



Le sol et l'eau, un couple : Connaître et gérer les sols pour préserver l'eau

Nathalie Dörfliger, Chantal Gascuel

► To cite this version:

Nathalie Dörfliger, Chantal Gascuel. Le sol et l'eau, un couple : Connaître et gérer les sols pour préserver l'eau. Géosciences, 2014, 18, pp.24-31. hal-01075155

HAL Id: hal-01075155

<https://brgm.hal.science/hal-01075155>

Submitted on 16 Oct 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Le sol et l'eau, un couple. Connaître et gérer les sols pour préserver l'eau



Le sol joue un rôle majeur dans le cycle de l'eau, assurant le partage entre infiltration et ruissellement avec des conséquences sur la qualité et le temps de transfert de l'eau. Le sol régule les transferts d'eau entre l'atmosphère, le sous-sol et la surface, et constitue un réservoir pour les écosystèmes terrestres. Intégrer l'état hydrique et les propriétés physiques des sols est important dans les modèles de gestion de l'eau et de prévision des phénomènes de sécheresse et d'inondation.

24

EAU DU SOL



Nathalie Dörfliger

HYDROGÉOLOGUE, DIRECTRICE
BRGM, DIRECTION DE L'EAU, ENVIRONNEMENT
ET ÉCOTECHNOLOGIES
n.dorfliger@brgm.fr

Chantal Gascuel-Odoux

HYDROLOGUE, DIRECTRICE DE RECHERCHE
DS ENVIRONNEMENT INRA, PARIS
UMR SOL AGRO ET HYDROSISTÈME, RENNES
Chantal.Gascuel@rennes.inra.fr

Sol et eau sont étroitement liés : cours d'eau, fossés, zones humides ripariennes sont interconnectés en hiver (Gahard, Ille-et-Vilaine).

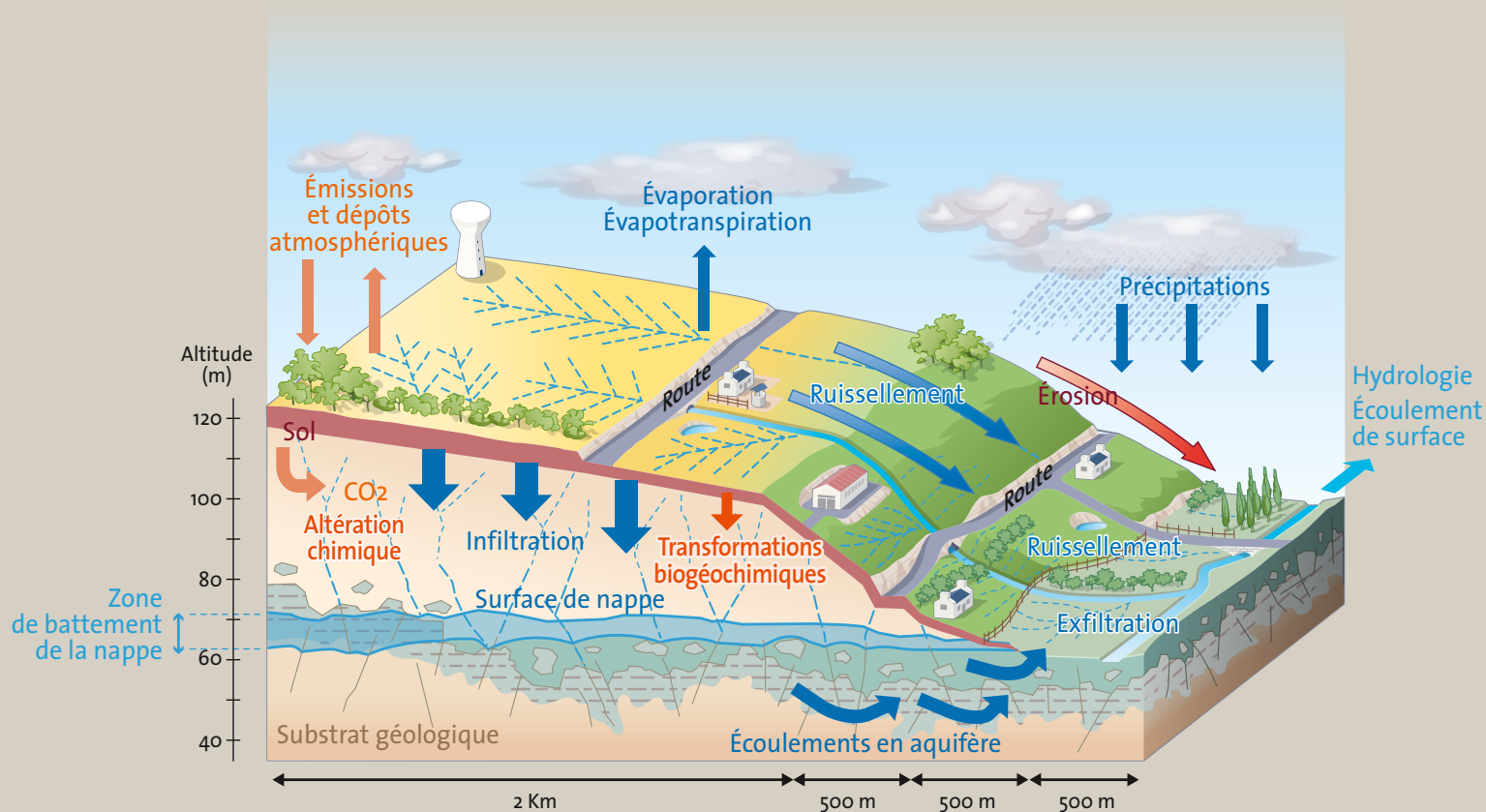
Soil and water are strongly related: stream, ditches and riparian wetlands are inter-connected in winter (Gahard, Ille-et-Vilaine).

© Christian Walter, Agrocampus Ouest.

Le sol un acteur prépondérant du cycle de l'eau

L'eau de pluie ruisselle à la surface du sol ou s'infiltre. Le sol joue là un premier rôle essentiel, celui de partage de l'eau, entre infiltration et ruissellement, avec des conséquences tant en quantité qu'en qualité. L'eau de ruissellement rejoint très rapidement le cours d'eau. En coulant à la surface, elle se charge en divers éléments chimiques et entraîne des particules de sol. L'eau infiltrée nécessite en revanche de quelques jours à quelques dizaines, voire centaines d'années pour rejoindre un cours d'eau, autorisant ainsi des échanges prolongés avec le sol et les substrats géologiques.

Le sol présente une forte porosité, jusqu'à 50 % de son volume, sous forme d'air et d'eau, au sein ou entre des agrégats. L'eau de pluie qui s'infiltre retourne à l'atmosphère, par évaporation ou évapotranspiration, transitant par les végétaux ; elle peut aussi rester dans le sol ou recharger les nappes. La répartition de l'eau entre ces compartiments dépend des conditions climatiques, de la nature des écosystèmes naturels ou cultivés, et de l'état du remplissage du réservoir « sol ». Le sol joue alors un second rôle essentiel, celui de régulateur des transferts entre eau atmosphérique, nappes d'eau souterraine et cours d'eau, et celui de réservoir d'eau pour les plantes et de milieu de vie pour les nombreux organismes vivants présents dans le sol (figure 1).



Lors des transferts, l'eau acquiert sa composition chimique, par des échanges et des réactions biogéochimiques au sein du sol, notamment grâce à l'action de nombreux microorganismes. Lorsque le sol contient des éléments potentiellement polluants (métaux, phosphore, pesticides...), l'eau se charge en ces éléments à son contact. Le sol joue ainsi un troisième rôle vis-à-vis de l'eau, celui de régulateur de sa qualité chimique.

Certains sols situés dans les zones humides ripariennes (le long des cours d'eau), là où la nappe affleure, régulent les écoulements en « épongeant » les variations de nappe. Ils régulent également les pollutions diffuses. Dans les horizons riches en matières organiques, les battements de nappe provoquent des variations des conditions d'oxydo-réduction, entraînant des transformations biogéochimiques (dénitrification, libération de carbone organique dissous, d'oxydes de fer et d'aluminium...). Reconnaître les sols hydromorphes aide à délimiter ces zones d'influence sur la qualité des eaux.

Au final, les propriétés des sols essentielles pour la gestion de l'eau sont nombreuses [Bourennane *et al.*, (2008)]. Un concept synthétique, celui de zone critique, encourage une approche interdisciplinaire de cette interface atmosphère – géosphère (voir encadré).

Le sol et la gestion quantitative de l'eau

Les propriétés des sols peuvent être directement mesurées, ou évaluées par des tests, ou encore estimées à partir d'autres propriétés plus simples d'accès. Les mesures sont un processus long et coûteux. Pour pallier cette difficulté, des fonctions de pédotransfert ont été développées pour les estimer à partir de paramètres accessibles dans des bases de données.

Les fonctions de pédotransfert établissent des relations entre des propriétés hydriques du sol, exprimant par exemple la disponibilité de l'eau ou la perméabilité, et des caractéristiques telles que la texture, la teneur en matières organiques et la densité apparente des sols. Plusieurs fonctions de pédotransfert ont été définies depuis la fin des années 1970. Le contexte géographique et la nature des substrats géologiques sont à considérer pour appliquer ces fonctions de pédotransfert. Une classification par texture et densité apparente des sols, préalablement à la mise en œuvre de ces fonctions, permet une meilleure estimation des propriétés hydriques du sol [Bruand *et al.* (2002)].

Reconnaître les sols hydromorphes aide à délimiter les zones qui influent sur la qualité des eaux.



Fig. 1 : Le cycle de l'eau dans un bassin versant. Suivant la position topographique et la saison, la nappe interagit avec le sol ou le régolithe.

Fig.1: The water cycle within a catchment. According to the topographic position and the season, the groundwater interacts with soil or regolith.

Dessin d'après Thomas Schmutz & Wilfried Messiez.
Schéma : Chantal Gascuel-Odoux
© BRGM – Art Presse.

► LES INTERACTIONS EAU-SOL-MICROORGANISMES DANS LA ZONE CRITIQUE

Sétareh Rad – BRGM – Direction eau, environnement et écotechnologies, Unité biogéochimie environnementale et qualité de l'eau – s.rad@brgm.fr

Fabienne Battaglia-Brunet – BRGM – Direction eau, environnement et écotechnologies, Unité biogéochimie environnementale et qualité de l'eau – f.battaglia@brgm.fr

La zone où le « monde du minéral » rencontre le « monde du vivant » constitue un milieu où roches, sols, eau, air et organismes vivants interagissent et forment/sculptent la surface de la Terre. L'étude de cette zone d'interactions, appelée « zone critique », se focalise sur les processus de météorisation, la dynamique des sols, les interactions biogéomorphologiques, et leurs effets sur le cycle du carbone et les processus biogéochimiques associés. Le fonctionnement de cette zone critique, bien qu'importante dans la vie terrestre, reste à ce jour peu comprise. Comment se forme-t-elle ? Comment fonctionne-t-elle ? Comment évolue-t-elle ?

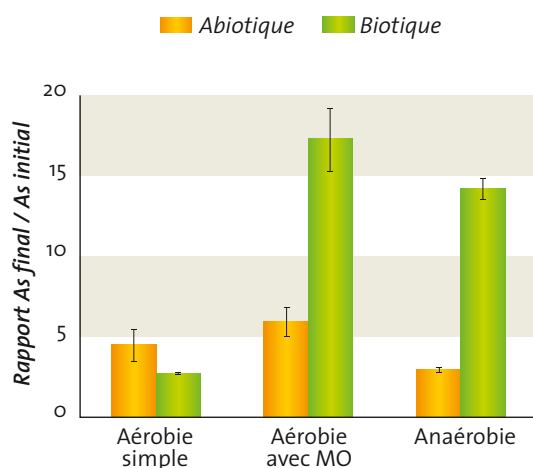
Depuis quelques années, la communauté scientifique s'est organisée pour répondre à ces questions autour du réseau CZEN (*Critical Zone Exploration Network*) constitué d'un grand nombre d'observatoires (*Critical Zone Observatories* : <http://www.czen.org/field-sites>).

Compte tenu de l'omniprésence de la vie dans la zone critique, il est difficile de dissocier *in situ* les processus abiotiques des processus biotiques à l'échelle de ces observatoires. Il est cependant primordial de quantifier les interactions entre eau-sol-microorganismes au sein de cette zone grâce aux études expérimentales en laboratoire.

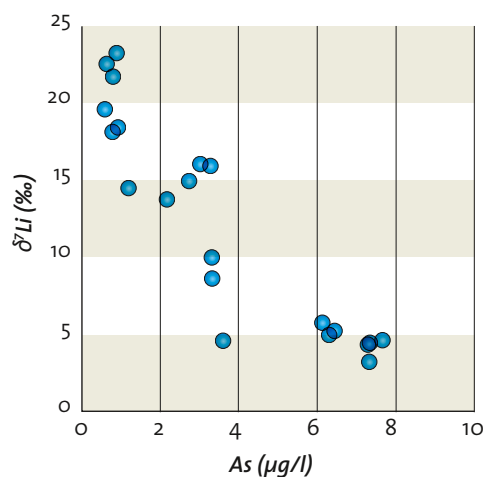
La figure a présente un exemple de phénomènes induits par l'activité des bactéries dans les sols qui influence la mobilité de l'arsenic dans le bassin de l'Allier (France). Cette mobilité se traduit également dans la phase dissoute de la rivière et est impactée par l'activité hydrothermale du bassin (figure b).

Les mécanismes aux interfaces entre les sols, l'eau et les microorganismes dans la zone critique restent encore mal compris et leur étude nécessite le développement de recherches pluridisciplinaires sur les cycles biogéochimiques. ■

a Sol



b Eau



▲ Mobilité de l'arsenic lors de processus biogéochimiques dans le bassin de l'Allier.

- Effet de l'activité bactérienne sur la solubilisation de l'arsenic lors de l'incubation d'un sol pollué dans différentes conditions : aérobie simple, aérobie avec ajout de matière organique et anaérobie simple.
- Corrélation négative entre les isotopes du lithium et les concentrations en arsenic dans la phase dissoute de la rivière Allier, témoignant de l'origine naturelle hydrothermale de cet élément : les concentrations les plus élevées en arsenic sont associées à des signatures isotopiques traduisant une interface eau-roche de haute température.

Arsenic mobility along biogeochemical processes within Allier catchment:

- Effect of the bacterial activity on the solubility of the arsenic during incubation of a contaminated soil under various conditions: simple aerobic, aerobic with addition of organic matter, and simple anaerobic.
- Negative correlation between lithium isotopes and arsenic concentrations in the dissolved phase of the Allier River attesting the natural hydrothermal origin of this element: the highest concentrations in arsenic are linked to isotopic signatures reflecting the water/rock interface at high temperature.

From Rad et al., 2013.

Fig. 2 : Taux de remplissage de la réserve utile (en %), à l'échelle de la France, calculée à partir du modèle SIM, pour le mois d'octobre 2013 (a) et le mois de janvier 2014 (b).

Source : MétéoFrance, bulletin de situation hydrologique, MEDDE. Carte : © IGN.

Fig. 2: The fill rate for usable storage (in %), for France as a whole, estimated using the SIM model, for the months of October 2013 (a) and January 2014 (b).

Source: MétéoFrance, hydrological situation report, MEDDE. Map: © IGN.

Parmi l'ensemble des propriétés hydriques, la réserve utile (RU) est une variable importante. Elle correspond à la quantité d'eau que le sol peut contenir et restituer à la plante. La réserve en eau varie au cours du temps. Ses variations dépendent des précipitations, de la température, de l'occupation du sol. À titre d'exemple, la *figure 2* illustre la réserve utile en eau en France pour les mois d'octobre 2013 et de janvier 2014, estimée à partir du modèle SIM [Habets *et al.* (2002)]. Ce modèle combine trois sous-modèles estimant : les forçages climatiques (SAFRAN), le bilan en eau des sols et le bilan énergétique (ISBA), l'évolution des débits des cours d'eau et l'état des aquifères (MODCOU). Les paramètres du sol et de la végétation utilisés sont issus de la base de données ECOCLIMAP. Seuls les pourcentages de sable et d'argile sont utilisés pour caractériser le sol dans ISBA. Ils sont issus de la base de données du Gis Sol (voir article D.Arrouays ce numéro, www.gissol.fr/programme/bdgsf/bdgsf.php). Un enjeu est de mieux prendre en compte les propriétés hydriques des sols dans ces modèles pour mieux évaluer la réserve en eau.

Les propriétés des sols sont aussi utilisées dans la prévision des débits, des crues. À l'échelle d'un bassin versant, les niveaux de nappe et les débits de cours d'eau peuvent être simulés à partir de modèles maillés ou de modèles dits globaux. Dans ces modèles, par exemple GARDENIA (© BRGM, *figure 3*) ou GR4 (© IRSTEA), la réserve en eau des sols est utilisée pour prévoir le niveau du toit de la nappe et/ou les débits du cours d'eau.

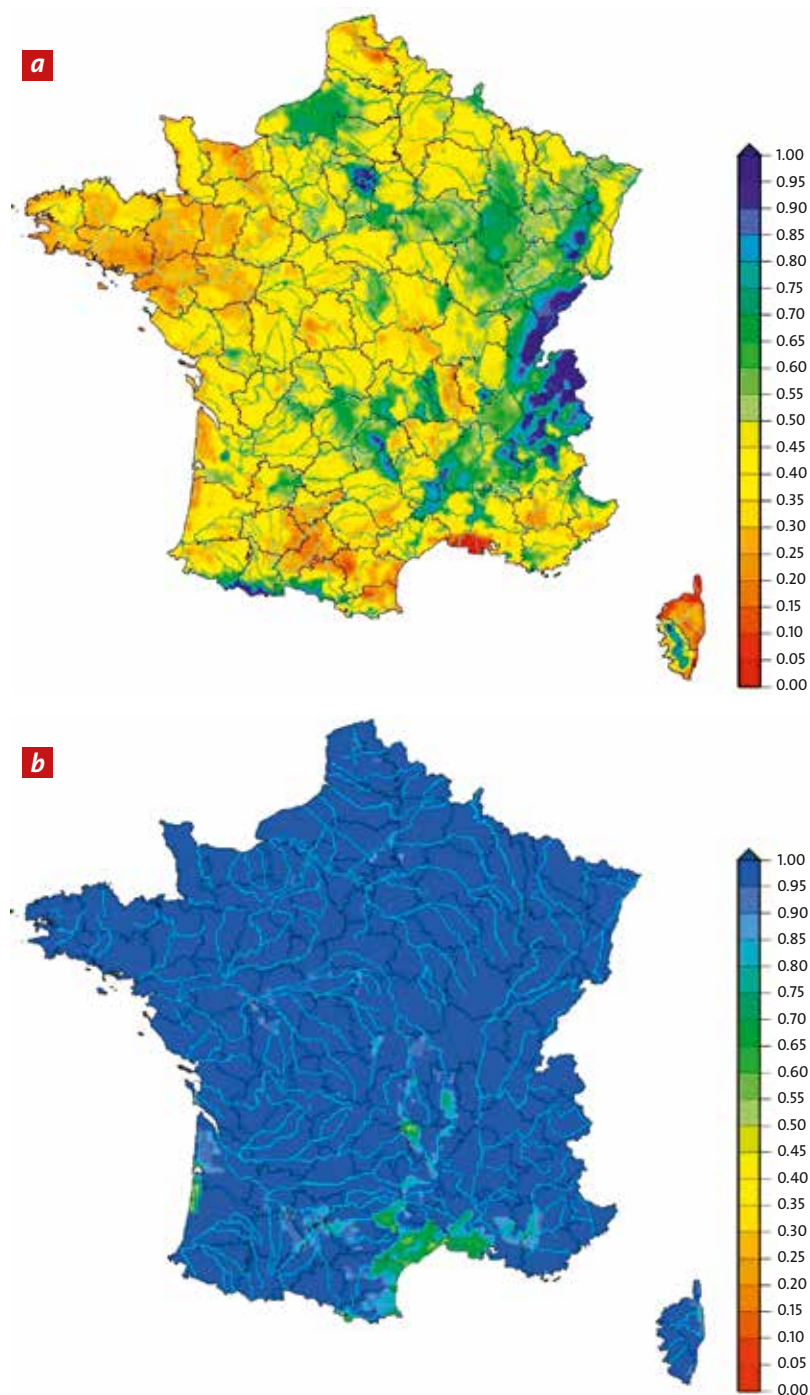
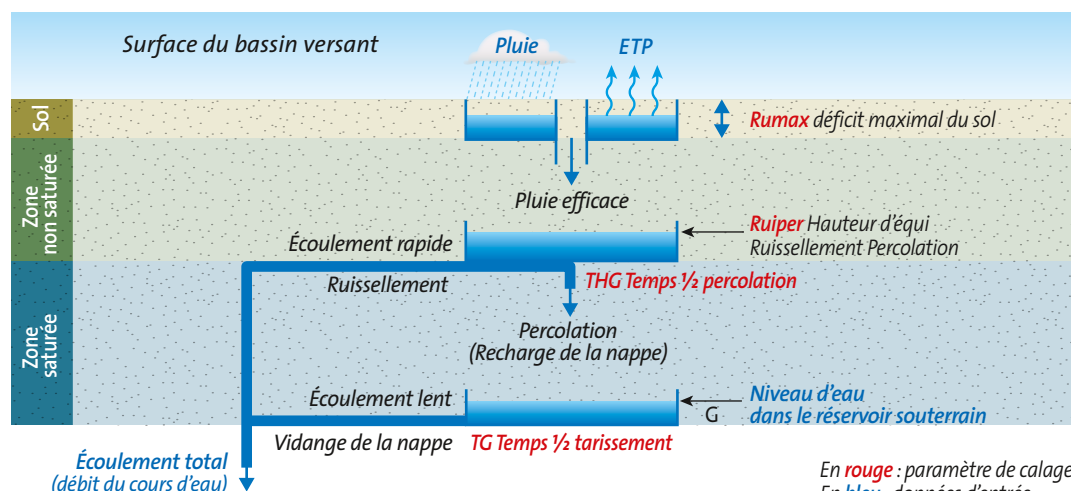


Fig. 3 : Principe du modèle hydrologique global à réservoirs GARDENIA (© BRGM D. Thiéry) pour la simulation du débit d'un cours d'eau et/ou d'un niveau piézométrique.

Fig. 3: Diagram of the GARDENIA hydrological reservoirs model (© BRGM D. Thiéry) for simulating river water flow and/or groundwater table.



Dans le cadre de la prévision de crues, le taux de saturation en eau des sols est une variable complémentaire aux données météorologiques.

28

Dans le cadre de la prévision de crues, le taux de saturation en eau des sols représente une variable complémentaire aux données météorologiques. Le BRGM a réalisé des études pour le Service central d'hydrométéorologie et d'aide à la prévision des inondations (SCHAPI) sur plusieurs bassins versants dans le sud de la France, dont le bassin du Touch, ainsi que sur le bassin de la Somme. Un lien entre le déclenchement des crues d'un bassin versant, celui du Touch, et la saturation en eau des cinquante premiers centimètres du sol a été établi. Les débits aux exutoires de bassins versants sont mieux évalués par les modélisations GARDENIA lorsqu'une série temporelle de l'état hydrique du sol (teneur en eau, réserve en eau, flux de recharge ou niveau piézométrique) est prise en compte. L'utilisation d'états hydriques du sol calculés quinze ou trente jours avant une crue permet une anticipation opérationnelle de la crue. Le projet KHRU en cours a pour objectif de définir des indicateurs d'humidité du sol et de profondeur du toit des aquifères dans le sud de la France en contexte karstique, afin d'améliorer la prévision des crues.

L'impact du changement climatique sur la recharge en eau, en fonction des cultures et du sol, a été étudié dans le projet CLIMATOR [Brisson et Levraut (2010)] couplant des modèles climatiques et des modèles de cultures (STICS © Inra). Les simulations prennent en compte différentes projections climatiques, différentes cultures et différentes situations pédoclimatiques, caractérisées notamment par la réserve utile des sols. Dans CLIMATOR, une hiérarchisation des besoins en eau des cultures a été établie, en moyenne et selon leur position sur le territoire national. Ce travail montre, à pluviométrie fixée, que la recharge en eau à la nappe diminue suivant la hiérarchie vigne, culture d'hiver, prairie, conifère, culture de printemps, cultures irriguées. Il montre aussi que la diminution des précipitations se reporte aux trois quarts sur une diminution de la recharge à la nappe, montrant bien le lien entre climat, sol, agriculture et ressource en eau. Les projets actuels mettent l'accent sur une meilleure description des systèmes de cultures, intégrant leur succession et des actes techniques relatifs à la conduite de ces cultures (semis, travail du sol, irrigation,...). L'assemblage de données et modèles sur les usages des sols, les sols et les substrats géologiques, les nappes et les cours d'eau, et le climat, conduira à des services opérationnels pour une meilleure gestion quantitative des eaux.

Le sol et la qualité des eaux

La lutte contre l'eutrophisation des eaux continentales et côtières, c'est-à-dire leur enrichissement en nutriments, le respect des normes de qualité des eaux pour l'alimentation en eau potable, la protection des écosystèmes aquatiques vis-à-vis de contaminations

Fig. 4 : L'activité agricole, de par sa dimension territoriale, est proche de l'eau. Des outils de gestion, croisant sol et pratiques agricoles, sont nécessaires pour maîtriser les impacts sur la qualité des eaux.

Fig. 4: The agricultural activities, by its territorial dimension, is close to the water. Management tools, crossing land, soil properties and agricultural practices are needed to master the impacts on water quality.

© Christian Walter, Agrocampus Ouest.



“Les nitrates et les pesticides sont deux paramètres majeurs de la dégradation de la qualité des eaux.”

toxiques et écotoxiques sont des enjeux essentiels en termes de qualité des eaux. Or le sol retient et stocke les éléments potentiellement polluants, il est le lieu de biotransformations permettant d'obtenir des formes non polluantes, il limite les fuites et préserve les eaux souterraines et de surface. Ce rôle de régulation du sol a des limites tenant aux caractéristiques et à la quantité des polluants mis en jeu, à la nature des sols, à l'état hydrique du bassin versant et aux objectifs de qualité de l'eau visés : le sol n'est pas un filtre parfait (figure 4). Nous illustrons ce rôle dans le cas des nitrates et des pesticides, deux paramètres majeurs de la dégradation de la qualité des eaux.

Le rôle du sol sur la pollution des eaux par le nitrate

Le nitrate est un soluté qui provient essentiellement de la minéralisation de la matière organique, elle-même issue de l'incorporation des matières végétales, fertilisants organiques et minéraux. La lixiviation du nitrate entraîne la pollution des eaux souterraines et des cours d'eau.

Syst'N (© Inra et partenaires du développement agricole) a été développé pour les praticiens et les conseillers agricoles, pour estimer au pas de temps journalier les émissions d'azote vers l'eau, sous forme de nitrate et d'ammoniaque, et vers l'air sous forme de diazote stable ou d'oxydes d'azote, en fonction de la fertilisation, du système de culture et de la nature du sol. Les caractéristiques des sols peuvent être renseignées, soit directement, soit à partir d'une base de données. Cet outil a été mis en œuvre sur l'aire d'alimentation de captage de la plaine de Saulce (Yonne), en région de grande culture, dans le cadre d'un projet Inra-Onema [Dupas *et al.* (2013)]. Une typologie des rotations de culture et de leur fertilisation a été établie et croisée avec les types de sol du territoire. La lixiviation des nitrates sous la couche d'influence des racines est acceptable lorsque les sols sont profonds ou de profondeur modérée. Dans le cas de sols peu épais, seuls certains systèmes de culture sont possibles

(figure 5). Dans ces sols, le nitrate est facilement lixivié en profondeur, au-delà de la zone d'influence des racines : les cultures suivantes ne peuvent l'absorber. Ce travail montre l'importance de connaître les sols et d'ajuster les systèmes de culture à leurs caractéristiques. Ce travail est actuellement déployé sur huit captages Grenelle répartis en France, afin d'étendre le domaine d'application de l'outil, et *in fine* favoriser l'adaptation des systèmes de culture et leur fertilisation aux caractéristiques des sols et aux objectifs de qualité des eaux.

Une fois entraîné vers les nappes, le nitrate va plus ou moins rapidement vers le cours d'eau selon les caractéristiques du système hydrologique et hydro-géologique. Dans les contextes de socle (schiste, granite), l'altérite constitue un réservoir d'eau majeur alimentant le cours d'eau. Les travaux réalisés sur le bassin versant de Kervidy-Naizin situé en Bretagne (ORE AgrHys, www6.inra.fr/ore_agrhys, site du réseau de bassin versant, <http://rnbv.ipgp.fr/>), ont montré par différentes méthodes (datation de l'eau, modélisation, analyse spectrale) que les cours d'eau sont formés d'un mélange d'eaux d'âges très différents, de quelques

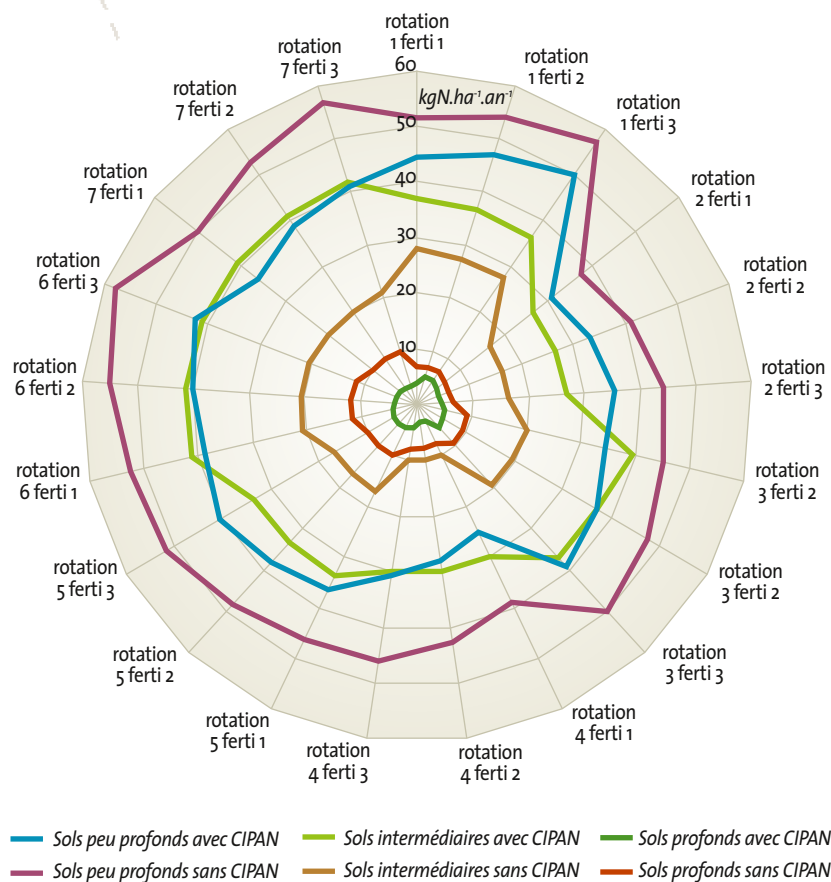


Fig. 5 : Pertes annuelles en nitrate estimées par Syst'N (en kgN.ha⁻¹.an⁻¹, en fonction de 7 rotations culturales, de 3 types de fertilisation pour des sols de profondeurs différentes, avec et sans CIPAN (cultures intermédiaires à piégeage de nitrates), à partir d'une typologie établie avec les acteurs d'une aire d'alimentation de captage.

Fig. 5: Annual nitrate losses estimated by Syst'N (in kgN.ha⁻¹.yr⁻¹), according to 7 modes of crop rotation, 3 types of fertilization and soils of various depths, with and without CIPAN (intermediary culture nitrates traps), using a typology established with the stakeholders of a drinking water protection area.

From Dupas *et al.*, 2013.

années à quelques dizaines d'années [Aubert *et al.* (2013)] (figure 6). Les nappes d'altérite présentent de fortes concentrations en nitrate, de sorte que le nitrate des cours d'eau est davantage lié au nitrate accumulé dans la nappe qu'au nitrate en excès aujourd'hui. Deux domaines du versant sont le lieu d'une dénitrification : les zones humides ripariennes, zone d'affleurement de la nappe, où une dénitrification a lieu dans les horizons organiques du sol ; à un moindre degré, dans la nappe d'altérite, où une dénitrification est liée à la présence de pyrite [Pauwels *et al.* (2010)]. L'abattement induit est de l'ordre de 30 % du flux de nitrate total annuel. Cet abattement est remis en question au regard du changement climatique, de l'adaptation des microorganismes (voir encadré) du sol à la fonction de dénitrification et de la consommation de la pyrite. La diversité des sols et des altérites dans le bassin versant se traduit par une diversité de temps de réponse de la qualité des eaux aux changements de pratiques agricoles. Le modèle TNT2 (© Inra) a été développé pour prédire l'effet des sols et des pratiques agricoles sur les flux et concentrations en nitrate.

Le rôle du sol sur la contamination des eaux par les pesticides

Les pesticides sont utilisés pour lutter contre les bio-agresseurs. Ce sont souvent des molécules organiques de synthèse. Plusieurs processus prennent place lors de leur transfert dans le sol : principalement la rétention, c'est-à-dire l'adsorption sur le sol, et la dégradation biologique. Des transferts préférentiels au-delà de la zone d'influence des racines peuvent conduire à des concentrations en pesticides importantes dans l'aquifère. Il existe de très nombreuses molécules, dont les propriétés de rétention et de dégradation diffèrent en fonction de leur nature, des sols et des conditions de leur application. Ces molécules se transforment en sous-produits dont les propriétés de dégradation et de transfert peuvent être fort différentes des molécules initiales. On retrouve nombre de ces sous-produits dans les eaux, dont certains sont interdits depuis de nombreuses années. Au vu de la présence de ces molécules dans les eaux, parfois à des concentrations supérieures aux seuils fixés par la directive cadre européenne, des études détaillées et une surveillance sont nécessaires : elles montrent l'importance du sol dans la rétention et la dégradation des pesticides.

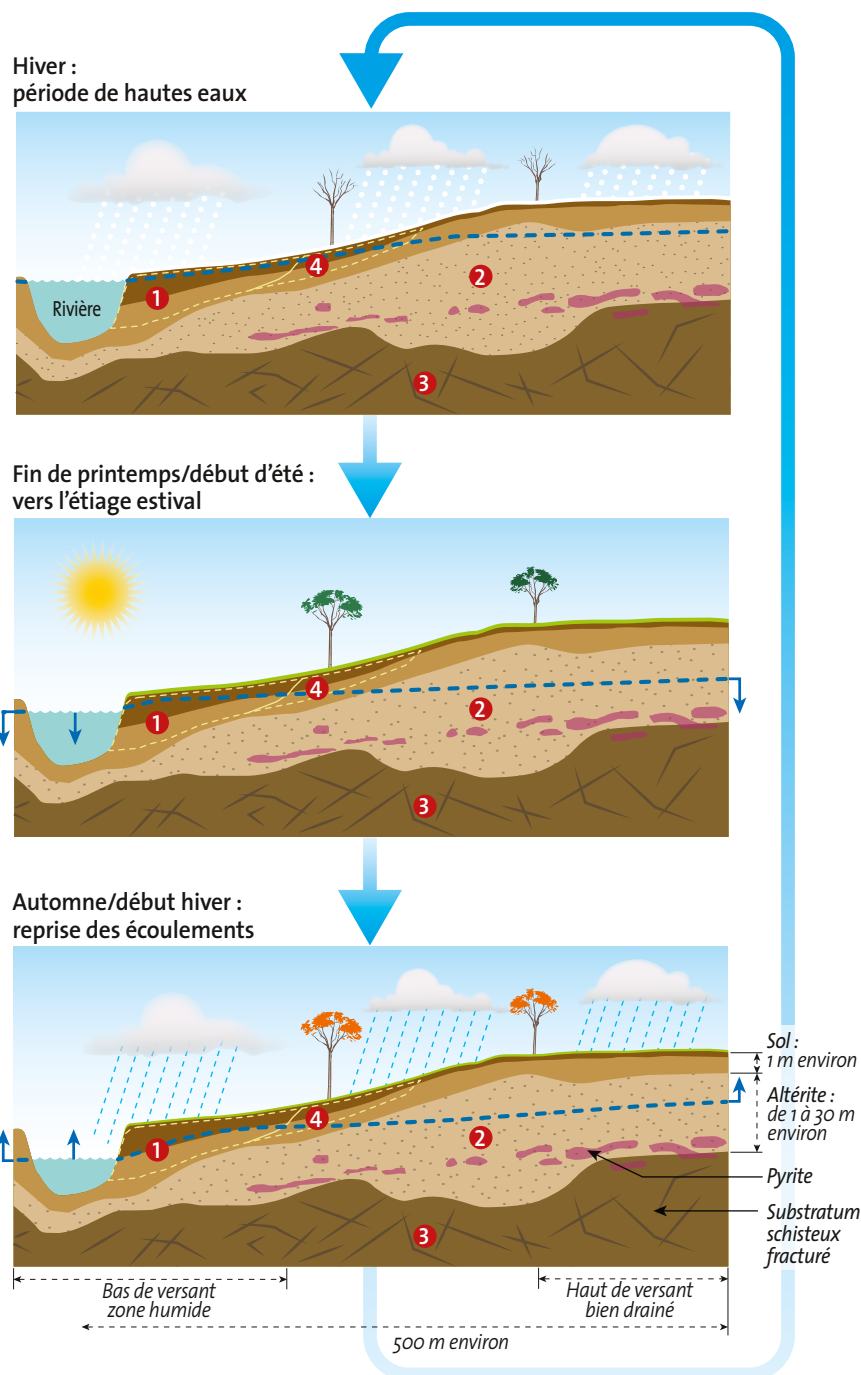
Fig. 6 : La contribution des compartiments du bassin versant au cours d'eau varie au cours du cycle hydrologique et détermine la variation des concentrations en nitrate au cours de l'année. Ligne bleue : toit de la nappe ; zones violettes : présence de pyrite.

D'après Aubert *et al.*, 2014.

Fig. 6: The contribution of the different reservoirs of the catchment to the stream water varies in the course of the water cycle and determines the variation of nitrate concentrations during the year. Blue line, groundwater table; violet zones: pyrite occurrence.

From Aubert *et al.*, 2014.

① Compartiment 1 ② Compartiment 2 ③ Compartiment 3 ④ Compartiment 4





Prélèvement de sol sur une parcelle agricole.

Soil sampling on an agricultural plot.

© BRGM

La caractérisation en laboratoire de la sorption et de la minéralisation du S-métolachlor (SMOC) et de ses sous-produits, MESA et MOXA, sur des sols et des solides présents dans la zone non saturée d'un aquifère alluvial, a permis de montrer que ces derniers sont très faiblement adsorbés comparativement à la molécule mère, non seulement sur les sols mais aussi sur les solides de la zone non saturée. Ces éléments permettent d'expliquer la prédominance du MESA par rapport au SMOC dans les eaux souterraines [Baran et Gourcy (2013)]. Pour les sols, 26 % du SMOC, 30 % de la MESA et 38 % du MOXA sont minéralisés après 246 jours. Pour les solides de la zone non saturée, la minéralisation est beaucoup plus faible. La dégradation plus rapide du MOXA par rapport au MESA peut expliquer les plus faibles teneurs du MOXA dans les eaux souterraines.

La dégradation de l'herbicide acétochlore a été étudiée dans des sols de différents types (néoluvisol et calcosol) en considérant la profondeur (0-25 cm et 25-50 cm) et la température (15 °C et 25 °C), en conditions contrôlées de laboratoire pendant 58 et 90 jours. La minéralisation maximale (24 %) a

été observée à la surface du calcosol à 25 °C. Le temps de demi-vie de la molécule, pour des sols stérilisés et non stérilisés, augmente avec la température. Les émissions de CO₂ et l'augmentation de la microflore aérobie et endogène suggèrent que les processus biologiques sont dominants dans la dégradation de l'acétochlore [Dictor *et al.* (2008)].

Le sol est une interface entre l'eau et l'air : c'est un lieu d'échange de matière et d'énergie. La grande diversité des sols induit une grande diversité des échanges. Sol et eau sont au cœur des grands enjeux de sociétés, c'est pourquoi il est essentiel de mettre à disposition des gestionnaires les informations « sol » permettant de mieux adapter l'usage des sols au rôle régulateur que celui-ci peut jouer vis-à-vis de la ressource en eau de surface et souterraine. ■



Soil and water, a couple. Understanding and managing soils to preserve water resources

Soil plays a crucial role in the water cycle, where it determines the division between runoff and infiltration, with consequences in terms of quantity and quality. It acts as a regulator for water transfer between the atmosphere, vegetation and water surface and groundwater reservoirs. During transfer, water acquires its chemical composition through exchanges with soil and biogeochemical reactions.

Knowing the physical properties of soils contribute to improving water resource management. These properties can be measured or estimated via pedotransfer functions. In distributed and lumped models, soil water content is a key calibration parameter. Knowledge of this content can improve flood prediction when input to forecast models. The effects of climate change on water recharge are studied by coupling climatic scenarios with soil and crop models. Soil contributes to determining water quality. It can retain and store or transform potential pollutants until non-pollutant forms are obtained. However, soil is not a perfect filter owing to its physical, biological and biogeochemical properties and contaminant loads. It plays a proven role in the transfer of nitrogen and pesticides in the soil and water.

Soil is an interface between water and the atmosphere, a domain for matter and energy exchange. Because of the large variety of soils, there is also a wide variability in exchanges. The soil is an ecosystem whose biological component is still underestimated, as is the role it plays in water quality. Soil and water are central to the crucial challenges faced by our societies, now and in the future. Therefore, water resource management requires adequate soil information, and conversely, the regulatory role of the soil, in an ecosystem services approach, is particularly important with regard to water resources.

Références : Aubert A.H., Gascuel-Odoux C., Gruau G., Akkal N., Fauchoux M., Fauvel Y., Grimaldi C., Hamon Y., Jaffrézic A., Lecoz-Boutnik M., Moléna J.t, Petitjean P., Ruiz L., and Merot P. (2013) – Solute transport dynamics in small, shallow groundwater-dominated agricultural catchments: insights from a high-frequency, multisolute 10 year-long monitoring study. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 17, 1379-1391. Baran N. et Gourcy L. (2013) – Sorption and mineralization of S-metolachlor and its ionic metabolites in soils and vadose zone solids: Consequences on groundwater quality in an alluvial aquifer (Ain Plain, France), *Journal of Contaminant Hydrology*, 154 (2013) 20-28. Bourennane Schnebel N. et Fort J.L. Coord. (2008) – Connaître les sols pour préserver la ressource en eau. Guide d'application à l'échelle d'un territoire. Document du Gis Sol. <http://www.gissol.fr/actualite/publications.php> Brisson N. et Levraut F. (2010) – Livre vert du projet Climator. Changement climatique, agriculture et forêt en France : simulations d'impact sur les principales espèces. Bruand A., Pérez Fernandez P., Duval O., Quélin P., Nicoulaud B., Gaillard H., Raison L., Pessaud J-F., Prud'Homme L. (2002) – Estimation des propriétés de rétention en eau des sols. Utilisation de classes de pédotransfert après stratifications texturale et texto-structurale, *Etude et Gestion des Sols*, Volume 9, 2, 2002, pages 105 à 125. Dictor M-C., Baran N., Gautier A., Mouvet Ch. (2008) – Acétochlore mineralization and fate of its two major metabolites in two soils under laboratory conditions, *Chemosphere* 71, 663-670. Dupas R., Parnaudeau V., Reau R., Gascuel-Odoux C. (2013) – Modélisation dynamique des flux hydriques et atmosphériques d'azote d'origine agricole sur deux territoires contrastés. Utilisation de l'outil Syst'N, Rapport final, Inra-Onema, 51 pp. Habets F., Boone J., Champeaux J.L., Etchevers P., Franchistéguy L., Leblois E., Ledoux E., Le Moigne P., Martin E., Morel S., Noilhan J., Quitana Segui P., Rousset-Regimbeau F., Viennot P. (2008) – The SAFRAN-ISBA-MODCOU hydrometeorological model applied over France, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 113, D06. Pauwels H., Ayraud-Vergnaud V., Aquilina L., Molenat J. (2010) – The fate of nitrogen and sulfur in hard-rock aquifers as shown by sulfate-isotope tracing. *Applied Geochemistry*, 25, 105-115.