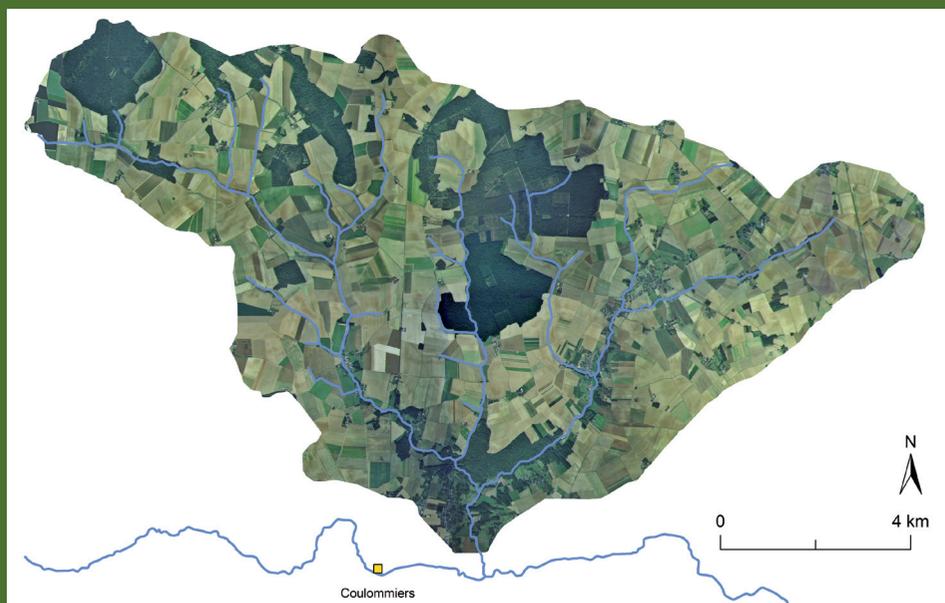


L'observation long terme en environnement

Exemple du bassin versant
de l'Orgeval

C. Loumagne et G. Tallec, coordinatrices



L'observation long terme en environnement, exemple du bassin versant de l'Orgeval

Cécile Loumagne, Gaëlle Tallec,
coordinatrices

Éditions Quæ
RD 10, 78026 Versailles Cedex

© Éditions Quæ, 2013

ISBN : 978-2-7592-2074-8

Le code de la propriété intellectuelle interdit la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Le non-respect de cette disposition met en danger l'édition, notamment scientifique, et est sanctionné pénalement. Toute reproduction, même partielle, du présent ouvrage est interdite sans autorisation du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC), 20 rue des Grands-Augustins, Paris 6^e.

Table des matières

Avant-propos. Cécile Loumagne, Gaëlle Tallec	7
Introduction. <i>L'Orgeval, un observatoire long terme pour l'environnement : caractéristiques du bassin et variables mesurées</i> Gaëlle Tallec, Patrick Ansart, Alain Guérin, Nadine Derlet, Nina Pourette, Angéline Guenne, Olivier Delaigue, Houdra Boudhraa, Cécile Loumagne.....	11

Partie 1

Étude du cycle de l'eau et gestion de la ressource

Chapitre 1. <i>Réanalyse des lames d'eau radar pour la modélisation hydrologique pluie-débit</i> Florent Lobligeois, Vazken Andréassian, Charles Perrin, Cécile Loumagne.....	39
Chapitre 2. <i>Prévision des crues par modélisation hydrologique</i> Carina Furusho, Damien Lilas, Charles Perrin, Vazken Andréassian, Laurent Coron, Julien Peschard, Lionel Berthet, Patrick Ansart, Cécile Loumagne	63
Chapitre 3. <i>Prévision des étiages</i> Pierre Nicolle, Charles Perrin, Vazken Andréassian	75
Chapitre 4. <i>Influence du contexte hydrogéologique sur la connectivité nappe-rivière</i> Amer Mouhri, Nicolas Flipo, Quentin Vitale, Ludovic Bodet, Gaëlle Tallec, Patrick Ansart, Fayçal Rejiba.....	89

Partie 2

Processus de transferts des écoulements, de la parcelle au bassin versant : influence du drainage et du réseau d'assainissement agricole

Chapitre 5. <i>Approches multi-échelles des mécanismes de genèse et de transfert du ruissellement</i> Bénédicte Augeard, Cyril Kao	103
--	-----

Chapitre 6.	<i>Rôle des réseaux de drainage agricole dans le ralentissement dynamique des crues</i>	
	Hocine Hénine, Yves Nédélec.....	117
Chapitre 7.	<i>Scénarios d'aménagement des réseaux d'assainissement agricole pour l'atténuation des pics de crue</i>	
	Yves Nédélec.....	129

Partie 3

L'Orgeval, un bassin de recherche précurseur sur les problématiques de la qualité de l'eau

Chapitre 8.	<i>Transferts de nitrates et transformations dans un petit bassin versant de la Seine : l'Orgeval</i>	
	Julien Tournebize, Josette Garnier, Gilles Billen, Guillaume Vilain, Paul Passy, Gaëlle Tallec, Claire Billy, Benjamin Mercier, Patrick Ansart, Mathieu Sebilo, Cyril Kao	145
Chapitre 9.	<i>La contamination de l'Orgeval par les pesticides, une préoccupation de longue date</i>	
	Hélène Blanchoud, Enrique Barriuso, Laurine Nicola, Céline Schott, Céline Roose-Amsaleg, Julien Tournebize	159
Chapitre 10.	<i>Contamination par les perturbateurs endocriniens</i>	
	Élodie Moreau-Guigon, Johnny Gaspéri, Fabrice Alliot, Mathieu Cladière, Martine Blanchard, Marie-Jeanne Teil, Chau Tran, Catherine Bourges, Annie Desportes, Marc Chevreuil ..	175

Partie 4

Évolution des écosystèmes

Chapitre 11.	<i>Les peuplements de poissons dans le bassin de l'Orgeval : un modèle de petit bassin versant francilien ?</i>	
	Évelyne Talès, Jérôme Belliard, Céline Le Pichon	189
Chapitre 12.	<i>Effet des discontinuités physiques sur la distribution spatiale des poissons en tête de bassin : cas de l'Orgeval</i>	
	Céline Le Pichon, Evelyne Talès, Fabienne Clément, Nicolas Leclerc, Guillaume Gorges, Amandine Zahm.....	199
Chapitre 13.	<i>Débit de pleins bords et géométrie hydraulique : des variables hydromorphologiques pour caractériser les habitats aquatiques</i>	
	Oldrich Navratil, Marie-Bernadette Albert.....	213

Partie 5

**Observation de la Terre pour le suivi de la variabilité spatiale
des surfaces continentales et l'étude du fonctionnement des hydrosystèmes**

Chapitre 14. <i>Performance des capteurs radar à synthèse d'ouverture pour la caractérisation des états de surface des sols en milieux agricoles</i>	
Nicolas Baghdadi, Mehrez Zribi, Maëlle Aubert, Cécile Loumagne	231
Chapitre 15. <i>Identification des cultures : classification et synergie radar/optique</i>	
Sylvie Le Hégarat-Masclé, Daniel Vidal-Madjar	245
Chapitre 16. <i>Suivi de l'état hydrique du sol par télédétection radar</i>	
Mehrez Zribi, Nicolas Baghdadi, Sylvie Le Hégarat, Catherine Ottlé, Cécile Loumagne	257
Chapitre 17. <i>Assimilation de données d'état hydrique des sols pour la modélisation des débits</i>	
Cécile Loumagne, Catherine Ottlé, Mehrez Zribi	269

Partie 6

Évolution des hydro-écosystèmes et conséquences socio-économiques

Chapitre 18. <i>Analyse hydrométéorologique du bassin versant de l'Orgeval : tendance et stationnarité sur les 50 dernières années</i>	
Sonia Aït-Mesbah, Gaëlle Tallec, Charles Perrin, Vazken Andréassian	289
Chapitre 19. <i>Impact du changement climatique sur le bassin de l'Orgeval à l'horizon 2050</i>	
Guillaume Thirel, Charles Perrin	299
Chapitre 20. <i>Les modèles déterministes dans la territorialisation de la continuité écologique. Le cas des opérations de restauration sur les deux Morin</i>	
Amandine De Coninck, José-Frédéric Deroubaix, Catherine Carré, Nicolas Bécu, Gaëlle Tallec, Nicolas Flipo, Cyril Pivano, Jean-Paul Haghe, Céline Le Pichon, Jean-Marie Mouchel, Gilles Hubert	309
Conclusion. <i>Quel avenir pour les observatoires long terme de recherche en environnement ?</i>	
Cécile Loumagne, Gaëlle Tallec	325
Liste des auteurs	333

Avant-propos

CÉCILE LOUMAGNE, GAËLLE TALLEC

La recherche en environnement s'appuie sur des observatoires qui fournissent aux chercheurs les données scientifiques de qualité, nécessaires pour décrire, comprendre et modéliser le fonctionnement et la dynamique des systèmes environnementaux à différentes échelles spatio-temporelles.

L'observation à long terme a pour objectifs de nous aider à comprendre les changements d'équilibre progressifs ou brutaux (telles que les catastrophes naturelles) affectant les ressources ainsi que les écosystèmes. Ces longues observations mettent en évidence les impacts climatiques et anthropiques ainsi que leur évolution sur les systèmes environnementaux observés, et contribuent à évaluer ainsi l'efficacité des mesures prises pour limiter cet impact.

Le bassin versant de l'Orgeval, créé en 1962 pour apporter des réponses à des questions environnementales couvrant un large champ thématique, a d'abord donné lieu à des recherches centrées sur l'étude des processus d'hydrologie de surface et du cycle de l'eau (Hlaveck, 2012) ; les données acquises permettent aujourd'hui de mesurer l'évolution des écosystèmes, d'analyser les impacts anthropiques et climatiques, leur variabilité à court et à long terme et de mieux apprécier leurs conséquences socio-économiques.

Le bassin de l'Orgeval est devenu un site d'étude privilégié, qui fait maintenant partie d'un observatoire plus large, l'observatoire Oracle, constitué par les bassins versants du Grand Morin et du Petit Morin permettant l'observation multi-échelle (du km² à 1 800 km²) et correspondant au territoire du schéma d'aménagement et de gestion de l'eau (Sage) des deux Morin. Les rivières des deux bassins sont les deux principaux affluents de la Marne ayant une influence directe sur les écoulements qui vont de la Marne vers la Seine jusqu'à l'agglomération parisienne. L'objectif de cet observatoire, bénéficiant d'un ensemble de mesures effectuées sur une longue période d'observation, est de fournir les bases scientifiques nécessaires à la gestion et à la maîtrise des risques liés aux événements extrêmes (inondations, sécheresses) ainsi qu'à l'évaluation de l'impact des activités humaines sur le régime et la qualité des eaux.

Un groupement d'intérêt scientifique (GIS) a été créé autour de cet observatoire, répondant mieux aux exigences scientifiques et opérationnelles. Il permet la coordination

de la recherche ainsi que la mise en commun et l'accessibilité des données d'observation à long terme de l'environnement gérées par Irstea sur l'Orgeval, mais aussi par la Direction régionale et interdépartementale de l'environnement et de l'énergie (DRIEE) d'Île-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 Île-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 multidisciplinaires 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 impliquées différentes équipes de recherche, mais aussi des opérationnels, acteurs de l'environnement (Météo-France, la Commission locale de l'eau du Sage 2 Morin, 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 agrohydrosystèmes 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 assure deux fonctions étroitement liées, l'une d'observation et l'autre de recherche. 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 produits 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 Île-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 Île-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 biophysicochimiques à l'échelle des bassins versants pour comprendre et prédire la réponse de la zone critique aux sollicitations environnementales imposées ou non par l'homme. La zone critique s'étend de la roche mère à la canopée, interface cruciale regroupant l'ensemble des ressources et activités anthropiques continentales. 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, Oracle, 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), Engées (École nationale du génie de l'eau et de l'environnement de Strasbourg)...

Cette synthèse sur l'observation à long terme pour la recherche en environnement présente différents projets de recherche interdisciplinaires menés dans le cadre du GIS Oracle autour de six parties thématiques comprenant chacune plusieurs chapitres scientifiques rédigés par les chercheurs et ingénieurs des différents établissements appartenant au GIS.

Références bibliographiques

Augeard B., Kao C., Chaumont C., Vauclin M., 2005. Mechanisms of surface runoff genesis on a subsurface drained soil affected by surface crusting: A field investigation. *Phys. Chem. Earth*, 30, 598-610.

Babovic V., Keijzer M., 2002. Rainfall runoff modelling based on genetic programming. *Nordic Hydrol.*, 33, 331-346.

Graveline E., 2007. Modélisation du comportement en crue d'un réseau de drainage enterré : étude hydraulique d'un réseau réel complet pouvant jouer un rôle de rétention. Diplôme Master 2 Sciences de l'Univers, Environnement, Écologie, parcours Hydrologie-Hydrogéologie, Université Pierre-et-Marie-Curie, École des Mines de Paris.

Hlaveck R., 2012. L'observatoire de l'Orgeval, une aventure humaine. *Bulletin du GFHN*, 58, 19-22.

Introduction

L'Orgeval, un observatoire long terme pour l'environnement : caractéristiques du bassin et variables mesurées

GAËLLE TALLEC, PATRICK ANSART, ALAIN GUÉRIN, NADINE DERLET, NINA POURETTE, ANGÉLINE GUENNE, OLIVIER DELAIGUE, HOUDRA BOUDHRAA, CÉCILE LOUMAGNE

L'environnement est un système complexe régi par des interactions multiples à toutes les échelles spatio-temporelles résultant d'imbrications entre milieux naturels, biosphère et anthroposphère. Toute politique et action de gestion de l'environnement s'appuie sur un système d'observation opérationnel de l'état des milieux, des écosystèmes et des ressources. La compréhension des processus de changements environnementaux implique également 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 d'observatoires et de plateformes de recherche conçus pour répondre à un questionnement scientifique ciblé, également supports d'expérimentations et de présentations pédagogiques. Ainsi, le bassin versant représentatif expérimental de l'Orgeval a-t-il été créé en 1962 et constitue-t-il aujourd'hui l'un des plus anciens observatoires de l'environnement en France. L'étude scientifique de l'environnement est soumise à deux difficultés principales. L'une tient à la nécessité d'assurer un suivi temporel de l'information dans la durée. 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 à l'origine de 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 qui y sont rattachées. 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.).

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

Situé dans le département de Seine-et-Marne, sur le plateau de la Brie, à 70 km à l'est de Paris, le bassin versant de l'Orgeval 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. L'assèchement 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 de 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 pour prétendre à une représentativité à l'échelle régionale (figure 1).

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 pâturages. Après la Seconde Guerre mondiale, avec l'intensification des cultures, près de 60 % de la superficie du bassin a été drainée. Irstea a donc également été 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 des problèmes hydrologiques afférents,

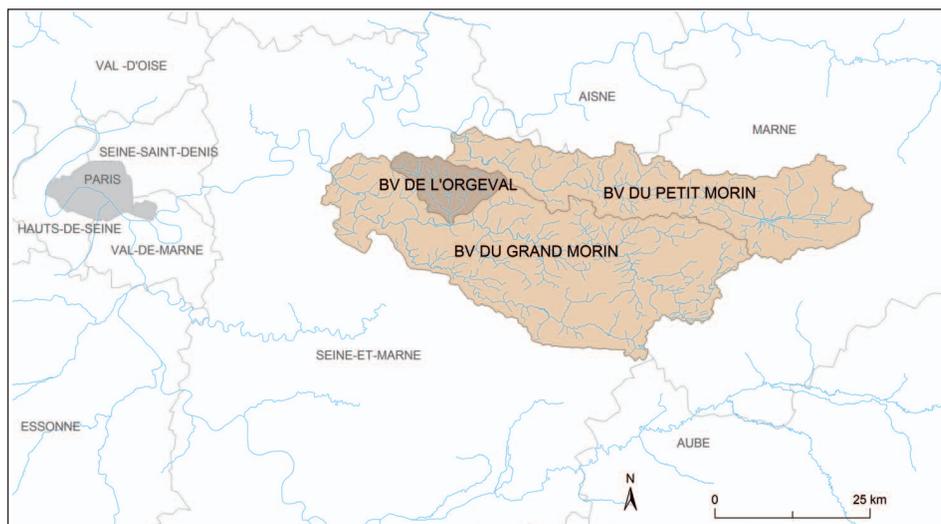


Figure 1. Observatoire de l'Orgeval et bassins versants des Morin.

elles ont évolué 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 prévision des crues, etc.

Équipements et variables mesurées sur le bassin de l'Orgeval

L'ensemble des compartiments hydrologiques et hydriques de l'Orgeval sont suivis *via* un réseau de mesure complet : 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 (figure 2). 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 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, elles ont débuté en 1975, avec le suivi du bassin de Mélarchez, et se sont généralisées à l'ensemble des sous-bassins

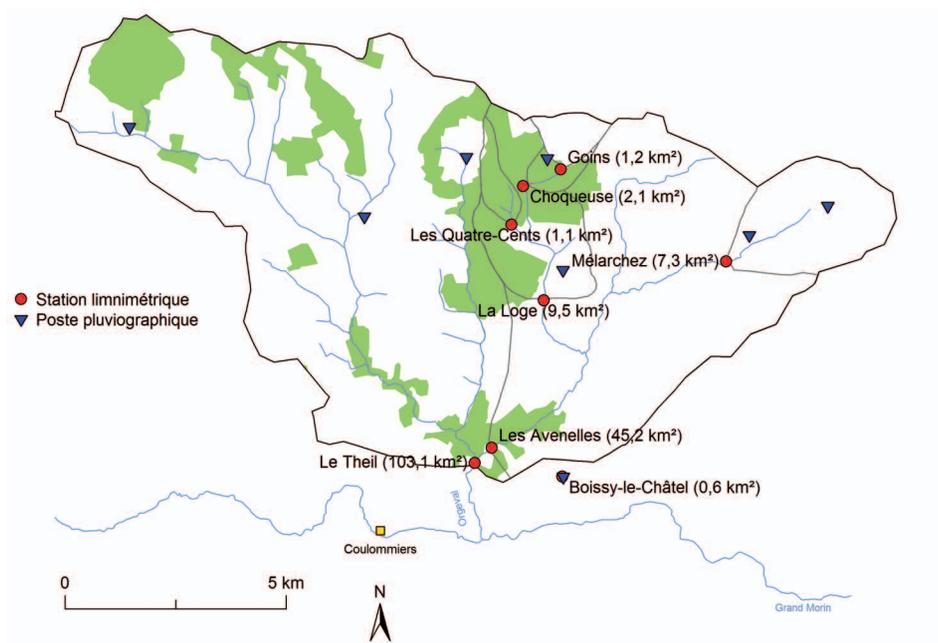


Figure 2. Localisation des stations hydrométriques, des contours des bassins associés et des postes pluviométriques actifs en 2012.

versants de l'Orgeval, avec la mise en place de préleveurs automatiques à chaque station limnimétrique. Le tableau 1 présente les stations de mesure du bassin de l'Orgeval en 2012.

La maintenance et le suivi du parc métrologique 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 d'une recherche adaptée au contexte local et à l'installation de nouveaux équipements. 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. L'ensemble des données mesurées et validées par Irstea est accessible *via* la banque HYDRO (<http://www.hydro.eaufrance.fr>) et la base de données BD_ORACLE (<http://bdoracle.irstea.fr>).

Les données mises à disposition font l'objet du protocole Qualité mis en place par Irstea. La démarche qualité porte sur : 1) l'aspect métrologique (établissement de protocoles rigoureux d'installation des appareils, systématisation des procédures d'utilisation, maintenance rigoureuse et régulière), 2) le traitement des données (rapatriement fréquent de la donnée, vérification de la cohérence de la série, vérification de la cohérence des variables et des paramètres les uns par rapport aux autres) et 3) la question de la reconstitution de données. Ce travail s'appuie notamment sur des recommandations pour la qualité en recherche, tel que le document Afnor, FDX50-551.

Tableau 1. Récapitulatif des équipements du bassin versant de l'Orgeval actifs en 2012.

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	Depuis 1989
Qualité	NO ₃ , NO ₂ , NH ₄ , PO ₄ , Cl, carbone organique dissous, carbone inor- ganique dissous et conductivité	14 (cours d'eau, pluie, piézomètre, source, collec- teurs de drains)	Journalière et hebdomadaire	Depuis 1975 pour certaines stations
Station météorologique	Températures min et max, radiations totales, température du sol à - 50 et - 100 cm, humidité min, max et moyenne	1 station	Continue	Depuis 1962
Humidité du sol	Sonde neutrons puis TDR (<i>Time Domain Reflectometry</i>)	1 profil (de 5 à 155 cm)	Continue	Depuis 1985
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, Modèle numérique de terrain 50 m, 25 m, supports système d'information géographique...			

Caractéristiques du bassin

Topographie et climat

De la forme d'un triangle isocèle, dont le sommet géométrique correspond à l'exutoire du bassin (figure 3), le bassin de l'Orgeval regroupe quinze communes dont certaines ne sont que partiellement incluses dans sa superficie (principales communes du bassin : Pierre Levée, Aulnoy, Saint-Germain-sous-Doue, Doue, Jouarre, Haute-Maison, Rebais et Saint-Denis-les-Rebais).

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 butte de Doue, point culminant du bassin (figure 3).

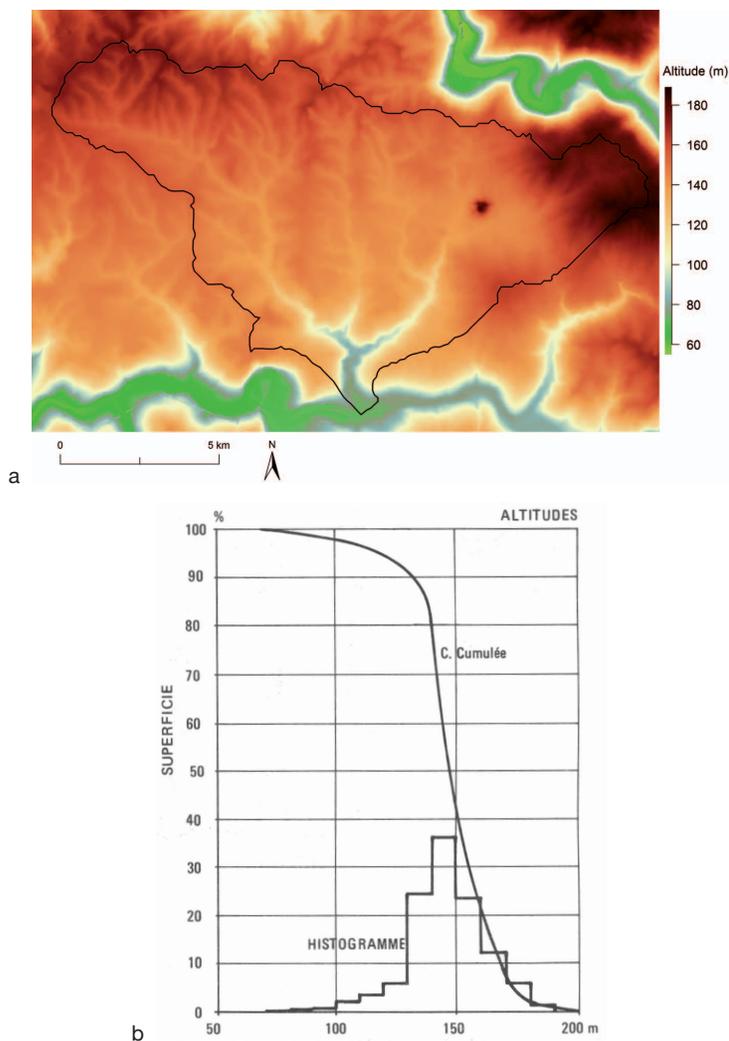


Figure 3. a. Modèle numérique de terrain 25 m. b. Courbe hypsométrique du bassin versant de l'Orgeval.

Les variables climatiques mesurées sur le bassin de l'Orgeval sont représentatives d'un climat océanique tempéré avec une pluviométrie annuelle cumulée de 674 ± 31 mm (figure 4). Les événements pluvieux relativement faibles ($2,4 \pm 0,1$ mm en moyenne) mais nombreux sont répartis sur l'ensemble de l'année (tableau 2). Seule l'évapotranspiration potentielle (642 ± 20 mm) calculée à partir des températures (10 ± 1 °C) et du rayonnement global (1 kJ/cm^2) varie significativement au cours de l'année, avec des valeurs maximales en juillet et minimales en décembre (tableau 2).

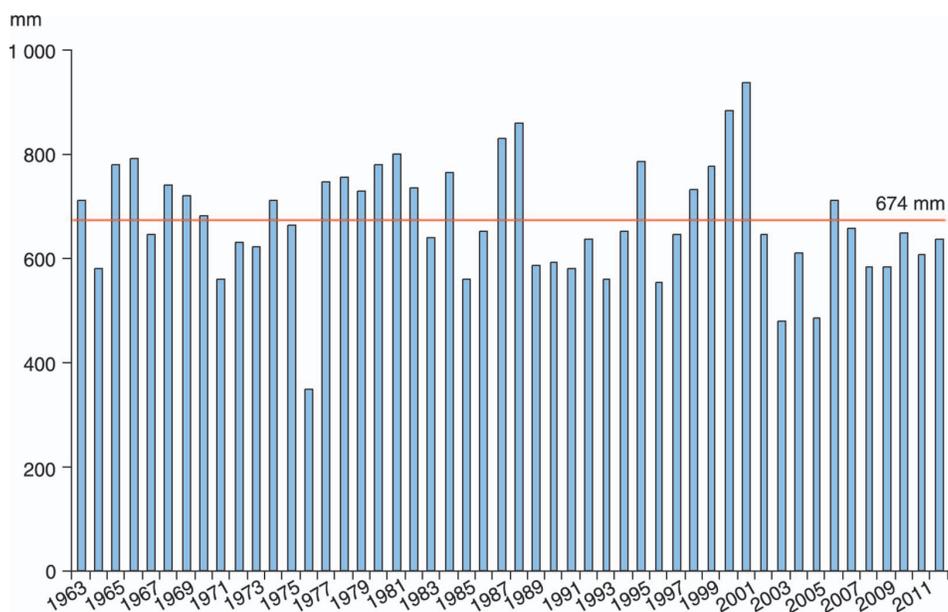


Figure 4. Cumul annuel des pluies calculé à partir des pluies journalières sur le bassin de l'Orgeval (moyenne de l'ensemble des pluviomètres répartis sur le bassin) ; moyenne sur l'ensemble de la période d'observation, soit de 1963 à 2012 (trait rouge).

Tableau 2. Stations météorologiques de Mélarchez (1962-1983) et Boissy-le-Châtel (1970-2012) ; moyennes mensuelles et annuelles sur la période 1962-2012, pondérées en fonction du nombre de mesures aux stations lors des périodes de recouvrement.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
ETP (mm)	14	18	40	66	85	96	107	98	64	32	13	9	642
N jours de pluie	20	17	19	16	17	16	16	17	18	21	22	20	218
Pluie (mm)	54	46	54	49	62	59	59	54	54	61	60	63	674
Température moyenne (°C)	3	4	6	9	13	16	18	17	15	10	6	3	11
Température maximale (°C)	5	7	11	14	18	21	23	23	20	15	9	6	14
Température minimale (°C)	1	1	3	5	9	11	12	13	10	8	4	2	7
Humidité relative moy. (%)	89	86	82	77	79	80	78	78	82	87	91	89	83
Rayonnement global (kJ/cm ²)	0,3	0,5	0,9	1,4	1,7	1,9	1,7	1,5	1,1	0,6	0,3	0,2	1,0
Vitesse du vent (m/s)	2	2,1	2,2	2,3	1,8	1,6	1,4	1,4	1,5	1,5	1,8	2	1,8

Pédologie

Le bassin est recouvert de dépôts éoliens quaternaires (jusqu'à 10 m d'épaisseur), essentiellement constitués de lentilles de sable et de limon peu perméables (figure 5).

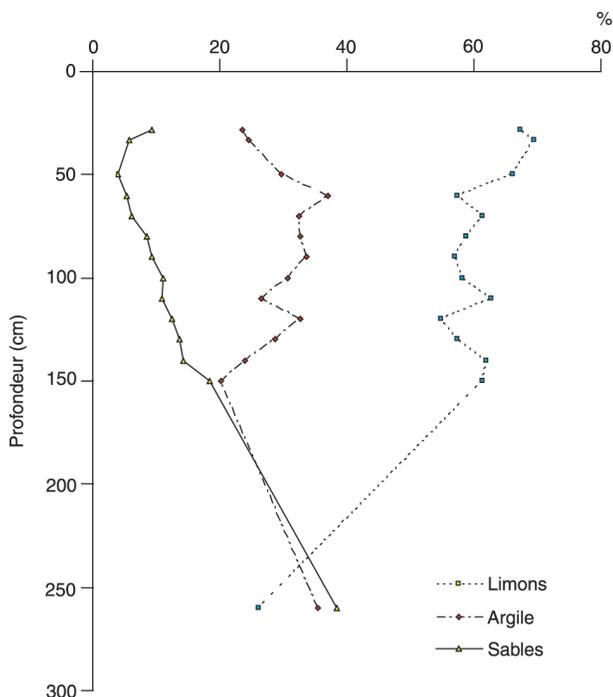


Figure 5. Granulométrie mesurée par Irstea en 1972 sur la parcelle de Boissy-le-Châtel.

Le sol des plateaux est de type brun lessivé, de texture limono-sableuse à limono-argileuse, présentant des caractères d'hydromorphie temporaire. La présence de niveaux plus imperméables dans les limons détermine localement la formation de nappes superficielles. Sur l'ensemble de la période humide hivernale, la surface du sol (de 5 à 45 cm de profondeur) reste saturée jusqu'à 55 % d'humidité volumique (figure 6), alors que les horizons plus profonds (45 à 155 cm) ne dépassent jamais 40 % de saturation.

Les sols bruns lessivés, différenciables par la texture de leurs horizons de surface et leur taux d'argile, se distinguent, par un phénomène d'érosion, en trois sous-unités (Gomendy, 1996). Ces dernières se retrouvent le long d'une toposéquence de faible pente avec, d'amont en aval (figure 7) :

- les limons blancs de plateau, une sous-unité de sol lessivé typique ;
- les rougettes, une sous-unité de sol lessivé tronqué par l'érosion ;
- les limons blancs colluviaux, une sous-unité de sol lessivé épaissie par des apports colluviaux.

Les différents paramètres du sol sur le bassin de l'Orgeval ont été déterminés au moyen de nombreuses études : texture, conductivité hydraulique ou capacité d'infiltration (mesurée ou estimée généralement grâce aux simulateurs de pluie), rugosité (mesurée par des outils simples ou par télédétection), coefficient de Manning Strickler (généralement