

1962-2012 : cinquante ans d'observations, un bien précieux pour la recherche et les services opérationnels

Cinquante années de mesures et de recherches menées sur le bassin versant de l'Orgeval ont permis de développer des études sur les crues, les étiages, la qualité de l'eau et l'impact des activités humaines sur l'environnement : une observation à long terme essentielle pour la recherche et la société civile.

L'environnement est un système complexe, produit et animé par les interactions multiples à toutes échelles spatio-temporelles résultant des imbrications entre milieux naturels, biosphère et anthroposphère.

Toute politique et action de gestion de l'environnement doit s'appuyer sur un système d'observation opérationnel de l'état des milieux, des écosystèmes et des ressources. De même, la compréhension des processus de changements environnementaux implique que la recherche dispose d'outils d'observation, aptes à décrire des évolutions à long terme, depuis les échelles locales jusqu'à l'échelle globale. Cela a notamment motivé, au niveau national, la création de dispositifs tels les observatoires et plateformes de recherche conçus pour répondre à un questionnement scientifique ciblé, également supports d'expérimentations et supports pédagogiques. La dimension temporelle, afin d'assurer ce suivi d'information dans la durée, est l'une des deux principales difficultés caractérisant l'étude scientifique de l'environnement. L'autre tient à l'étendue des champs disciplinaires mobilisés pour traiter des problèmes d'environnement, allant des sciences de la matière, aux sciences de l'Homme et de la société, en passant par les sciences de la terre et de la vie. Ce sont des outils lourds et coûteux, car assurant sur de longues durées, la qualité et la disponibilité des données produites pour les communautés scientifiques et opérationnelles. Ils doivent répondre à l'ensemble des questions majeures de ces communautés, en s'insérant dans les réseaux européens et internationaux.

De tels systèmes sont la source des méthodes et techniques pour l'observation dédiée à l'information et à la décision publique.

Aujourd'hui, la grande question dans le domaine de l'eau concerne la gestion durable des ressources en eau, des milieux aquatiques et des activités liées. Cela concerne notamment la disponibilité en eau, en quantité aussi bien qu'en qualité, en surface ou souterraine, au regard des besoins des écosystèmes et des usages humains, aujourd'hui et en fonction des évolutions possibles. L'eau peut être disponible, mais de qualité insuffisante, du fait de causes naturelles ou de l'action humaine. Ou bien la qualité de l'eau peut être bonne, mais le renouvellement de la ressource trop faible. Ce constat est d'autant plus inquiétant qu'un écosystème en bonne santé participe à la durabilité de tout le système. Le défi scientifique que nous devons relever dans les prochaines années est d'arriver à anticiper les évolutions possibles de ces systèmes dynamiques, eaux de surface, eaux souterraines et écosystèmes. Pour cela, nous devons améliorer notre connaissance des nombreux facteurs (climat, activités humaines, urbanisation, comportement des polluants dans les différents compartiments, etc.) conditionnant l'état des ressources en eau, des milieux aquatiques et de leurs usages. Un travail qui se révèle indispensable afin de pouvoir décider en connaissance de cause des stratégies les plus appropriées pour une gestion durable de la ressource en eau (restriction des prélèvements en eau, dépollution, restauration des milieux, gestion active des aquifères, réutilisation des eaux, etc.).

1 Observatoire de l'Orgeval et bassins versants des Morin.



L'Orgeval, un des plus vieux observatoires français de l'environnement

Situé dans le département de Seine-et-Marne (77), sur le plateau de la Brie, à 70 km à l'est de Paris, le bassin versant de l'Orgeval (figure 1) est un sous-bassin du bassin versant du Grand Morin, principal affluent de la Marne. En raison de la nature imperméable du sol qui constitue les plateaux compris dans le bassin du Grand-Morin, ce dernier est par excellence un cours d'eau torrentiel à crues subites et violentes dont les débordements causent des dégâts considérables dans la vallée. Le dessèchement des nombreux étangs qui existaient avant la Révolution, ainsi que les défrichements successifs des grands bois qui couronnaient autrefois les plateaux de la Brie (Bazin, 1907), ont pu aggraver cette situation. Le réseau hydrographique de l'Orgeval, lui aussi particulièrement favorable à la formation des crues, et débouchant dans le Grand Morin, juste à l'amont de la ville de Coulommiers, pouvait jouer un rôle non négligeable dans les inondations survenues sur cette agglomération. Ainsi, en 1962, Irstea (anciennement Cemagref), à la demande des Columériens, a commencé à instrumenter et suivre le bassin versant de l'Orgeval. L'étendue assez réduite de ce dernier, couvrant une superficie d'environ 104 km², lui confère des conditions naturelles homogènes et suffisantes pour un caractère de représentativité régionale.

L'Orgeval est aussi caractérisé par un sol de loess sableux hydromorphe, régulièrement saturé en eau. Pour cette raison, avant les années 1960, le bassin était essentiellement couvert de pâturage pour la production laitière.

Après la Seconde Guerre mondiale, avec l'intensification des cultures, près de 60 % de la superficie du bassin a été drainée. Irstea a donc été également chargé d'optimiser la mise en place du drainage sur le bassin, devenant ainsi un référent technique.

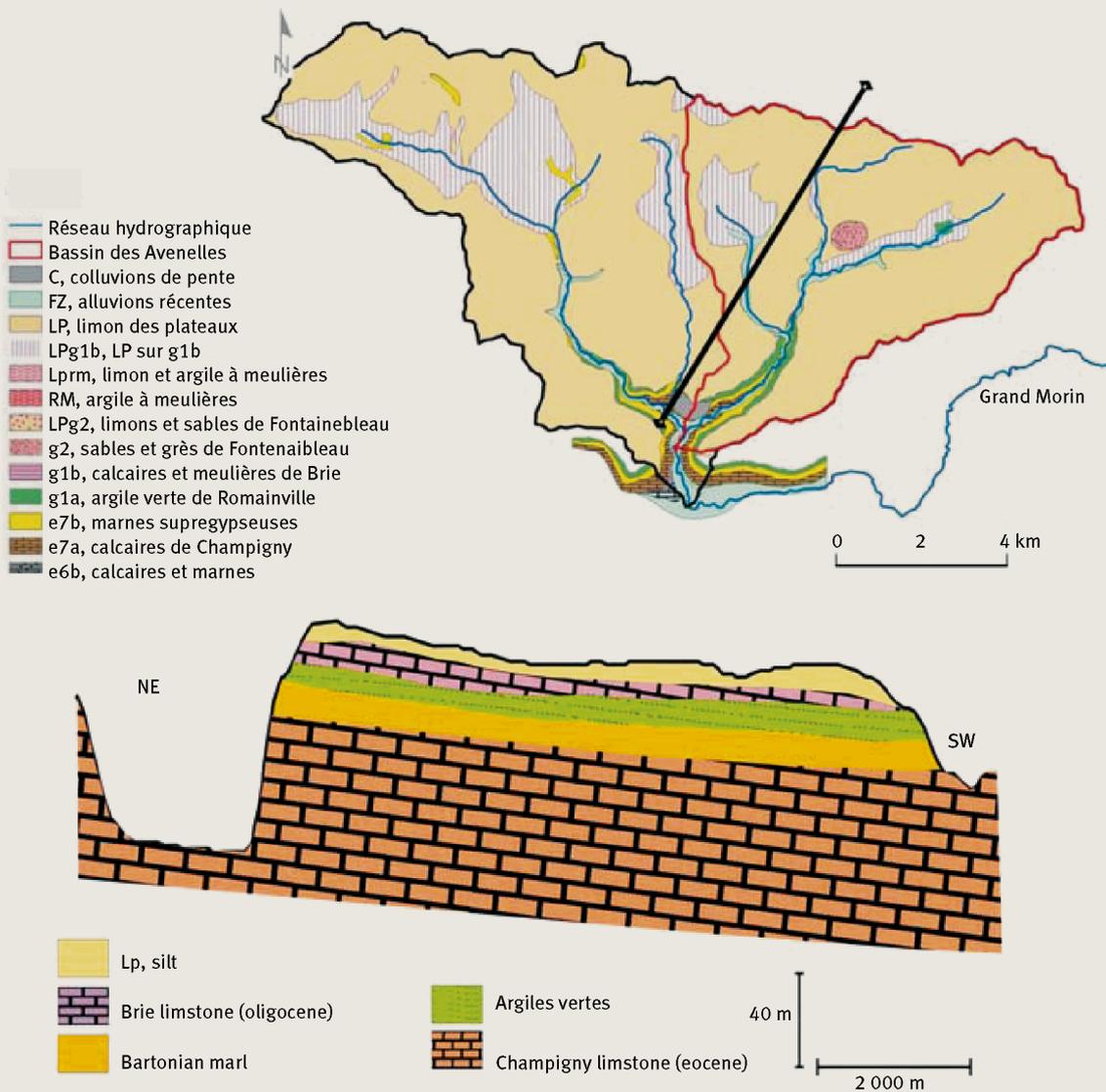
Si les recherches menées sur l'Orgeval se sont d'abord tournées vers la protection contre les inondations, avec une vive conscience de l'acuité des problèmes hydrologiques y afférents, elles ont évoluées au cours du temps en fonction des besoins opérationnels (inondations, ressources en eau, aménagements du territoire) et de la communauté scientifique pour améliorer la compréhension du fonctionnement de ce système largement anthropisé. Ainsi, de nombreux sujets de recherches, souvent directement liés aux problématiques posées par la société civile ont pu être développés, sur la qualité de l'eau, les zones humides, l'amélioration des modèles de prévisions de crues...

Caractéristiques du bassin

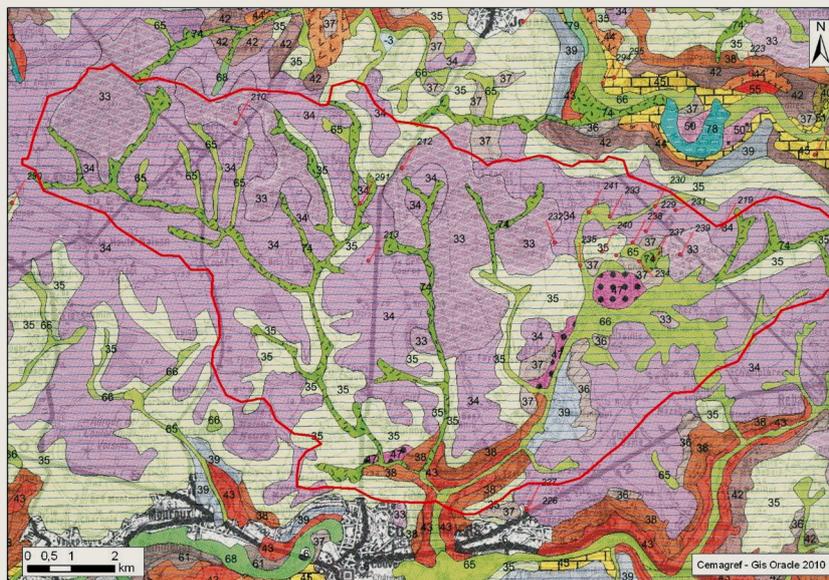
Climat et hydrographie (figure 2)

L'Orgeval est affecté par un climat océanique tempéré (valeurs annuelles moyennes de pluviométrie : 646 ± 30 mm ; de température de l'air : 11 ± 1 °C ; d'évapotranspiration potentielle calculée : 705 ± 30 mm et de ruissellement estimé (Augeard, 2006) : 232 mm). L'Orgeval présente une topographie peu différenciée (altitude moyenne : 148 m, minimale : 80 m et maximale : 186 m), dont le seul accident est constitué par la

3 Carte géologique du bassin versant de l'Orgeval et coupe géologique nord est-sud (Mourhi *et al.*, 2012).



4 Carte pédologique du bassin versant de l'Orgeval (Peschard, 2010).



► Végétation, agronomie et aménagements hydro-agricoles

La connaissance du couvert végétal et des pratiques agricoles est importante pour l'étude de l'érosion des sols ou des pollutions diffuses d'origine agricole. De même, les aménagements hydro-agricoles et leurs évolutions peuvent avoir un impact sur l'hydrologie du bassin. Le bassin versant de l'Orgeval est essentiellement agricole (81 % agricole, 18 % forestier, 1 % urbain), représentatif des grandes cultures céréalières en cours sur le bassin de la Seine. Irstea effectue chaque année depuis 1998, une carte des cultures de toute la partie est du bassin et a suivi de la même manière, de 1975 à 1995, le sous-bassin versant de Mélarchez (nord-est du bassin). Un calendrier agricole pour le bassin a été également réalisé, présentant les types et les cycles de culture (semis, récolte, labours). Une étude des pratiques agricoles sur l'ensemble du bassin de 1990 à 2008 a également été réalisée (Nicola et Schott, 2010).

Les différents types d'aménagements hydro-agricoles concernent trois catégories (ouvrages, travaux de terrassement et aménagements d'étude) répartis de façon homogène sur le bassin (Pecqueur, 1997). On recense à la fois des ouvrages dits « de protection » contre les crues (murets, digues et seuils) et des ouvrages liés à l'utilisation des cours d'eau (ponts, anciens lavoirs ou moulins) (Pecqueur, 1997). Les travaux de terrassement de grande envergure effectués lors du remembrement de 1986 concernent les opérations de recalibrage ou de busage des cours d'eau. Un recalibrage excessif de certaines sections a entraîné localement des affaissements de berges sur le bassin. Les aménagements d'étude correspondent aux stations limnimétriques d'Irstea (bétonnage du lit du cours d'eau et seuil). Il existe, par ailleurs, des petits bassins de rétention des eaux de ruissellement à usage d'irrigation répartis sur le bassin. Les surfaces et volume concernés ne sont cependant pas très importants. Ces aménagements ont été mis en place et sont gérés par les agriculteurs.

Une grande partie du bassin versant de l'Orgeval est par ailleurs drainée par tuyaux enterrés (drains en poterie

datant du début du siècle ou en PVC installés après 1985), selon des schémas plus ou moins bien connus. 41,5 % de la surface totale du bassin est drainée, 25 % non drainée, et 33,5 % n'est pas renseignée (figure 5). Trincal (1994) montre que l'augmentation de la proportion de superficies drainées n'a pas eu d'influence significative sur le régime du bassin. Ainsi, aucune augmentation du coefficient de restitution des bassins en fonction de l'évolution du taux de drainage n'a été constatée. Les effets du drainage sur l'écoulement global semblent variables et fortement dépendants des conditions pédo-géologiques (Bleuze, 1999). Henine (2010) a montré également que le drainage avait pour effet d'écarter les crues importantes, les drains ayant un rôle transitoire de stockage.

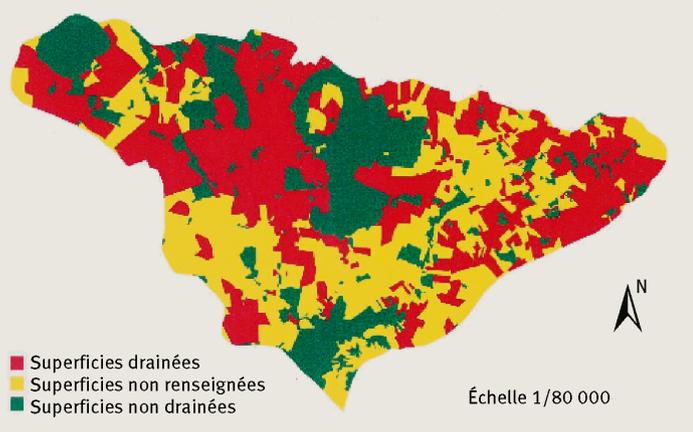
Qualité de l'eau et biodiversité

La qualité de l'eau est suivie depuis 1975 pour certains paramètres liés essentiellement à la pollution diffuse. Pour exemple, les concentrations mesurées à l'exutoire du bassin (station du Theil) sont en moyennes annuelles de l'ordre de $9,2 \pm 0,2$ mg N/l pour les nitrates. Suivant les précipitations et les reliquats, les flux exportés en nitrate à l'exutoire d'un bassin agricole peuvent aller de 0,5 à 15 kg N/ha/an (station de Goins, années hydrologiques 2000 à 2007 : Billy, 2008). La biodiversité est aussi un indicateur de qualité des eaux. Si elle est encore peu étudiée sur le bassin de l'Orgeval, un premier état des lieux a été dressé sur le peuplement piscicole du bassin (Tales *et al.*, 2007). Neuf espèces ont été identifiées, ce qui est en-dessous de la moyenne de l'ensemble du Bassin parisien. Le vairon et le chabot sont bien implantés, alors que les espèces traditionnelles d'eau calme (la perche, le gardon, le rotengle ou la bouvière) sont totalement absentes du bassin relativement pentu de l'Orgeval. On remarque aussi la présence d'anguilles et de truites. Pour les invertébrés, la présence de micro-invertébrés, courants en habitat rural a été noté tels que des Gammaridae (minuscules détritivores de la famille des Gammare), des insectes éphémères du genre Baetis (brouetteurs, et surtout fausses « mouche » des pêcheurs à la mouche), et des petits trichoptères du genre Hydropsyche (famille des Hydropsychidae, insectes filtreurs). La présence de ces derniers, comme celles des truites et des goujons est rappelée comme bon indicateur de la qualité de l'eau (Tales *et al.*, 2007).

Équipements et mesures du bassin

L'ensemble des compartiments hydrologiques et hydriques de l'Orgeval sont suivis via un réseau de mesure complet (tableau 1) : stations limnimétriques à l'exutoire de chaque sous-bassin et dans le réseau de drainage, stations piézométriques, stations pluviométriques réparties sur l'ensemble du bassin et stations d'humidité des sols en surface et en profondeur. Ce dispositif est doublé d'un réseau de mesure de la qualité des eaux de surface, de pluie et de la nappe. De 1962 à 1981, l'hydrologie du bassin versant a été étudiée dans le détail à l'aide d'un réseau dense d'appareils de mesure (vingt-et-une stations pluviographiques, cinq stations limnimétriques jaugées et une station météorologique complète). Les données obtenues

5 Carte de répartition du réseau de drainage sur le bassin de l'Orgeval (Trincal, 1994).



ont permis d'accéder à une très bonne connaissance du comportement hydrologique du bassin. Depuis 1982, un allègement du suivi pluviométrique a été effectué, tout en préservant un réseau minimal de base suffisant pour bien appréhender la variable. Le suivi des débits a aussi évolué, avec la fermeture d'une station, puis la mise en place de trois nouvelles stations, suivant l'évolution et le renouvellement des problématiques de recherche sur le bassin. Pour ce qui est des mesures de qualité des eaux, les premières ont débuté en 1975, avec un suivi du bassin de Mélarchez, et se sont généralisées à l'ensemble des sous-bassins versants de l'Orgeval, avec la mise en place de préleveurs automatiques à chaque station limnimétrique.

La maintenance et le suivi du parc météorologique sont effectués par un technicien de recherche Irstea qui habite et travaille depuis vingt-cinq ans sur le bassin de l'Orgeval. De ce fait, de bonnes relations et des échanges constants se font entre Irstea et l'ensemble des acteurs du bassin. Cela contribue au bon fonctionnement du bassin, à l'intégration de recherche adaptée au contexte local et à l'installation de nouveaux équipements de plus en plus nombreux. Les données sont destinées à de nombreux utilisateurs, d'horizons divers et aux objectifs scientifiques et techniques variés. Les données sont aussi bien exploitées par des chercheurs pour des thématiques fondamentales, que par des ingénieurs aux problématiques plus opérationnelles. La base de données est accessible à toute personne qui en fait la demande auprès du gestionnaire, notamment *via* le site internet dédié (<http://bdoracle.irstea.fr>).

L'Orgeval permet ainsi des observations multi-variables, tant quantitatives (e.g. pluie, débit) que qualitatives (e.g. N, P, Cl...) dans différents domaines (hydrologique, biogéochimique, écologie microbienne...). Il est constitué de sous-bassins emboîtés qui permettent les observations multi-échelles (du sol à la nappe, du m² au km²) et qui répondent aux questions de changement d'échelle posées lors de la modélisation des processus étudiés. Le réseau de mesure dit « de base » est maintenu en permanence, afin de ne pas interrompre les chroniques. La longueur et la continuité de certaines chroniques sur le long terme sont nécessaires pour :

- appréhender correctement le fonctionnement des hydro-systèmes,
- détecter des tendances ou des changements dans les comportements,
- évaluer les impacts de modifications d'origines anthropiques, de couvert végétal ou liées aux aménagements hydro-agricoles et ce, jusqu'aux changements climatiques.

Réseaux de recherche et pédagogique

Un groupement d'intérêt scientifique (GIS) a été créé en 2011 autour d'un nouvel observatoire répondant mieux aux exigences scientifiques et opérationnelles, l'observatoire ORACLE. Ce dernier est constitué des bassins versants de l'Orgeval, du Grand Morin et du Petit Morin. Il permet l'observation multi-échelle plus large (du km² à 1 800 km²) et correspond au territoire du schéma d'aménagement et de gestion de l'eau (SAGE) des deux Morin. De plus, il permet la mise en commun et l'accessibilité

❶ Récapitulatif des équipements actuels installés sur le bassin versant de l'Orgeval.

Équipements	Types de mesure	Nombre de stations	Période de mesure	Période d'observation
Stations Limnimétriques	Hauteur d'eau / jaugeage ponctuel	7 cours d'eau 1 source 3 collecteurs de drains	Continue Hebdomadaire Hebdomadaire	Depuis 1962
Pluviomètres	Lame d'eau pluviomètre à augets basculeurs	8	Continue	Depuis 1962
Piézomètres/ Puits	Hauteur d'eau	14 (2 m à 40 m de profondeur)	Continue et journalière	Depuis 1989
Qualité	NO ₃ , NO ₂ , NH ₄ , PO ₄ , Cl, COD, CID et conductivité	14 (cours d'eau, pluie, piézo., source, coll. drains)	Journalière et hebdomadaire	Depuis 1975 pour certaines stations
Station Météorologique	T° min and max, radiations totales, T° du sol à - 50 cm et - 100 cm, humidité min, max et moyenne	1 station	Continue	Depuis 1962
Humidité du sol	TDR	1 profil (de 5 cm à 155 cm)	Continue	Depuis 1988
Carte des cultures	Carte des cultures du bassin et plan d'occupation des sols	Bassin versant des Avenelles	Annuelle	Depuis 1998
Cartes	Carte pédologique et géologique, MNT 50 m, 25 m, supports SIG...			

► des données gérées par Irstea sur l'Orgeval, mais aussi par la Direction régionale et interdépartementale de l'environnement et de l'énergie (DRIEE) d'Ile-de-France et Météo-France sur les deux Morin.

Le GIS ORACLE, représenté par quatorze unités de recherche et services opérationnels appartenant à huit établissements différents (Irstea, Université Pierre et Marie Curie, CNRS, INRA, AgroParisTech, MINES Paris Tech, DRIEE Ile-de-France, Météo-France), a pour but d'améliorer :

- notre compréhension sur les transferts d'eau et de polluants,
- la prévision et la prévention des risques liés aux événements hydrologiques extrêmes,
- les stratégies de mesure et de surveillance de l'environnement.

À travers ces objectifs, des projets de recherche interdisciplinaires faisant appel à l'hydrologie, l'écologie, la biogéochimie, la microbiologie, la physique des sols ou encore à la télédétection, ont été élaborés. Dans ces projets sont impliqués différentes équipes de recherche, mais aussi des opérationnels, acteurs de l'environnement (Météo France, les collectivités locales, les agriculteurs...). Les données spécifiques d'observation obtenues lors de ces projets sont également mises à disposition via une base de métadonnées tenue par un ingénieur de recherche Irstea, animateur scientifique de l'observatoire ORACLE. De même, les publications s'appuyant sur les données d'ORACLE sont réunies et valorisées via le site internet qui lui est consacré (<https://gisoracle.cemagref.fr>).

Situé à 70 km à l'est de Paris, les bassins versants d'ORACLE influencent les écoulements de la Marne jusqu'à l'agglomération parisienne, tant en terme quantitatif que qualitatif. Les enjeux sociétaux associés concernent la compréhension et la (les) représentation(s) du fonctionnement de ces agro-hydro-systèmes fortement anthropisés, problématiques cruciales dans le contexte actuel de mise en place de politiques visant à garantir conjointement le développement durable des territoires et la protection des personnes et des biens. Dans ce contexte, ORACLE présente deux fonctions d'observation et de recherche étroitement liées. Une partie des observations historiques d'ORACLE permet la compréhension des processus d'écoulement (e.g. Augeard, *et al.*, 2005 ; Babovic et Keijzer, 2002 ; Graveline, 2007). Ces observations trouvent leur application, à un niveau opérationnel, dans l'élaboration de modèles de prévision des risques liés aux événements hydrologiques extrêmes. La principale source de pollution diffuse est l'agriculture intensive (46 % des terres du bassin de la Seine, 80 % d'ORACLE), via l'utilisation de phytosanitaires et de nitrate en excès. Un des enjeux socio-économiques majeurs aujourd'hui est donc de comprendre les processus de transfert d'eau et de polluants pour la mise en place et l'évaluation d'outils et d'écotechnologies, pour une gestion intégrée du territoire et une protection des ressources en eau. Pour exemple, une étude financée par la Région Ile-de-France et le Programme interdisciplinaire de recherche sur l'environnement de la Seine (PIREN

Seine) est en cours sur l'Orgeval, afin d'évaluer l'efficacité d'une zone humide aménagée sur la diminution de la pollution diffuse agricole. De même, un projet sur l'intégration de la communauté scientifique dans le processus du SAGE relié aux différentes échelles de décisions est également en cours (Projet SCITESAGE, financé par l'agence de l'eau Seine-Normandie et le PIREN Seine).

Si ORACLE permet une approche intégrée de la recherche en environnement, il développe également un certain nombre de réseaux au niveau régional, national et international. ORACLE est aujourd'hui une des plateformes d'observation de l'Observatoire des sciences de l'univers « Ecce Terra » Paris VI, support pour les services d'observations, les bases de données et les outils de modélisation communs à un ensemble de laboratoires appartenant ou apparentés à l'UPMC (Université Pierre et Marie Curie). ORACLE est largement intégré dans le réseau de recherche francilien, de par ses partenaires, mais également en tant que site atelier du PIREN-Seine et de la FIRE (Fédération Ile-de-France pour la recherche en environnement). ORACLE fait également partie du réseau des bassins versants (RBV), labellisé par l'Alliance nationale de recherche pour l'environnement (AllEnvi, <http://www.allenvi.fr>). Il est également reconnu depuis 2011 comme « Équipement d'excellence » à travers le projet CRITEX dans le cadre du RBV. L'objectif scientifique du projet est d'identifier les mécanismes bio-physico-chimiques à l'échelle des bassins versants pour comprendre et prédire la réponse de la zone critique (ZC) aux sollicitations environnementales imposées ou non par l'Homme. La ZC est définie comme la zone critique pour l'Homme, située entre l'interface avec les roches et le sommet de la canopée. Au niveau international, dans le cadre du RBV, ORACLE fait maintenant partie du groupe CZO (*Critical Zone Observatories*, <http://criticalzone.org/>). Il est également membre de l'*International Soil Moisture Network* (<http://www.ipf.tuwien.ac.at/insitu/>) qui vise à établir et maintenir une base de données in situ d'humidité de sol pour valider et améliorer les observations globales par satellite et les modèles de surface.

Enfin l'observatoire, terrain d'application privilégié, s'insère également dans un contexte d'enseignement en partenariat avec les universités de Paris VI, Paris XI, AgroParisTech, EPHE (École pratique des hautes études), ENGEES (École nationale du génie de l'eau et de l'environnement de Strasbourg)... ■

L'auteur

Gaëlle TALLEC

Irstea, centre d'Antony,
UR HBAN, Hydrosystèmes et bioprocédés,
1 rue Pierre-Gilles de Gennes,
CS 10030,
92761 Antony Cedex
✉ gaelle.taltec@irstea.fr

QUELQUES RÉFÉRENCES CLÉS...

- 📄 **RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES EXHAUSTIVES DE L'OBSERVATOIRE :**
<https://gisoracle.cemagref.fr/bibliographie-du-gis-oracle>
- 📄 **AUGEARD, B., 2006, Mécanismes de genèse du ruissellement sur sol agricole drainé sensible à la battance. Études expérimentales et modélisation,** Diplôme Doctorat Sciences de l'eau, ENGREF Paris, 236 p.
- 📄 **BILLY, C., 2008, Transfert et rétention d'azote à l'échelle d'un bassin versant agricole artificiellement drain,** PhD, Université Pierre et Marie Curie.
- 📄 **MOUHRI, A., et al., 2012, Stratégie d'échantillonnage des échanges nappe-rivière du bassin agricole de l'Orgeval,** Programme PIREN-Seine RA 2011.
- 📄 **TRINCAL, L., 1994, Recensement des superficies drainées d'un bassin versant agricole à l'aide d'un SIG. Application au bassin versant expérimental de l'Orgeval en Seine-et-Marne,** Mémoire Ingénieur ESGT, juin 1994, 60 p. + annexes.

► Consulter l'ensemble des références sur le site de la revue www.set-revue.fr

Depuis cinquante ans, le ru de l'Orgeval est observé par les équipes scientifiques d'Irstea sur le bassin du Grand Morin.