

Principes techniques et chiffres du drainage agricole De la tuyautique à l'hydro-diplomatie

Le drainage est un élément incontournable de l'agriculture dans les territoires hydromorphes, où drains, fossés, canaux, etc. permettent d'évacuer l'eau en excès, améliorant ainsi les qualités du sol. Dans cet article qui fait le point sur l'état de l'art du drainage agricole en France et en Europe, l'auteur montre une évolution de l'ingénierie type génie rural vers une ingénierie de la remédiation, faisant de plus en plus appel aux disciplines du génie écologique et du dialogue territorial.

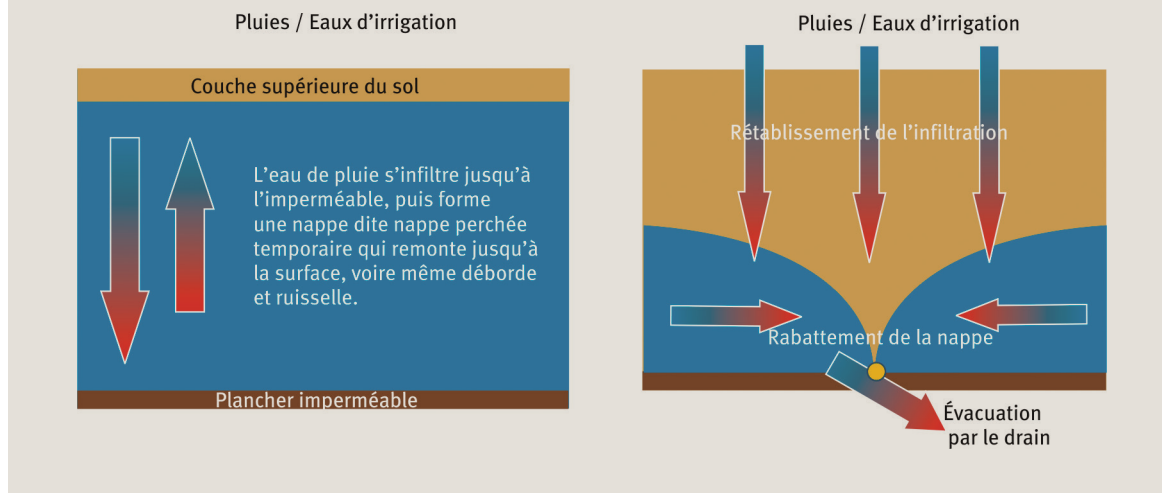
Le drainage agricole est une technique ancestrale. En effet, les premiers écrits relatifs à cette technique sont de Columelle, qui au premier siècle de notre ère détaille la construction des fossés et drains en pierre. Elle est plus connue en France comme technique de gestion de l'eau en excès. C'est aussi une technique de gestion des sels en excès dans les systèmes irrigués, où le drainage est un élément clé dans la durabilité du système. La civilisation sumérienne a disparu pour l'avoir oublié.

Dans cet article, nous nous intéresserons aux ouvrages de gestion de l'eau en excès. Les formes les plus simples relèvent du drainage de surface, rigoles, ados (façon de labourer en planches bombées d'une dizaine de mètres de large) et les plus performantes font appel à des ouvrages plus profonds : fossés, drains enterrés. Il y a aussi des drains verticaux, plutôt utilisés en Europe centrale. Nous ne traiterons que du drainage profond par tuyaux enterrés, ou drainage souterrain qui est pratiquement la seule modalité en néo installation. Nous décrirons les méthodes de conception et en discuterons les limites. Nous verrons les réalisations en France et en Europe, ferons un résumé de l'état de l'art et brosserons les perspectives du drainage agricole après avoir évoqué les techniques de réalisation ou de remédiation qui seront développées dans d'autres articles de ce numéro.

Préambule : les formes d'excès d'eau

Le dimensionnement du drainage est basé en France sur le fonctionnement hydraulique d'un sol drainé, dont la compréhension est souvent facilitée par une comparaison avec le fonctionnement d'un sol sain. Des sols sains existent en France tels qu'on peut en trouver en milieu calcaire comme en Picardie, en Brie, en Beauce et dans le Bassin aquitain. L'eau s'infiltre et migre en profondeur à travers les pores du sol, sans rencontrer d'obstacle, et va directement des horizons supérieurs aux niveaux inférieurs, en général constitutifs de la couche porteuse d'une nappe. Par contraste avec les sols sains, on trouve des sols engorgés pour la plupart à cause d'une nappe perchée temporaire. À la différence d'un sol sain, ces sols présentent entre 60 cm et 1 m une discontinuité texturale limon sur argile constitutive d'un plancher dit imperméable. L'eau de pluie s'infiltre jusqu'à l'imperméable, puis forme une nappe dite nappe perchée temporaire (NPT) qui remonte jusqu'à la surface, voire même déborde et ruisselle. Le plancher imperméable résulte généralement d'un processus connu des pédologues appelé lessivage, produit par l'entraînement mécanique des particules argileuses sous l'influence répétée de la pluie infiltrée au sein de sédiments loessiques ou de profil d'altération limono-argileux.

- ❶ Représentation schématique d'une nappe perchée temporaire en situation non drainée (à gauche) et drainée par tuyaux enterrés (à droite). Le plancher imperméable (en marron) se situe en général entre 40 cm et 1 m de profondeur et les drains sont aux environs de 80 cm de profondeur.



La position de la surface de la nappe (figure ❶) fluctue en fonction des précipitations, des prélèvements par évaporation et sous l'influence de son tarissement naturel vers un exutoire en général distant. Proche de la surface de la fin de l'hiver au milieu du printemps, elle gêne le développement des cultures (asphyxie racinaire), les pratiques culturales et/ou les apports d'intrants. On dit que le sol souffre d'excès d'eau, ce que l'on contrecarre en utilisant des techniques de drainage : drainage de surface (rigoles, ados) ou drainage par fossés (principalement drainage forestier) ou encore par tuyaux perforés, enterrés, que l'on appelle drains.

En présence de NPT, l'agriculture est possible au prix d'une production faible et aléatoire, de dangers sur la qualité des sols (tassements dus au trafic en mauvaises conditions de portance, érosion) de risques environnementaux liés au ruissellement et à une mauvaise maîtrise des apports azotés. Le drainage agricole permet de contrôler la position de la nappe. Ainsi, après un épisode pluvieux, le niveau de la nappe baisse rapidement, ce qui permet de favoriser le développement des racines, et donc des cultures, augmenter le nombre de jours disponibles pour le travail du sol, ajuster les apports d'intrants, contrôler les impacts. Ici l'origine de l'excès d'eau est la pluie et cette situation correspond à la très grande majorité des situations drainées en France.

Il existe une autre forme d'excès d'eau que les agriculteurs sont amenés à gérer : l'excès d'eau quasi permanent lié à une nappe d'accompagnement de cours d'eau de taille variable – du ruisseau au fleuve – et généralement contrôlé par l'aval (rétrécissement du lit, position du niveau de la mer). La nappe fluctue sous l'influence des précipitations, des apports latéraux des versants, de la nappe phréatique, de l'efficacité des infrastructures hydrauliques souvent pluri-centennaires. Les situations sont assez contrastées depuis la zone humide de bas fond, de prairies humides dont on peut penser que l'intérêt écologique prime jusqu'au système fortement

anthropisé de polders où les usages sont multiples. Il se trouve aussi que les zones à excès d'eau permanent sont soumises à différents cadres réglementaires et le génie juridique est une composante importante sinon essentielle de l'ingénierie du drainage.

Dimensionnement du drainage

Le drainage recouvre plusieurs acceptions :

- un processus de transfert de l'eau, qui se raisonne à l'échelle du profil de sol ou du bassin versant,
- un ouvrage d'évacuation de l'eau en excès, qui concerne la parcelle ou un système de parcelles ou d'exutoires,
- un aménagement hydroagricole, qui s'insère dans un périmètre ou une région et s'apparente à l'assainissement agricole.

Il inclut aussi deux aspects complémentaires : le rôle de collecte de l'eau au sein du massif de sol (drainage *sensu stricto*) et celui de transport de l'eau collectée en dehors du massif du sol (assainissement agricole). Cette dualité est propre à tout système de drainage et induit parfois des confusions.

Nous nous intéressons ici au drainage en tant qu'ouvrage d'évacuation de l'eau en excès. Le dimensionnement du drainage vise dans ce cas à déterminer l'espacement des drains (fonction collecte) et le diamètre des conduits (fonction transport). La détermination de l'écartement des drains requiert une connaissance des écoulements au sein d'un sol drainé.

La figure ❷ montre que le débit du drain résulte de deux écoulements l'un préférentiel au-dessus du drain (5) et l'autre dans la masse du sol (4). Le premier est à l'origine des débits élevés au cours d'épisodes de pointe intenses, mais brefs, pour une durée cumulée de quelques heures par an et une présence d'eau en surface tout aussi fugace et pas nécessairement en lien avec la position de la nappe.

► Le dimensionnement ne prend pas en compte les écoulements préférentiels (5) pour des raisons agronomiques, car des plantes ne sont pas sensibles à une présence aussi faible de la nappe, mais aussi économiques, car la prise en compte d'un débit plus élevé génère un surcoût qui n'a aucune raison d'être.

Les écoulements au-dessous de l'imperméable (6) étant négligeables, même s'il peut y avoir des nuances régionales (Zimmer, 1991), l'évaporation (3) étant faible en période de fonctionnement de drainage, le dimensionnement du drainage se fait finalement en considération de l'écoulement de la nappe perchée (4). Cet écoulement et les fluctuations correspondantes de la nappe sont bien reproduits par un modèle d'écoulement en régime transitoire dans un milieu poreux saturé. Ce modèle, mis au point dans les années 1970 et 1980 par Guyon (par exemple : Guyon, 1981) et Cros, et bien consolidé par les successeurs, (par exemple : Lesaffre, 1989), est paramétré par les caractéristiques hydrodynamiques des sols (Bouye, 1983) et des descripteurs du rabattement de la nappe (position initiale de la nappe, position finale et temps de tarissement) que l'on met en relation de façon semi-empirique aux besoins des cultures ou de l'agriculteur. On impose en général un rabattement de la nappe de 25 cm en 24 heures. La figure 2, par simplification, montre un drain reposant sur l'imperméable. Les approches théoriques sont valides pour des drains posés au-dessus du substrat. Si le drain est dans l'imperméable, le sommet de l'imperméable est la limite hydraulique pour le calcul des dimensions ; dans ce cas, il y a une hypothèse implicite que la connexion hydraulique entre le sommet de l'imperméable et le drain, due au travail du sol de la draineuse au moment de la pose du tuyau, est

suffisante et pérenne. Ceci a été confirmé par les retours d'expériences organisés dans le cadre des secteurs de références, avec toutefois de fortes restrictions dans les sols argileux plastiques ou gonflants et pour lesquels l'avis d'un pédologue spécialisé est requis¹.

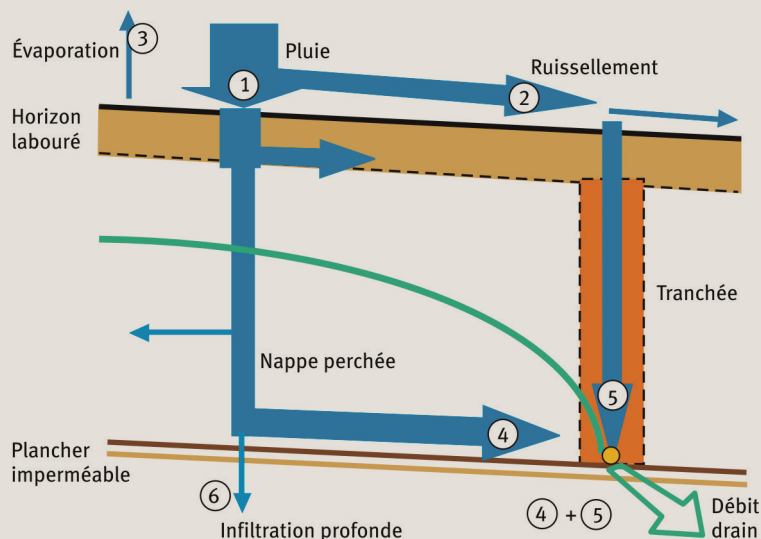
Les paramètres de dimensionnement une fois établis, le diamètre des conduits est calculé et les systèmes de drainage sont dessinés de manière à avoir une couverture minimale de 75 cm en tout point du réseau et en respectant des pentes minimales de 0,5 % et 0,2 % pour les drains et les collecteurs, respectivement. La composition des pentes minimales et des longueurs de files de drains résulte de conduites relativement profondes et qui se rejettent entre 1 m et 1,5 m de profondeur dans les fossés récepteurs, ce qui en conditionne la géométrie et leur donne une capacité hydraulique souvent supérieure à celle strictement requise pour évacuer le débit de projet. Cette caractéristique des fossés modifie les écoulements dans le bassin versant, qu'il convient de compenser.

Le dimensionnement des conduits et des exutoires se fait avec des considérations plutôt hydrologiques. En effet, le dimensionnement des ouvrages en aval, à travers les villages, villes et jusqu'à la mer se fait en régime permanent avec des paramètres de risque de plus en plus sévères à mesure que l'on va vers l'aval (annuel, décennal, centennal). En pratique, le passage du régime transitoire

1. C'est justement pour accéder à moindre coût à ses paramètres hydrodynamiques que l'on a mis en place les secteurs de références dans les années 1980, avec pour objectif de caractériser à l'échelle de la petite région agricole la majorité des sols susceptibles d'être drainés. On y a aussi acquis des références sur le fonctionnement des installations préexistantes.

2 Schéma d'écoulement de l'eau vers le drain dans un sol drainé par tuyau enterré.

La pluie incidente (1) pour partie s'évapore (3), pour une autre partie ruisselle (2) soit à la surface du sol ou dans l'horizon labouré, et pour une troisième partie s'infiltré pour former une nappe perchée sur l'imperméable. La part ruisselée peut elle-même transiter préférentiellement au droit du drain via la tranchée (5) (ou via le prisme de fissuration) créée par la machine à drainer au moment de la pose du drain. La partie infiltrée rejoint soit les aquifères profonds, car les perméables ne le sont jamais totalement (6) soit forme une nappe qui s'écoule vers le drain au rythme des précipitations (4) (Lesaffre 1989).



1 Paramètres de dimensionnement du drainage dans différents pays européens.

Pays	Calcul écartement des drains	Capacité de transport des tuyaux
France	Régime transitoire : de 1 à 5 jours de rabattement de 0,2 à 0,45 cm après la pluie. Écartement 8 à 30 m.	Débit de projet de 1 à 2 l/s/ha (jusqu'à 5 l/s/ha en montagne). Tuyaux trois quart pleins.
Allemagne	Régime permanent : profondeur d'équilibre de la nappe 0,6 m.	Débit de projet de 0,8 à 2 l/s/ha. Écoulement à section pleine.
Irlande	Régime permanent : profondeur d'équilibre de la nappe de 0,4 à 0,6 m. Jusqu'à 50 m d'écartement.	Débit de projet de 1,2 à 1,7 l/s/ha.
Pays-Bas	Régime permanent : profondeur d'équilibre de la nappe de 0,3 à 0,5 m (jusqu'à 0,7 m pour certaines cultures sensibles).	Débit de projet de 0,8 à 1,2 l/s/ha (jusqu'à 3,5 l/s/ha pour les cultures sensibles). Écoulement à section pleine et partiellement en charge.

au régime permanent se fait dans les collecteurs. L'état de l'art prévoit un paramètre de risque peu sévère, en l'occurrence l'intensité moyenne journalière de la pluie annuelle de trois jours (Ministère de l'Agriculture, 1986 ; Lesaffre, 1990), qui peut être déterminée sur des analyses statistiques des pluies (Ministère de l'Agriculture, 1979). C'est elle qui permet de déterminer le débit de projet, à savoir un débit spécifique dont les valeurs en France couvrent des valeurs de 1 à 2 l s⁻¹ ha⁻¹ avec des maximales de l'ordre 5 l s⁻¹ ha⁻¹ en montagne. Le calcul du diamètre du collecteur se fait par la formule de Manning Strickler pour une section juste pleine si raccordement par la génératrice supérieure (trois-quart pleine sinon). En tête de bassin versant, les fossés sont dimensionnés sur la base d'un débit annuel.

À noter que l'écoulement dans le drain est en régime graduellement varié du fait que la superficie drainée, et donc le débit collecté, augmente vers l'aval (Cros, 1973). On atteint un point dit de longueur maximale du drain quand le débit collecté est supérieur à la capacité de transport pour le diamètre donné quand le tirant d'eau critique est atteint. Au-delà de ce point, on change de diamètre de tuyau pour la dimension supérieure, ou on raccorde sur un collecteur si la dimension supérieure est déjà atteinte². Les longueurs maximales sont généralement comprises entre 100 et 400 m.

Ces règles sont décrites depuis les années 1970. Nous n'avons pas retrouvé trace des méthodes en vigueur auparavant. Nous avons été amenés à ausculter des réseaux anciens, certains posés au dix-huitième siècle, et avons constaté que la conception et le dessin étaient voisins de ce que l'on aurait fait aujourd'hui. Certains réseaux étaient encore fonctionnels, y compris parmi les plus anciens. Ceux qui ne l'étaient plus étaient mal conçus ou mal réalisés (sous profondeurs, contrepentes,

tuyaux cassés ou disjoints, mauvais raccordements...). Pour les réalisations récentes, nous avons un recul et une expertise sur une cinquantaine d'années, qui nous permettent d'affirmer qu'un drainage bien conçu et réalisé est un ouvrage durable.

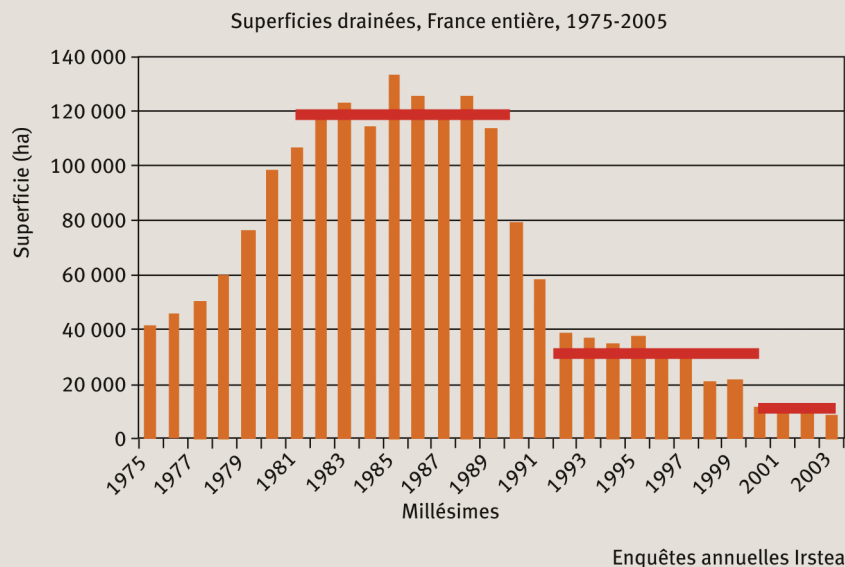
Comme l'indique le tableau 1, les méthodes de dimensionnement varient d'un pays à l'autre, avec des valeurs de débit de projet comprises entre 0,8 et 3,5 l s⁻¹ ha⁻¹. Les valeurs des écartements de drains varient également. Les plus élevées concernent les pays anglo-saxons où l'on a privilégié le drainage par des « french drains », appellation abusive de drains où l'on a remplacé le remblai naturel de la tranchée par du gravier. L'explication est plutôt d'ordre financier : les Anglais ont considéré qu'un ouvrage collectif était un collecteur gravillonné tous les 50 à 75 mètres, qu'ils finançaient lourdement, laissant aux agriculteurs la charge d'amener l'eau à ces systèmes gravillonnés. C'est ainsi que les agriculteurs ont développé les techniques de drainage-taupe³ dont on ne connaît pas l'état après quarante ans d'usage. On peut noter que le recours à un régime variable est une spécificité française. Les autres pays européens ont recours à une méthode en régime permanent qui recherche une position d'équilibre de la nappe sous une pluie fictive constante. Ce modèle est plutôt adapté aux pays où les nappes permanentes sont bien développées (typiquement les Pays-Bas) ou bien ceux dont les climats humides sont bien reproduits par l'hypothèse de pluie constante. À partir de ces éléments, de l'analyse des contraintes (risque de colmatage minéral (Lennoz Gratin, 1993), sols gonflants, topographie) le concepteur dessine le projet, positionne les collecteurs, organise les panneaux⁴ de drains, détermine les écartements de drains, les dimensions des drains et des collecteurs, vérifie les profondeurs et établit les plans d'exécution.

2. Les dimensions drains sont normalisées soit DN 44/20 et DN 58/65 au-delà (à partir de DN 72/80), les dimensions sont celles des collecteurs (les drains sont des tuyaux annelés et leurs dimensions sont données par le diamètre interne/diamètre externe en mm).

3. Technique associée au drainage, consistant en la création de galeries moulées dans un sol plastique suffisamment stable et débouchant dans un fossé ou une tranchée drainante très perméable.

4. Un panneau de drain est l'ensemble des drains qui ont le même écartement, la même nature des tuyaux, la même pente moyenne et se rejettent sur un même collecteur.

③ Superficie (ha) drainées annuellement de 1975 à 2005, établies par Irstea (Zimmer, Dumitriu) sur les déclarations des entreprises de drainage adhérentes au Syndicat national des entreprises de drainage, les coopératives d'utilisation de matériel agricole (CUMA de drainage) en lien avec les Chambres départementales d'agriculture, le recoupement avec les financements du ministère de l'Agriculture, les données du Syndicat national des fabricants de drains annelés. Ces statistiques jusqu'alors supportées par le ministère de l'Agriculture, se sont arrêtées en 2005, le taux de réponse aux enquêtes étant devenu trop faible. Le cumul entre 1975 et 2000 est de 2 016 501 ha, mais cette valeur n'est pas directement comparable à celle du RGA de 2000 car nous n'avons pas le cumul en 1975.



Une fois conçus, les drains sont posés par des draineuses trancheuses ou des draineuses sous-soleuses, toutes deux guidées pas un faisceau laser. Un cahier des clauses techniques générales des travaux d'assainissement donne un encadrement technique à ces travaux (Ministère de l'Agriculture, 1986). Il existe une marque AFNOR « drain »⁵ et il est recommandé d'utiliser des tuyaux normalisés, car le bond qualitatif est certain. Les matériaux d'enrobage des drains doivent être en conformité avec les normes géotextiles en vigueur⁶.

Réalisations en France et en Europe

Le drainage en France

Le drainage agricole par tuyaux enterrés est peu visible et difficile à détecter ; il fonctionne, sauf exception, sans énergie et il n'y a pas pour l'instant d'autres méthodes que celles basées sur des déclarations des agriculteurs ou des partenaires de la filière. En France, nous avons à disposition les statistiques annuelles établies de 1975 à 2005, les Recensements généraux de l'agriculture (RGA, et plus particulièrement ceux de 2000 et 2010) et les dossiers loi sur l'eau.

La figure ③ montre une progression du drainage dans les années 1975 jusqu'à un palier d'environ⁷ 120 000 ha an⁻¹, qui dure une dizaine d'années. Un deuxième palier s'observe au début des années 1990 entre 35 000 et 40 000 ha an⁻¹ traduisant une diminution nette de l'activité attribuée aux incertitudes liées à la mise en œuvre de la Politique agricole commune, et peut être celle de la loi sur l'eau. Il est notoire que ce phénomène a frappé d'autres domaines du secteur agricole (machinisme, bâtiment). Dans les années 2000, le rythme tourne autour de 10 000 ha an⁻¹. Ces statistiques annuelles ne sont plus réactualisées.

Le Recensement général agricole permet de comparer (figure ④) des superficies drainées entre 2000 et 2010, et fait apparaître une diminution des superficies drainées (en nuances de vert sur la carte) dans certains cantons pour une valeur cumulée sur tout le territoire de 230 000 ha. Cela suppose qu'il y ait eu des opérations de destruction ou des dysfonctionnements en nombre important. Or à l'époque de la collecte des données, les opérations de destructions de drainage n'existaient pas, et nous n'avons pas eu de retour sur des dysfonctionnements en si grand nombre et sur une si grande étendue.

5. NF U 51-101.

6. La norme NF G 38-060 de 2017 remplace et annule la précédente de 1993. Le drainage agricole est explicitement exclu de la nouvelle norme. Il y a un impact sur la mouillabilité des enrobages, la précédente norme NF 38-020 étant discriminante aux charges nulles alors que la nouvelle norme, instaurant un essai avec une charge de 1 m n'est plus discriminante (source orale, maîtres d'œuvre de drainage en Hauts de France). Les maîtres d'œuvre sont invités à appliquer l'ancienne norme ou à trouver un palliatif (par exemple : test à la pissette).

7. D'après le SNED (de mémoire de l'auteur, la référence originelle étant perdue correspondrait à la capacité maximale à mobiliser les financements accompagnant le drainage : subventions, prêts à taux bonifiés).

L'explication de cette diminution peut être toute autre. Entre les deux RGA, le libellé de la variable a changé de « superficie drainée » à « superficie drainée encore fonctionnelle ». Nous pensons que les agriculteurs ont répondu de façon erronée, vraisemblablement par volonté de rendre encore moins visibles des travaux de drainage déjà très... souterrains ou, par ignorance suite, par exemple, à des mutations foncières. Les augmentations de superficies drainées (en nuances de bordeaux sur la carte), qui représentent un peu plus de 290 000 ha, ont plus de sens, car nous sommes encore dans un processus d'augmentation des superficies drainées et nous ne voyons pas de logique à ce qu'un agriculteur déclare une superficie comme drainée, alors qu'elle ne l'est pas. On peut donc affirmer qu'à minima, cette carte donne à l'échelle des cantons une représentation de la dynamique des réalisations de drainage entre 2000 et 2010. Également, la différence des superficies drainées de 62 345 ha entre les deux dates à l'échelle du territoire ne représente pas la variation entre les deux dates. C'est ce qu'indique le rapport Irstea publié en 2015 pour le compte du ministère de l'Agriculture. Ce même rapport suggère le retour pour les futures éditions du RGA à la variable « drainage » du RGA de 2000, cette variable étant moins ambiguë et permettant de rétablir des comparaisons fiables.

De ce qui précède et des cumuls des valeurs fournies par le RGA, il ressort que la superficie drainée est supérieure aux 2 861 720 ha dûment recensés en 2010 ; elle s'établirait à un peu plus de 3 000 000 ha⁸, soit 10 % de la SAU (surface agricole utile) ou 20 % de la sole céréalière. On peut estimer que l'accroissement annuel sur la période serait de l'ordre de 20 000 ha an⁻¹, avec de fortes variations interannuelles.

Qu'en est-il de la situation du drainage en Europe ?

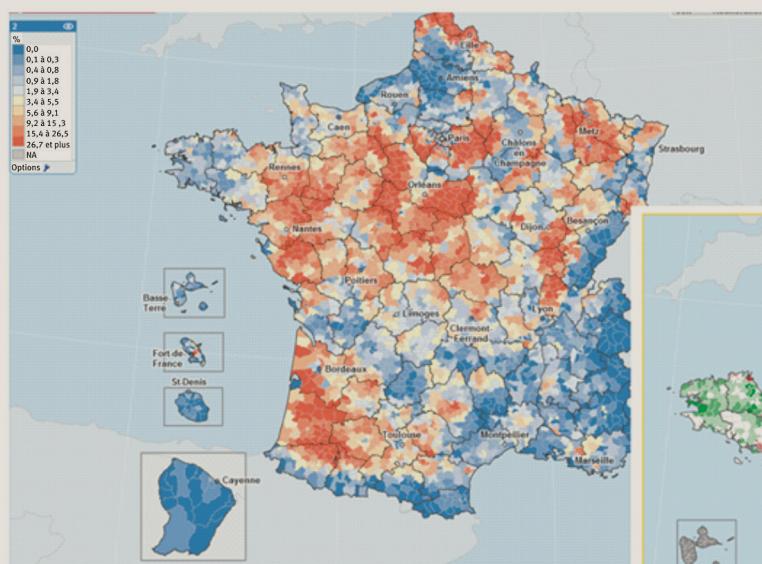
La figure 5 montre que plus on remonte vers le nord, plus la part de SAU de superficies drainées augmente. En Angleterre, le taux élevé de réalisation est le résultat d'une politique volontariste et d'un choix technologique. Dans les pays baltes et scandinaves, la faible superficie arable et le faible nombre de jours favorable aux cultures font que les terres doivent se ressuyer au plus vite après le dégel. Les ingénieurs recourent à des techniques sophistiquées pour drainer des tourbières ou des sols sulfatés acides, car chaque hectare compte dans la balance alimentaire. Les cadres réglementaires et les accompagnements financiers ne sont pas comparables non plus.

8. Ces estimations ne tiennent pas des installations hors cadre réglementaires.

4 Superficies drainées en France en % de la superficie agricole utile (SAU) par canton.

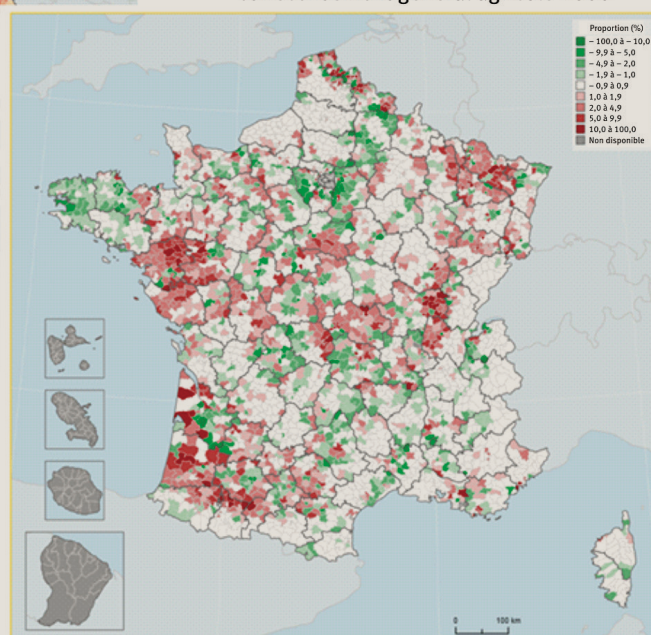
À gauche en haut : superficie drainée en part de la SAU par canton (ha ha⁻¹) ; RGA de 2010.

À droite : évolution des SAU du RGA 2000 au RGA 2010, en part de la superficie drainée en 2010, à l'échelle du canton (ha ha⁻¹).

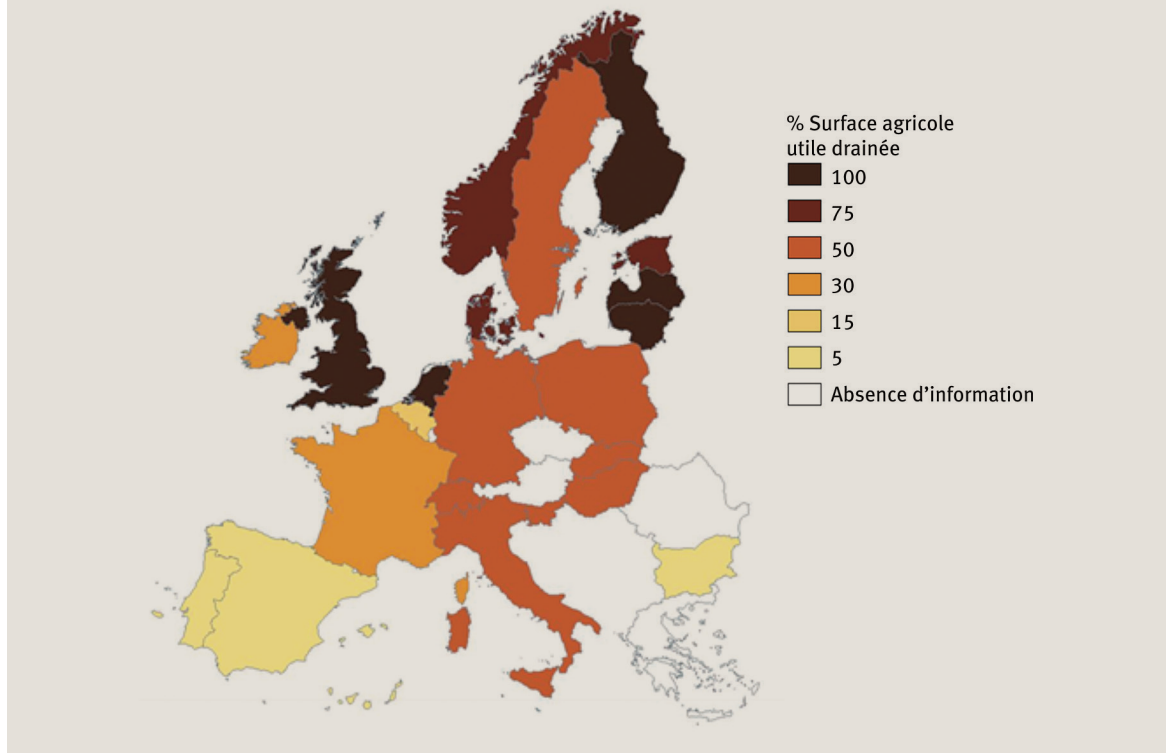


Superficie drainée en part de la surface agricole utile
3 millions d'hectares drainés
10 % de la surface agricole utile
20 % des superficies en grande culture

Évolution de la superficie drainée entre Recensement général agricole 2010 et Recensement général agricole 2000



⑤ Superficies drainées en Europe en % de la SAU. Cette statistique résulte du croisement de différences sources : les déclarations des États membres de l'ICID (International Commission on Irrigation and Drainage) ; la base de données FAO ; la base de données de la Banque mondiale (extrait de ICID international drainage database : <https://www.icid.org/world-drained-area.pdf>).



Bien que cela n'apparaisse pas dans les cartes, nos partenaires européens considèrent que le drainage est un outil de gestion de l'eau et des sols d'un point de vue quantitatif et qualitatif, car il permet à la fois une gestion parcimonieuse des intrants, et des actions de régulation à l'aval par le simple fait qu'il transforme une pollution diffuse en pollution ponctuelle.

Une ingénierie en évolution

Une opération de drainage agricole est une opération complexe et multidisciplinaire. Le concepteur doit réaliser ou faire exécuter des études topographique, pédologique et hydrologique détaillées. Il faut aussi intégrer des données agronomiques et semi-naturalistes pour dimensionner des systèmes de drainage et, *in fine*, traduire l'ensemble dans des plans cohérents. Cet état de l'art assez ancien ne nécessite pas d'évolution sensible, car il est adapté aux situations françaises et tient compte de technologies avancées : par exemple, le guidage laser des draineuses est de pratique courante depuis une vingtaine d'années et permet d'atteindre une précision centimétrique. Si les règles de l'art sont respectées, il y a très peu de retours en service après-vente et les ouvrages sont durables. La jurisprudence en a fait des immeubles transmissibles qui ont une valeur patrimoniale, et même pour les plus anciens systèmes, une valeur historique. Un point toutefois mériterait vérification ; en effet, les débits de projets sont issus d'une étude statistique de pluies classées datant de... 1979. Depuis, quarante années se

sont écoulées et il conviendrait de vérifier si le classement des pluies est toujours d'actualité. Un projet est prévu en 2020.

Il y a donc peu de choses à faire sur ce que l'on appelle la « tuyautique » car l'état de l'art a été correctement établi dès les années 1990. Le concepteur doit maintenant prendre en compte le cadre réglementaire dont l'application est complexe, car sujet à interprétation et à une jurisprudence évolutive. Il doit aussi appréhender l'impact de ses ouvrages avec à la clé des dossiers « loi sur l'eau » assez épais. Ces points de réglementation sont traités dans l'article de B. Dury (pages 42-47 de ce numéro).

Enfin, sur le plan de la qualité de l'eau en sortie de collecteur, le concepteur doit être capable de proposer des ouvrages de remédiation adaptés (encadré ①) et correctement dimensionnés, tout en encourageant une utilisation vertueuse des intrants.

La remédiation, telle que majoritairement effectuée en France et basée sur des fondations fondées sur la nature, ne concerne que les installations récentes (Tournebize *et al.*, pages 32-41 de ce numéro). Les trois millions d'hectares drainés en France pourraient être équipés d'ouvrages de remédiation avec un impact potentiel bénéfique sur la qualité des eaux de surface. Pour atteindre cet objectif, pour un ratio moyen de superficie en zone tampon humide artificielle (ZTHA) par superficie drainée de 2%, il faudrait créer environ 60 000 ZTHA, soit l'équivalent de un à deux ans de pertes de terres par imperméabilisation. C'est un objectif atteignable par une politique raisonnée de la gestion de l'eau dans les territoires.

Conclusions

En France, on draine parce qu'il pleut et que les sols sont peu perméables ou présentent un plancher imperméable. C'est un élément incontournable de l'agriculture dans les territoires hydromorphes, où le drainage amène le sol au potentiel de rendement d'un sol sain. Un drainage bien conçu, réalisé et entretenu est un ouvrage durable, pluri-décennal, voire même pluri-centennal. C'est un immeuble et on peut lui attribuer une valeur patrimoniale et transgénérationnelle. Par son rôle anti érosif, c'est un outil de préservation des sols.

Nous avons suggéré, et ce sera repris dans le reste du numéro, que le drainage amène une redistribution des bilans hydrique, de solutés, de particules. Nos voisins l'ont bien compris : le drainage est un outil de gestion de l'eau. Il faut faire force de sa capacité à transformer une pollution diffuse en une pollution ponctuelle pour reprendre l'effluent à moindre coût et en améliorer la qualité. Ceci nous fait écrire que l'innovation en drainage n'est pas tant sur la technologie que sur l'optimisation des dispositifs de remédiation et leur implantation concertée dans un territoire *via* des outils de dialogue territorial, de l'hydro-diplomatie en quelque sorte. Certains ouvrages de remédiation, comme les bioréacteurs nécessitent validation dans le contexte national. D'autres comme le drainage contrôlé ont toutes les infrastructures utiles pour être appliqués dans les 250 000 hectares de polders français. Cette remarque vaut pour d'autres pays européens. D'autres enfin, les ZTHA, ont prouvé leur performance (Tournebize *et al.*, pages 32-41 de ce numéro), au point que leur généralisation aux trois millions d'hectares drainés pourrait devenir un défi atteignable d'aménagement : vaut-il mieux 60 000 hectares de ZTHA ou l'équivalent de deux années de superficies imperméabilisées ? ■

1 DES OUVRAGES DE REMÉDIATION ADAPTÉS AU CONTEXTE

- Nappes perchées temporaires : le recours aux zones tampons humides artificielles, soit « collectives » en plein champ, soit « individuelles » dans la zone enherbée ou sur le parcours d'un collecteur est recommandée. Une autre modalité, non appliquée en France, mais performante (au moins sur le paramètre nitrate) est utilisée en Amérique du Nord et doit être validée : le bioréacteur.
- Nappes quasi permanentes : le drainage contrôlé est adapté à ces situations et notamment aux 250 000 hectares de polders français. Il consiste à maintenir le niveau de la nappe à un niveau élevé à certaines périodes de l'année, à le baisser par exemple pour accéder au champ et à le maintenir en position intermédiaire, pendant l'été, pour satisfaire aux besoins hydriques de la plante. Pendant les périodes de nappe haute, l'eau est stockée dans le sol et les processus microbiologiques se mettent en œuvre pour abattre les nitrates et dans l'état actuel des connaissances, certains pesticides. La pratique est courante dans certains États d'Amérique du Nord. Elle ne l'est pas en France, ni en Hollande, ni en Belgique. Pourtant toute l'infrastructure est disponible ; ce n'est qu'une question de gestion d'ouvrages.
- Surcapacité hydraulique de certains exutoires : ce concept de ralentissement dynamique (Tournebize *et al.*, pages 32-41 de ce numéro) a pour objectif de maximiser les potentialités de ralentissement et de rétention temporaire présentes dans le versant, dans les réseaux de fossés, le réseau hydrographique, la plaine d'inondation.

L'auteur

Bernard VINCENT

Université Paris-Saclay, INRAE,
UR HYCAR, F-92160, Antony,
France

bernard.vincent@inrae.fr

EN SAVOIR PLUS...

- **BOUYE, J.-M., OESTRE, T., LESAFFRE, B.**, 1983, *Le pompage d'essai appliqué au dimensionnement du drainage agricole – Mode opératoire, dépouillement, interprétation, matériel*, Études du CEMAGREF, n° 497-498, 60 p.
- **CROS, P., ALARD, J.**, 1973, Coefficients d'écoulement à surface libre dans les tuyaux de drainage et longueurs maximales de files de drains, *Bulletin technique du génie rural*, n° 114.
- **GUYON, G.**, 1981, Hydraulique des nappes des sols drainés, *Bulletin technique du génie rural*, n° 127, 35 p.
- **LENNOZ GRATIN, C., LESAFFRE, B., PENEL, M.**, 1993, Diagnosis of mineral clogging hazards in subsurface drainage systems, *Irrigation and drainage systems*, n° 6, p. 345-354.
- **LESAFFRE, B.**, 1989, *Fonctionnement hydraulique et hydrologique du drainage souterrain des sols temporairement engorgés*, Études du Cemagref, série hydraulique agricole, n° 4, 334 p.
- **LESAFFRE, B., PENEL, M.**, 1990, Subsurface drainage design Criteria in french shallow soils, in : *4th International drainage workshop, Cairo*.
- **MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, Bureau de l'hydraulique et des grands ouvrages**, 1986, *Cahier des clauses techniques générales applicable aux études et à la maîtrise d'ouvrage des travaux d'assainissement et de drainage agricole*, édition provisoire, jamais publié.
- **MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, Groupement d'Antony, Division hydrologie-hydraulique fluviale, Ministère des transports, direction de la météorologie, service météorologique métropolitain, division de climatologie, bureau de l'eau**, 1979, Analyse des pluies de 1 à 10 jours sur 300 postes métropolitains.
- **ZIMMER, D., BOUZIGUES, R., CHOSSAT, J.-C., FAVROT, J.-C., GUIRESSE, A.-M.**, 1991, Importance et déterminisme des infiltrations profondes en luvisols-redoxisols drainés. Incidences sur les modalités de drainage, *Science du sol*, 19(4), p. 321-337.