



Journée Mondiale des Sols 2023 : Vendredi 1^{er} décembre – C dans l'Sol

Emission 2 : *Le sol dans le cycle de l'eau en milieu urbain et forestier*

Sols : l'agriculture et la forêt à bons pores

La canicule de l'an 2022 nous avait créé des émotions. Depuis, nous avons peur de manquer d'eau comme de vulgaires pays du sud. Cet été-là nous avons regardé, effarés, les grands incendies transformer nos vastes forêts en nuages de suie et de carbone. Les arbres étaient si secs qu'ils s'étaient enflammés à la première étincelle. Ils l'étaient car ils n'avaient plus d'eau, leurs sols en ayant été dépourvus par l'intense chaleur. Chaque jour à la télé, à la radio, sur les réseaux sociaux, dans les journaux le niveau des nappes était commenté. Plus basses qu'hier, et ce sera pire demain. Mais comment allions-nous faire au prochain hiver ? C'est alors que nous avons relié les événements. L'évidence nous est apparue. En définitive, quand l'eau du ciel tombe sur la Terre, elle fait des plocs sur le sol qui l'absorbe ensuite et la garde pour les arbres, les nappes et les rivières. L'intermédiaire indispensable, c'est lui ! On savait le sol excellent puits de carbone, on l'apprit belle éponge qui abreuve les cultures et les pâtures même quand il fait sec. La clé de notre adaptation au changement climatique, c'est lui, la meilleure des grandes bassines c'est le sol ! Comme souvent, nous avons basculé dans un nouvel excès. En plantant des haies dans des sols que nous ne labourerions plus nous allions pouvoir garder le peu d'eau qui nous reste. L'époque étant aux slogans faciles et aux idées courtes, la journée mondiale des sols s'est chargée de remettre l'église au milieu du village. Lors de la journée consacrée aux trois débats C dans l'Sol, elle a consacré le second au rôle du sol dans le cycle de l'eau en milieu agricole et forestier, avec Isabelle Cousin et Bernard Laroche, tous deux adjoints à la direction de l'unité Unité Info & Sols de l'Inrae d'Orléans, Benoît Louchard, chef d'équipe Eau et Environnement à la Chambre d'agriculture Centre Val-de-Loire et Noémie Pousse – Chargée de recherches R & D en pédologie au pôle Recherche, développement et innovation de l'Office national des forêts (ONF).

La vie n'est pour rien ans le RU

D'emblée, Isabelle Cousin n'est pas très contente et elle tient à expliquer ses raisons : « *On parle sans cesse de réservoir utile* » - le fameux RU des spécialistes, pour qualifier le volume de l'eau qui est entreposée dans le sol, « *non seulement ce n'est pas adéquat, en plus, avant, on parlait de réserve utile, c'est toujours ma petite déception de féministe d'être passé du masculin au féminin..., il faut dire réservoir utilisable.* » Isabelle Cousin le définit d'une manière anodine, pour commencer : « *C'est la capacité que le sol a de pouvoir réceptionner de l'eau qui va ensuite, si le réservoir déborde, éventuellement ruisseler, sinon, c'est de l'eau qui va probablement percoler jusqu'à la base du sol, ou bien elle sera évaporée, ou alors elle aura transpiré par les plantes.* » Ensuite, Madame Cousin entreprend de nous déranger. Est-ce qu'un sol plein d'eau est un sol plein de vie comme l'auteur de ces lignes ne cesse de le dire sur les plateaux télé ? « *Alors oui et non, Frédéric.* » Me voilà bien aidé. « *Ce qui va définir la capacité du système sol à interagir avec l'eau, c'est finalement l'arrangement des particules entre elles. Donc, selon qu'on se trouve dans un sol limoneux, argileux ou sableux, on va avoir une capacité différente de chaque horizon de sol à retenir une quantité plus ou moins importante d'eau.* » La structure du sol est donc plus importante que son contenu en matière organique. « *Pour que le réservoir se remplisse, il faut qu'il y ait des trous qui permettent à cette eau de s'infiltrer. Le sol est un bon réservoir dès lors qu'il est une bonne passoire, avec des trous de tailles différentes. Le sol, c'est une passoire de Shaddock !* » Il pleut, l'eau emplit la passoire mais n'y reste pas longtemps. La vie n'y est pour pas grand-chose. Bémol : « *en général, plus le sol a une activité biologique importante, plus il va y avoir des galeries qui vont permettre à l'eau de circuler, mais cela reste superficiel.* » C'est perturbant. « *Le fait qu'il y ait une passoire, des trous de tailles différentes n'a rien à voir avec la vie. C'est juste la porosité du sol. Et ce qui fait la porosité du sol, ce sont les particules telles qu'elles sont et telles qu'elles s'assemblent. C'est donc également les actions extérieures qui vont générer ou transformer cette porosité : l'activité de la faune à toutes les échelles, l'enracinement, le climat, le gel, tout cela va générer des fissures, et puis c'est aussi bien sûr les activités de l'homme, en particulier pour l'horizon de surface, l'agriculture.* » Soyons clairs : il faut des petits trous à la Gainsbourg pour retenir l'eau, et des gros trous pour qu'ensuite elle circule. En réalité, le sol est une plateforme logistique. L'eau y arrive, elle reste le temps de trouver son chemin, et puis elle part. Le sol n'est donc pas vraiment une éponge. C'est une plateforme, un hub. En conséquence de quoi, « *les pratiques agricoles que l'on va rechercher sont des pratiques qui vont permettre cette multiplicité de tailles, qui vont permettre à la fois que le réservoir existe, qu'on puisse aller capturer l'eau sur toute sa profondeur, et qu'il ne s'engorge pas.* »

De l'eau dans la roche

Benoît Louchard partage la définition d'Isabelle Cousin. L'eau, c'est le sol, pas la vie. La chambre d'agriculture Centre-Val-de-Loire expérimente, teste et enregistre depuis trente ans pour évaluer le réservoir utilisable en fonction des paramètres des sols. « *La macroporosité, l'hypo-porosité ce sont des éléments fondamentaux, auxquels on ajoute l'eau dans la roche-mère.* » Car il y a bien de l'eau dans la roche, d'ailleurs, autrement, les vignes n'iraient pas en zones sèches y insinuer leurs racines. « *Il y a en effet des roches qui elles aussi ont des capacités de rétention en eau. Elles peuvent relarguer l'eau qu'elles stockent dans la porosité du sol qui se trouve au-dessus d'elles.* » C'est alors que cette vidange génère des « remontées capillaires », et finalement, un remplissage par la roche, en sens inverse de la pluie. Ce webinar s'engage vers le bouleversement des idées reçues. Mais après tout, une nappe phréatique n'est pas plus un lac d'eau douce qu'un gisement de pétrole n'est une rivière d'hydrocarbures. Une nappe, c'est une roche pleine de failles et de trous où l'eau se cache. Alors la roche peut aussi avoir de l'eau disponible. « *On a fait des mesures pour exprimer la proportion d'eau que les cailloux peuvent apporter aux réservoirs utilisables,* » rebondit Isabelle Cousin. « *Ça peut peut-être vous étonner, mais ça peut être jusqu'à 60 % de la réserve en eau [d'une hauteur de sol] qui peut être contenue dans des cailloux !* » En particulier dans les calcaires très altérés. « *On a fait des travaux de modélisation avec Arvalis il y a quelques années,* » reprend Benoît Louchard, « *qui nous ont permis de montrer que si on ne tenait pas compte de l'eau qui était contenue dans les cailloux, eh bien on pouvait fortement surestimer les besoins en irrigation. On a donc tout à fait intérêt, quand on qualifie le réservoir en eau des horizons de sol, celui de la terre fine, de qualifier également la partie caillouteuse.* »



Crédit photo : Antoine Gutowski

Limites de succion, pression limite

Et sous la forêt, alors ? Noémie Pousse est la spécialiste des sols au sein de l'ONF. Des sols a priori tout mous, bien souples, épais et pleins d'eau vu que l'arbre, ça pompe, au moyen de racines qui vont profond. « *C'est pareil, on est attentifs à la porosité, on essaye de la dégrader le moins possible par le tassement des engins forestiers. Ce qui est différent est l'apport en eau : on n'a jamais d'irrigation en forêt, tous les apports se font par les précipitations et les remontées capillaires.* » Il est vrai qu'on n'a jamais vu une forêt arrosée. Par contre, on en a vu beaucoup gagner du terrain depuis un siècle et demi. « *La forêt colonise les terres qui ont été délaissées par l'agriculture, les terres les plus superficielles, les plus caillouteuses, les plus engorgées. Ce qui fait qu'on a beaucoup de contraintes de rétention en eau, il y en a soit trop, soit pas assez. Le rôle du forestier est alors de choisir l'essence la plus adaptée à ces contraintes pour essayer d'optimiser l'enracinement et donc la prospection de ce réservoir utilisable, notamment en tenant compte à des sécheresses de plus en plus fréquentes.* » Cependant on n'imaginait pas une forêt manquer d'eau, tant elle semble immuable. Les grands incendies de l'été 2022 nous ont remis les pieds sur terre : une forêt peut être

sèche comme de l'étope dès lors que le sol est devenu poussière. « *Au-delà d'une certaine succion, l'arbre ne peut plus aller chercher l'eau,* » explique Noémie Pousse. Les arbres qui s'y essaient risquent de casser, comme ce fut le cas durant la canicule de 2003 : à force d'aller chercher loin, la différence de pression entre le bout de la racine et l'extrémité de la plus haute feuille est telle que les vaisseaux se percent et que les branches cassent, comme un tuyau abîmé dans lequel on remet l'eau après des jours. Cependant, en général, au-delà d'une certaine pression, les arbres renoncent. Ils préfèrent abandonner leurs feuilles pour faire baisser la pression. « *Dans les argiles, il reste toujours pas mal d'eau, mais qui en période sèche n'est plus accessible aux racines. En fait aujourd'hui, avec le changement climatique, on a de plus en plus fréquemment en période estivale des sols où l'eau n'est plus accessible à la végétation. L'arbre réagit alors en fermant ses stomates, il va réguler, arrêter la photosynthèse et la transpiration. C'est là où effectivement la moindre étincelle peut faire partir un feu.* » L'eau, comme le pétrole : il n'y en a plus, en fait il y en a toujours, à un coût d'exploitation trop important.

Surtout ne pas flétrir

Même sous un sol sec, il y a de l'eau dans la roche. Même dans un sol tassé, il reste des pores bien ouverts. Benoît Louchard complète la définition proposée par Noémie Pousse : « *Dans les sols, il y a une partie du réservoir utilisable qui est, on va dire... facilement utilisable par la plante. Et puis il y a une autre partie, liée aux composantes du sol, qui ne va pas être utilisable par la plante. C'est justement pour éviter qu'il ne reste plus que cette partie-là que l'on apprend à piloter l'irrigation,* » afin de remplir le bon stock, sans déborder, et d'éviter le point fatidique en deçà duquel il n'y aura plus d'eau utilisable par la plante, qu'on appelle le point de flétrissement, dernière étape avant la mort de la plante. « *Le point de flétrissement est propre à chaque plante,* » tient à préciser Isabelle Cousin. « *Vous imaginez bien qu'une plante dans le désert a des niveaux de capacité de succion dix fois supérieurs à ceux d'une plante de grande culture. Au contraire, une plante qui vit dans un marais a une capacité à résister dix fois inférieure. Cette notion de sécheresse est en réalité très relative, puisqu'elle est dépendante de ce qu'on va mettre sur les sols, des plantes.* » Un peu aussi du type de sol. « *Dans un sol très argileux, le niveau d'eau est toujours le même, la pression avec laquelle l'eau est retenue est toujours la même. Au contraire, un sol sableux se draine très vite, donc il retient très peu d'eau, et puis ce qui est retenu est très facilement accessible à la plante, donc il va devenir très très sec plus vite que le sol argileux.* »



Crédit photo : Antoine Gutowski



Modéliser l'irrigation

Les plantes n'absorbent pas tout, surtout quand elles ne poussent pas. On le sait, pour les sols les pluies ne sont réellement efficaces qu'en automne ou en hiver, quand les plantes n'ont aucun besoin. L'eau peut alors imprégner, percoler jusqu'aux points de captage, dont s'occupe Bernard Laroche. « Il y a l'eau qui est retenue dans le sol et celle qui va transiter et alimenter finalement les masses d'eau en profondeur. Elle passe par les grands trous, les pores de plus gros diamètres. » L'eau s'infiltré par les petits pores, mais circule par les plus gros. Elle circule dans le sol dans une aire comparable à un bassin-versant : une aire de captage, c'est la surface sur laquelle la pluie finira en partie dans... un point de captage. « C'est difficile à modéliser, en définitive, le trajet de l'eau dans le sol. On peut le faire au niveau de sa verticalité, c'est-à-dire en connaissant les propriétés du sol, sa texture, sa profondeur, mais ensuite il y a des phénomènes hydrogéologiques difficiles à appréhender. » Pour Isabelle Cousin, il y a plein de choses qu'on ne maîtrise pas. « On peut imaginer modéliser le sol par le fait qu'on va s'intéresser à l'eau qui va circuler dans chacun de ses horizons, de l'un vers l'autre, des horizons qui sont autant de réservoirs. Bref, on peut tout à fait modéliser l'infiltration, l'évaporation, la percolation. C'est ce qu'on appelle un bilan hydrique, qui est un outil d'aide à la décision, » très utilisé par les agriculteurs pour paramétrer leur irrigation, ajoute Benoît Louchard. « On peut aussi avoir d'autres approches, plus déterministes, » reprend Isabelle Cousin, « où on va représenter les lois physiques qui décrivent la circulation de l'eau dans le sol, en tenant compte du ruissellement, de la nature du sol, des paramètres hydriques qui lui sont propres mais sont plus complexes à mesurer aussi bien sur le terrain qu'en laboratoire : on établit alors une courbe de rétention en eau, qui lie la quantité d'eau dans le sol avec l'énergie avec laquelle elle est retenue. » Le bilan hydrique est un modèle relativement simple en deux dimensions alors que la courbe est issue d'une représentation en volume, qui est toujours un objet de recherches tant les paramètres en jeu sont encore mal maîtrisés.

Savoir de combien d'eau on dispose est stratégique pour l'agriculteur. Les modèles ne permettent pas encore de lui dire le type de culture qu'il devra conduire demain en fonction de l'évolution climatique. « On ne peut faire que de la tactique », résume Benoît Louchard : « on peut lui dire, tu as telle culture, ta culture elle est dans cet état, est-ce que demain tu irrigues ou tu n'irrigues pas ? » L'irrigation, c'est comme les hormones, la bonne dose au bon moment, s'assurer que la plante ne risque pas de s'épuiser à aller chercher de l'eau qui serait trop peu disponible. « Le bilan hydrique repose sur une bonne connaissance des sols, de la météo sur la parcelle, des précipitations, les remontées capillaires également et puis il faut tenir compte du stade d'avancement de la plante, », ce qu'on appelle le coefficient cultural qui mesure les besoins métaboliques de la plante. Le bilan hydrique c'est en résumé les précipitations moins ce coefficient cultural multiplié par l'évapotranspiration. Benoît Louchard insiste sur le coefficient cultural. « L'irrigation est vraiment à calculer en fonction du besoin de la plante. Par exemple, le maïs », plante honnie par quiconque voit des rampes d'aspersion en plein été, « il y a pour toute plante des moments à ne pas rater, pour le maïs c'est en juillet, lorsqu'elle fleurit et fait ses grains, » alors qu'il n'y a parfois plus d'eau nulle part.

Évaporation versus transpiration

La chambre d'agriculture Centre-Val-de-Loire développe des outils d'aides à la décision qui, forts d'une trentaine d'années de bilans hydriques, essaient de « prévoir » l'évolution de la teneur en eau utilisable par la plante dans le sol afin d'en déduire le moment le plus opportun pour apporter une dose d'eau à la plante. « Prévoir un déficit pour savoir quand le combler, c'est ça l'irrigation. » La question est encore plus prégnante en ce qui concerne les forêts. « Le bilan hydrique est indispensable pour nous, les forestiers », explique Noémie Pousse, « mais il est encore plus compliqué à faire, car les données climatiques futures sont très incertaines alors que nous, on ne regarde pas à 3 jours, mais à 50 ans, et, autre problème, on a moins de données sur les sols qui varient en plus beaucoup en forêt et sont très caillouteux, » un dernier paramètre qui a son rôle sur la disponibilité de l'eau pour les arbres. En particulier pour les nouvelles essences que l'ONF teste afin d'adapter les peuplements au climat qui change. Implanter du cèdre à la place du Douglas dans les Vosges a l'air de se résumer à une question toute bête, est-ce que l'arbre venu du Maroc va résister aux quelques jours de gel qui s'abattent encore à l'est de la France ? « En fait, non, le premier critère que l'on regarde, c'est l'eau. Pour cela, on dispose d'outils d'aide à la décision qui s'appellent ClimEssences. Ils font la somme des déficits hydriques sur l'année, puisque le déficit hydrique augmente en intensité avec les changements climatiques, et augmente aussi en durée, c'est-à-dire qu'il apparaît plus tôt et disparaît plus tard. Donc on fait une sorte d'intégrale sur l'année pour avoir un indicateur du stress auquel va être soumise la plante. »

Ces super bilans hydriques sont également utilisés lors de l'analyse des dépérissements et pour imaginer quels itinéraires sylvicoles sont à envisager. Ils le sont pour modéliser l'impact sur l'hydrologie d'une forêt nouvelle, plantée ou en colonisation de friches agricoles. « Plus un peuplement forestier est dense, plus il transpire, et en même temps, plus son microclimat est favorable à l'eau : l'été la forêt va beaucoup transpirer, mais la température à l'intérieur du peuplement sera plus faible qu'à l'extérieur, et finalement, l'évapotranspiration sera plus faible. À l'inverse, avec un peuplement peu dense, il y a moins de transpiration,



Association Française
pour l'étude du sol



par contre la strate herbacée va en proportion transpirer beaucoup, ce qui entraîne une compétition entre les herbacées et les ligneux, et de toute façon avec un peuplement moins dense, le microclimat forestier tamponne moins la température ; il fera donc plus chaud à l'intérieur de la forêt que si celle-ci était plus dense. » La balance va entre évaporation et transpiration, elle est en général plus favorable dans les massifs bien épais. Avec une coupe à blanc, cette ambiance forestière disparaît. En plus de déstocker du carbone, elle entraîne une perte d'eau. « Il va y avoir deux effets. Quand on coupe à blanc, on coupe la pompe, il peut alors y avoir une remontée de nappe. On a aussi une augmentation de l'évaporation du sol, mais dans le même temps on a une chute de la transpiration ! Le bilan entre les deux n'est en vérité pas toujours en défaveur de la coupe rase... »

Et l'arbre dit paysan, celui qu'on plante entre les parcelles ? C'est à la mode, mais les agriculteurs renâclent. Ils craignent une concurrence pour l'eau et le soleil, au détriment de leurs cultures et de leurs pâtures. « Ce n'est pas tout à fait clair, » reconnaît Noémie Pousse. « Il y a ce fameux microclimat forestier qui va maintenir une température plus basse en période estivale. Il y a aussi la couverture du sol par la culture ou la paille qui va éviter la surchauffe du sol, donc l'évaporation. Par contre, l'arbre transpire, plus que l'herbe ou la culture. Mais l'enracinement de l'arbre est aussi plus profond. Le prélèvement d'eau est donc réparti sur un plus gros volume de sols, d'autant que l'arbre est capable de faire ce qu'on appelle l'ascenseur hydraulique, d'aller prélever dans les couches profondes et de redistribuer ça en surface. » Bref, l'agroforesterie ne semble pas être un ennemi de l'abreuvement des cultures.

Il n'est pas besoin de creuser loin pour puiser la conclusion : pour garder l'eau dans le sol, il faut ménager ses trous. Ne surtout pas tasser, labourer un peu en surface, cultiver sur l'année des variétés d'enracinement différents, à des moments différents. Un peu de matière organique ne peut pas faire de mal, bien qu'il ne faille pas en faire une question existentielle. Beaucoup de modélisations ne sauraient nuire, car en définitive, la plante est le jouet chahuté par l'évaporation, la transpiration et l'aspiration.

Par Frédéric Denhez,



Un évènement co-organisé par :

Plus d'infos : <https://www.afes.fr>

Association Française pour l'étude du sol | GisSol | RNEST | Sols & Territoires

Avec le soutien de :

Logo of République Française | ARSEH | République Française | Ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation | Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire | Région Centre Val de Loire | Chambres d'Agriculture | INRAE | Orléans Métropole | Université de Tours | Université d'Orléans | OFB | Jardin Bio etc

En partenariat avec les acteurs du territoire région Centre-Val de Loire mobilisés pour préserver les sols.