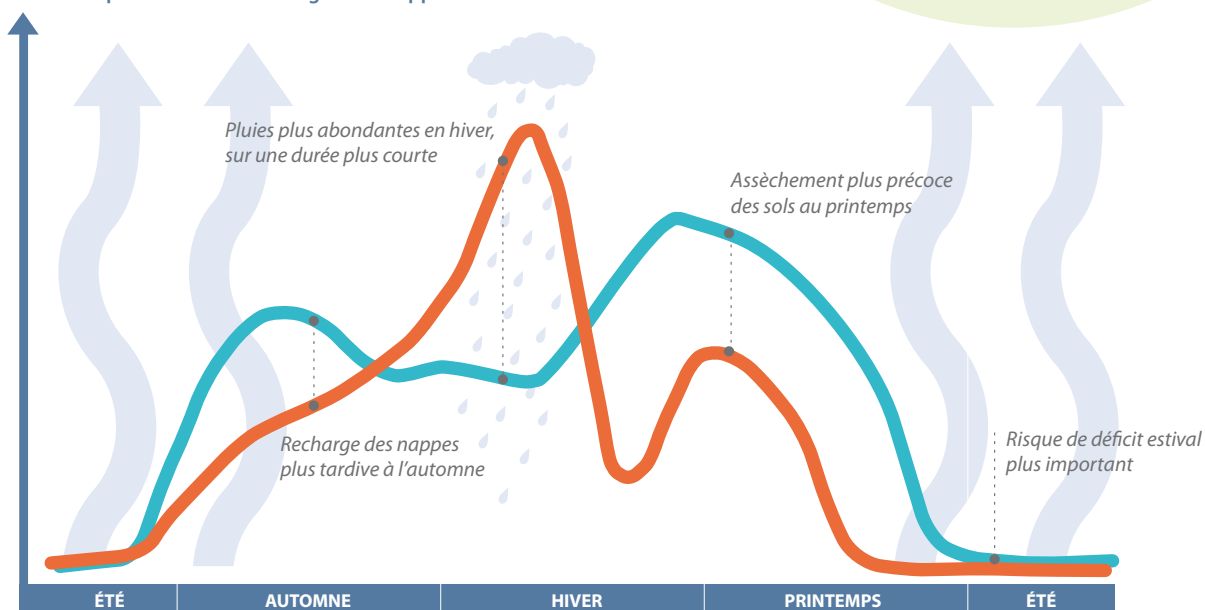
Une bonne recharge des nappes se fait plus facilement lorsque les réserves en eau des sols sont remplies plus tôt, en début d'automne. **Demain, avec un assèchement plus marqué des sols en été, la saturation des réserves utiles sera retardée et par conséquent la recharge des nappes aussi.** Du fait d'un printemps plus précoce, la période de recharge s'en trouvera raccourcie. Les bassins sensibles seront exposés au risque de pénurie. Les pluies automnales et hivernales seront déterminantes. Or le changement climatique risque d'amplifier la variabilité interannuelle des précipitations, d'un hiver à l'autre. Ce qui rendra la gestion de l'eau plus difficile.

Évolution des pluies efficaces à partir de deux exemples : une année d'aujourd'hui, une année de demain

(courbes théoriques)

Pluies efficaces = Précipitation (P) – Évapotranspiration (E)

P > E : les pluies efficaces rechargent les nappes et alimentent les cours d'eau



P ≤ E : les ressources ne sont pas réalimentées



Question à...

Dominique Jauffret, hydrogéologue au BRGM*

Comment les nappes d'eau souterraine se rechargent-elles ?

De mai à septembre, l'évapotranspiration joue un rôle important dans le cycle de l'eau. Les apports d'eau (pluie ou irrigation) ne font que reconstituer la réserve d'eau qui est liée aux particules de sol. Il n'y a pas de recharge des nappes à cette période. De l'automne à la fin de l'hiver, l'évapotranspiration est faible. Les pluies d'automne commencent par saturer les réserves utiles des sols, sur une durée d'un à trois mois. Ensuite, l'eau en excès descend par gravité jusqu'à la nappe pour la recharger : c'est ce qu'on appelle « l'infiltration efficace ». En pays tempéré et de plaine comme la Bourgogne, on peut estimer globalement que 15 à 30 % des pluies annuelles peuvent recharger les nappes.

Contact : d.jauffret@brgm.fr

* Bureau de Recherches Géologiques et Minières



Des pluies efficaces plus concentrées dans le temps

Dans le futur, la recharge des réserves pourrait débuter plus tardivement à l'automne et se terminer plus tôt au printemps. Ce raccourcissement de la période de recharge n'est pas sans conséquences sur les infiltrations profondes et la recharge des aquifères. La répétition de ce phénomène sur plusieurs années successives pourrait entraîner une baisse du niveau des nappes et des étiages estivaux plus sévères pour les cours d'eau.

Philippe Amiotte-Suchet est hydrologue à Géosciences. Il a élaboré un modèle de bilan hydrique pour connaître la réponse des sols aux évolutions climatiques.





© EDF

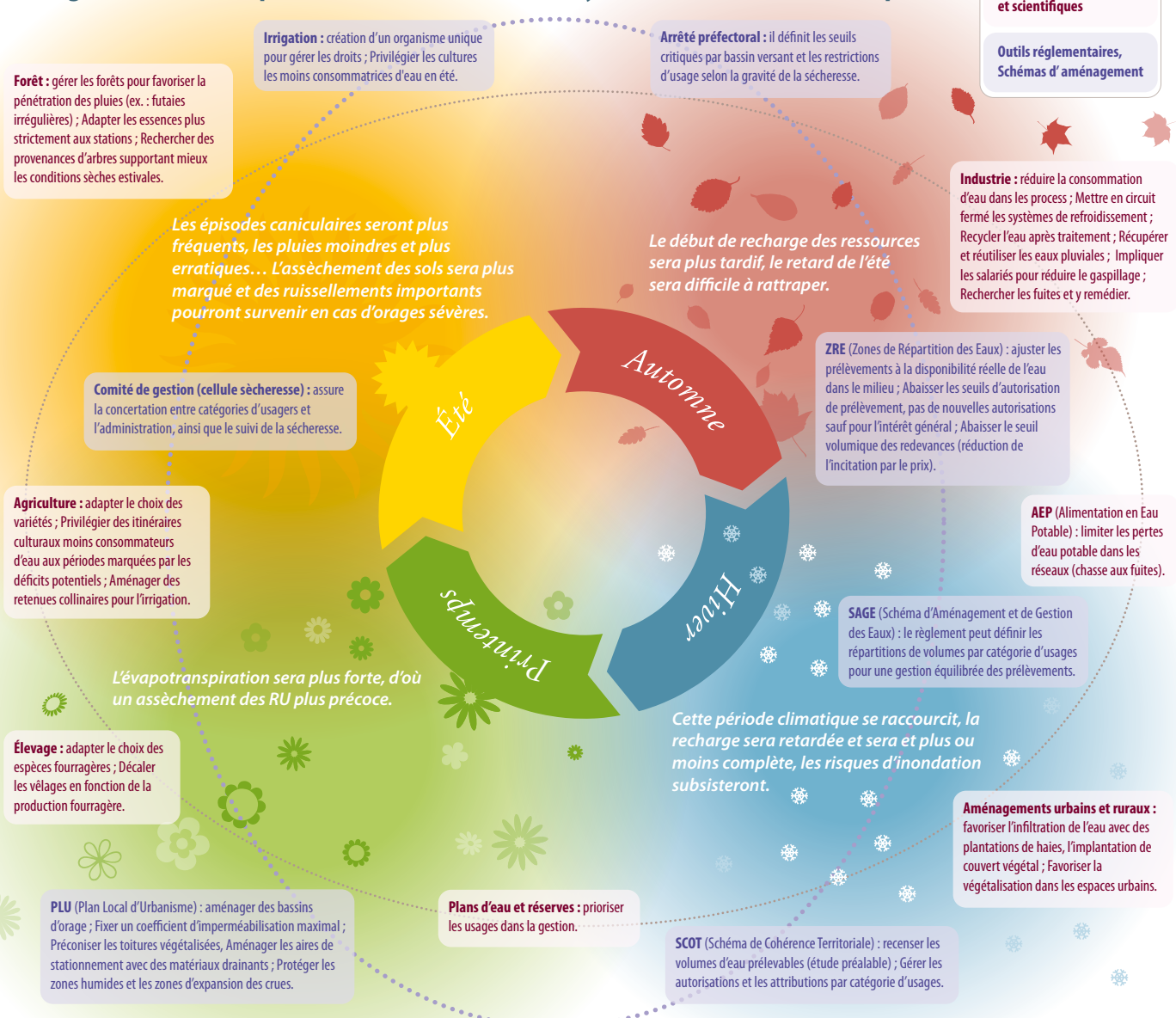
ADAPTER NOS MODES DE GESTION ET D'UTILISATION DE LA RESSOURCE

S'adapter aux risques liés au changement climatique, c'est tout d'abord les connaître et les évaluer. C'est, dans un second temps, les gérer et les anticiper, en s'appuyant sur les connaissances et sur des dispositifs d'observation ; en développant des actions collectives et réglementaires pour mettre en adéquation la disponibilité de la ressource et ses usages ; en procédant à des investissements en faveur d'infrastructures (bassins d'orage, modification de l'épuration des eaux usées en cas d'à-sec important...) y compris de type naturel (noues, linéaires de haie...).

La ressource en eau est affectée par le changement climatique, d'une manière différenciée selon les saisons et selon les territoires. Certaines solutions existent et sont d'ordre **technique** avec les modifications des pratiques (agricoles, forestières et industrielles), **économique** (aménagements d'infrastructures) ou encore **réglementaire** (arrêtés sécheresse, zonages d'actions de préservation...).

D'autres solutions – sectorielles ou collectives – sont à trouver, à inventer. Cela implique de se pencher sur les situations de vulnérabilité et de se poser la question suivante : « Mon territoire, ou mon secteur d'activité, est-il susceptible de subir des préjudices ? ». Il en ressort que **le risque dépend tout autant de l'intensité de l'aléa que de l'adaptation de chaque territoire ou secteur à celui-ci.**

Changement climatique et ressource en eau au rythme des saisons : s'adapter



Mieux connaître pour mieux gérer par des travaux en recherche et développement

Le changement climatique affectera différemment les territoires et les activités qui, selon leurs conditions d'environnement et de vie, seront plus ou moins vulnérables. En effet, face à un même aléa - par exemple, une pluie diluvienne ou une sécheresse estivale - la vulnérabilité diffère selon que l'on considère une ville, une forêt ou des terres agricoles. Pour décoder la complexité des effets du changement climatique sur les milieux, les apports de différentes disciplines scientifiques (climatologie, hydrologie, pédologie, physiologie...) sont nécessaires. En termes de vulnérabilité, il revient aux territoires et aux secteurs d'activité d'apprécier de quelle manière les modifications du climat et de la ressource en eau du sol les affecteront. L'objectif étant de réduire sa vulnérabilité, c'est-à-dire de s'adapter.

Gérer l'offre de disponibilité en eau par la réglementation et la concertation

Si le changement climatique n'est pas la seule ni même peut-être la principale source d'inquiétude pour la gestion de la ressource en eau, celle-ci se compliquera du fait des modifications du cycle hydrologique. Des outils réglementaires se mettent en place pour améliorer la gestion quantitative de l'eau :

- Les zones de répartition des eaux (ZRE) s'appliquent aux bassins versants ou aux nappes qui sont en déficit quantitatif chronique. Elles ont pour objectif le retour à l'équilibre d'ici 2014.
- Les SAGE (Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux) se mettent en œuvre sur certains bassins versants. Par leur règlement opposable aux tiers et leur possibilité d'introduire des prescriptions, ils constituent un outil réglementaire pour une réponse globale, adaptée au contexte local.

La difficulté de satisfaire les usages est illustrée par la gestion des plans d'eau. Ils ont plusieurs fonctions. Les besoins sont parfois contradictoires et rendent la gestion délicate. Lors de situations tendues, il est alors nécessaire de prioriser les usages.

Gérer la demande en eau par le changement de pratique

Gérer les besoins en eau, c'est réduire les besoins ou modifier sa consommation. L'industrie bourguignonne, par exemple, a pu réduire sa consommation d'eau de plus de 1/3 entre 2001 et 2006 en adoptant des process plus économes. Mais c'est aussi limiter les pertes, une préoccupation particulièrement justifiée lorsque les pénuries estivales sont récurrentes. Prendre conscience que l'eau n'est pas inépuisable, réduire le gaspillage, est l'affaire de tous : collectivités, dans le cadre de la chasse aux fuites des réseaux d'alimentation en eau potable ; employés et citoyens grâce aux gestes de tous les jours.



S'adapter, c'est innover dans les dispositifs de connaissance



L'expérience, dont les résultats sont restitués dans ce numéro de Repères, est particulièrement originale. Les chercheurs se sont lancés dans une recherche interdisciplinaire associant climatologie, pédologie et hydrologie. Ensemble, ils ont mis au point une forme de « méta-modèle » qui est l'association de trois modèles existants, mais qui n'avaient jamais été reliés entre eux. Les cartes élaborées, en matérialisant les aléas, font exister le risque. L'incertitude du changement s'en trouve réduite et sa probabilité accrue. Malgré tout, le savoir délivré par les chercheurs peut paraître « imparfait » pour les décideurs puisqu'il renferme toujours une part d'incertitude. Au final, prendre des mesures d'adaptation au risque climatique suppose un processus de décision complexe, où doivent être reliées une évaluation des aléas et une caractérisation de la vulnérabilité, qui diffère selon les activités agricoles, forestières ou résidentielles, et selon les territoires.

Sandrine Petit est sociologue à l'INRA. Elle a suivi l'étude pour en analyser la construction « interdisciplinaire ».

Rendre visible le risque permet son appropriation.



Gérer les usages, l'exemple des plans d'eau

Dany Lévêque, hydrologue à la DREAL

Avec le changement climatique, la gestion des barrages pourrait s'apparenter à la quadrature du cercle. Le lac de Pont (Côte-d'Or) est un bon exemple. Créé pour alimenter en eau le Canal de Bourgogne dans un secteur dépourvu de nappes, on lui a rapidement trouvé d'autres

fonctions : écrêter les crues hivernales, soutenir les étiages, fournir de l'eau potable, favoriser les pratiques de la pêche et procurer un cadre attrayant au tourisme local. Ces objectifs contradictoires, avec un lac vide en hiver et plein en été, ne peuvent être atteints qu'au prix d'une gestion extrêmement fine. Avec le risque de ne pas pouvoir satisfaire l'une ou l'autre de ces activités, une année sur cinq, pour peu que le cycle normal des pluies soit un peu perturbé. Or si demain, cette situation devait empirer, le risque de non atteinte des objectifs serait trop important pour l'économie ou les services : il faudrait faire des choix, abandonner l'un ou l'autre de ces usages, ce qui ne serait pas sans conséquences sur le tissu économique et social de la région.

Contact : dany.leveque@developpement-durable.gouv.fr

Faire des choix d'usages n'est pas sans conséquences sur le tissu économique et social de la région.

Témoignage



La gestion de l'eau souterraine

Yves Demouy, chef de service de la police de l'eau à la DDT 89

Depuis 2002, nous observons sur le département une baisse des ressources en eau. Est-ce l'effet indirect du changement climatique ? L'année 2009 est très symptomatique avec un mois de mars très déficitaire en pluies, et des mois d'automne secs. Le constat sur le bassin d'alimentation de la Ville de Paris interroge aussi : cette

année, celle-ci a dû réduire de 30 % ses prélèvements, ce qui est une restriction plus forte encore qu'en 1976, année historique de sécheresse ! Si la baisse des niveaux de la nappe est une conséquence tendancielle du changement climatique, la Ville de Paris devra identifier des actions prioritaires, notamment sur la performance des réseaux (chasse aux fuites). Ce qui est sûr, c'est qu'en cas de déficit prolongé de la ressource en eau, les activités humaines seront réinterrogées : l'implantation des usines, dont les besoins doivent suivre la disponibilité, l'urbanisme pour que l'extension des zones urbaines soit raisonnée en fonction de la disponibilité potentielle de l'eau.

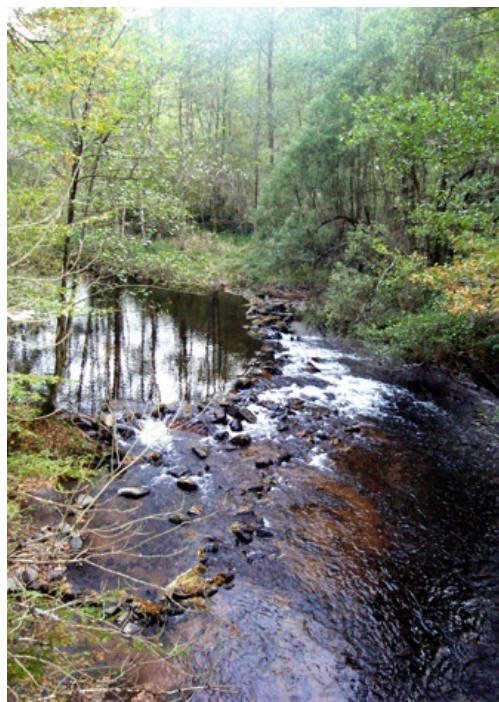
Contact : yves.demouy@equipement-agriculture.gouv.fr

Les déficits constatés, et qui se cumulent, sont-ils chroniques ou cycliques ?

Témoignage

L'Agence de l'Eau Seine-Normandie adopte son SDAGE

En cohérence avec les premiers engagements du Grenelle de l'environnement, le plan de gestion appelé SDAGE (Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux) sur le bassin Seine Normandie a été adopté en octobre 2009. Véritable « feuille de route », il détaille les solutions techniques et réglementaires pour atteindre, en 2015, le bon état des eaux sur les 2/3 des cours d'eau et sur 1/3 des eaux souterraines, ainsi que la réduction des rejets de 41 substances dangereuses pour la santé et l'environnement.



RÉFÉRENCES DOCUMENTAIRES

- **Changement climatique et ressources en eau par système et par domaine.** In Le changement climatique et l'eau. GIEC, juin 2008.
- **Changement climatique : coûts des impacts et pistes d'adaptation.** Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique (ONERC). La documentation française, 2009.
- **Sécheresse et agriculture : réduire la vulnérabilité de l'agriculture à un risque accru de manque d'eau.** Rapport d'expertise. INRA, 2006.
- **Sécheresse et canicule 2003 : la Bourgogne face aux aléas climatiques.** OREB, Repères n° 34, juin 2004.
- **Adaptation au changement climatique : évaluation de la réserve en eau des sols.** Rapport technique. Alterre Bourgogne, février 2010.

REMERCIEMENTS

Philippe Amiotte-Suchet, Université de Bourgogne, Géosciences ; Xavier Antoine, Plaine du Saulce ; Lucie Berthier, Parc Naturel Régional du Morvan ; Florence Billard, Agence de l'Eau Seine-Normandie ; Jean-Marc Brayer, AgroSup Dijon ; Thierry Brossier, EDF ; Thierry Castel, AgroSup Dijon et Université de Bourgogne - Centre de Recherches de Climatologie ; Pierre Curmi, AgroSup Dijon ; Marie-Cécile Deconninck, Centre Régional de la Propriété Forestière ; Yves Demouy, Direction Départementale du Travail de l'Yonne ; Valérie Duchesne, Chambre d'agriculture de l'Yonne ; Franck Dumaitre, ADEME Bourgogne ; Paul-Henri Dupuy, Direction Départementale du Travail de Côte-d'Or ; Jean-Pierre Farrié, Institut de l'élevage ; Paul-André Gaide, DREAL Bourgogne ; Philippe Gillet, Conseil général de la Côte-d'Or ; Fabien Guerreiro, AgroSup Dijon, Eduter ; Jean-François Gravier, DREAL Bourgogne ; Dominique Jauffret, BRGM ; Marc Rey, EDF ; Estelle Labbé-Bourdon, DREAL Bourgogne ; Dany Lévêque, DREAL Bourgogne ; Christine Monamy, BIVB ; Claire Morille, CPIE Autunois-Morvan ; Guy Peretz, IDEA, Conseil général de l'Yonne ; Marc Philippe, DREAL Bourgogne ; Sandrine Petit, INRA ; Yves Richard, Université de Bourgogne - Centre de Recherches de Climatologie ; Denis Thévenin, Météo France ; Marjorie Ubertosi, AgroSup Dijon ; Arnaud Vautier, Chambre d'agriculture de la Nièvre ; Yves Siméon, BRGM.

L'ÉQUIPE D'ALTERRE BOURGOGNE

Direction : Régis Dick

Aurélien Berbey, secrétariat de mission
Christine Coudurier, éducation à l'environnement
Sébastien Flon, qualité environnementale des bâtiments

Jean-Philippe Harand, système d'information
Fabienne Lapiche-Jaouen, organisation d'événements et accompagnement de projet
Élisabeth Louis, vie associative, administration et gestion

Antonin Madeline, bâtiments basse consommation énergétique

Philippe Mérat, ingénierie de formation

David Michelin, biodiversité

Stéphanie Porro, communication

Pascale Repellin, observation et évaluation

Hélène Toussaint, observation et évaluation

Aurélien Trioux, mobilité et territoires

Valérie Trivier, information et documentation

repères

Périodique d'Alterre Bourgogne

Agence régionale pour l'environnement et le développement soutenable en Bourgogne
9 boulevard Rembrandt - 21000 Dijon
Tél. : 03 80 68 44 30 - Fax : 03 80 68 44 31
Courriel : contact@alterre-bourgogne.org
Site Internet : www.alterre-bourgogne.fr

Directeur de la publication : Jean-Patrick Masson

Rédaction : Hélène Toussaint

Ont également collaboré : Aurélien Berbey, Régis Dick, Chloë Lamy, Stéphanie Porro et Valérie Trivier.

Design graphique : 1 égal 2 - www.1egal2.com

Photo de couverture : Philippe Gillet

Imprimé par MÂCON IMPRIMERIE sur papier recyclé blanchi sans chlore.

Dépôt légal 4^e trimestre 2009

ISSN : 1957-1798



Avec le concours financier de :



La reproduction des informations contenues dans REPÈRES est autorisée, à condition d'en mentionner la source et l'origine. Alterre Bourgogne demande à toute personne utilisant ou reproduisant ces informations dans un document de bien vouloir lui en adresser un exemplaire.