



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

Gaëlle Tallec, Patrick Ansart, Alain Guerin, Nadine Derlet, Nina Pourette, Angéline Guenne, Olivier Delaigue, Houda Boudhraâ, Cécile Loumagne

### ► To cite this version:

Gaëlle Tallec, Patrick Ansart, Alain Guerin, Nadine Derlet, Nina Pourette, et al.. L'Orgeval, un observatoire long terme pour l'environnement : caractéristiques du bassin et variables mesurées. L'observation long terme en environnement : exemple du bassin versant de l'Orgeval, Editions Quae, pp.11-33, 2013, 978-2-7592-2073-1. hal-02599373

HAL Id: hal-02599373

<https://hal.inrae.fr/hal-02599373v1>

Submitted on 15 Jan 2024

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

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

## 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.

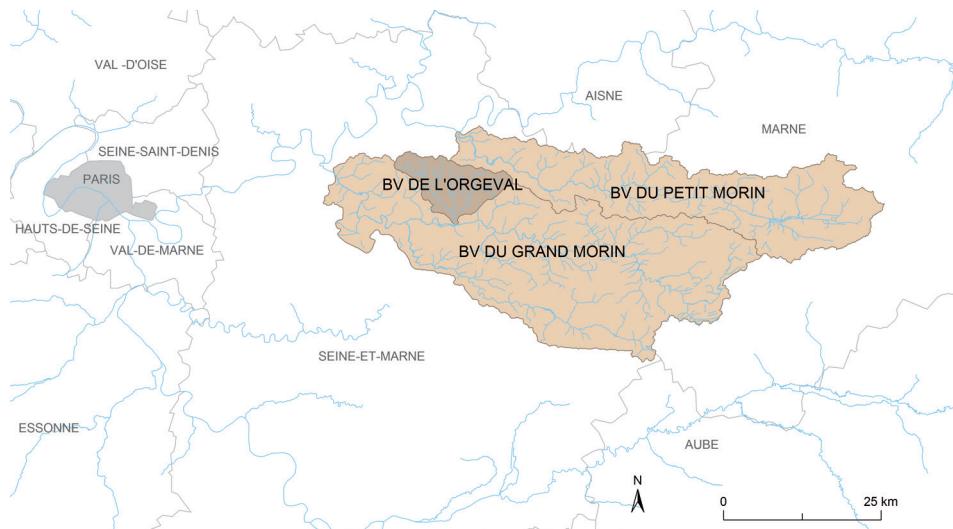
Aujourd’hui, la grande question dans le domaine de l’eau concerne la gestion durable des ressources en eau, des milieux aquatiques et des activités qui y sont rattachées. Cela concerne notamment la disponibilité en eau, en quantité aussi bien qu’en qualité, en surface ou souterraine, au regard des besoins 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 agraver 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, l’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 km<sup>2</sup>, 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 lœss 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. L’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,



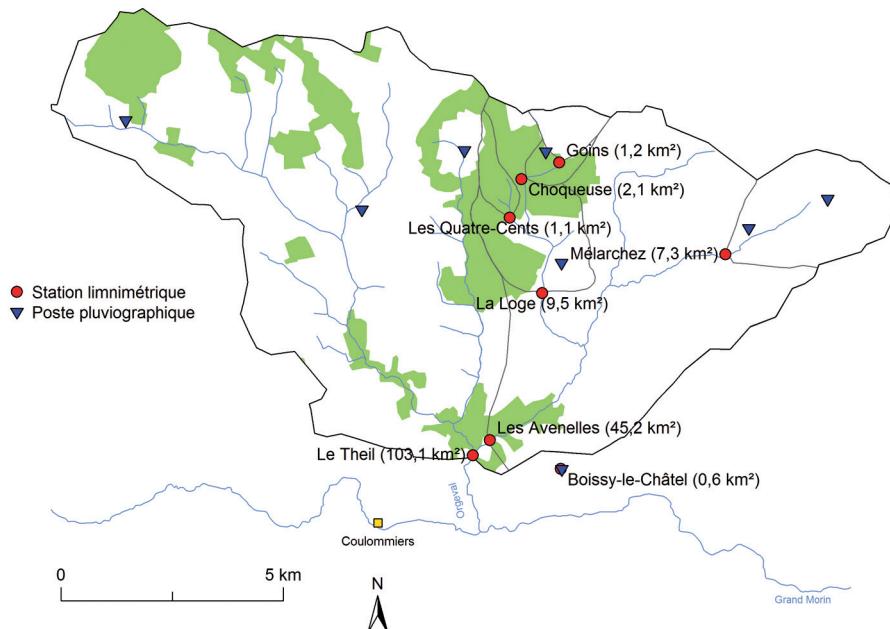
**Figure 1.** Observatoire de l'Orgeval et bassins versants des Morin.

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 allégement 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 l'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 l'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 l'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/jauge 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 <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> , NH <sub>4</sub> , PO <sub>4</sub> , Cl, carbone organique dissous, carbone inorganique dissous et conductivité	14 (cours d'eau, pluie, piézomètre, source, collecteurs de drains)	Journalière et hebdomadaire	Depuis 1975 pour certaines stations
Station météorologique	Températures min et max, radiations totales, température du sol à -50 cm 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 cm 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...			

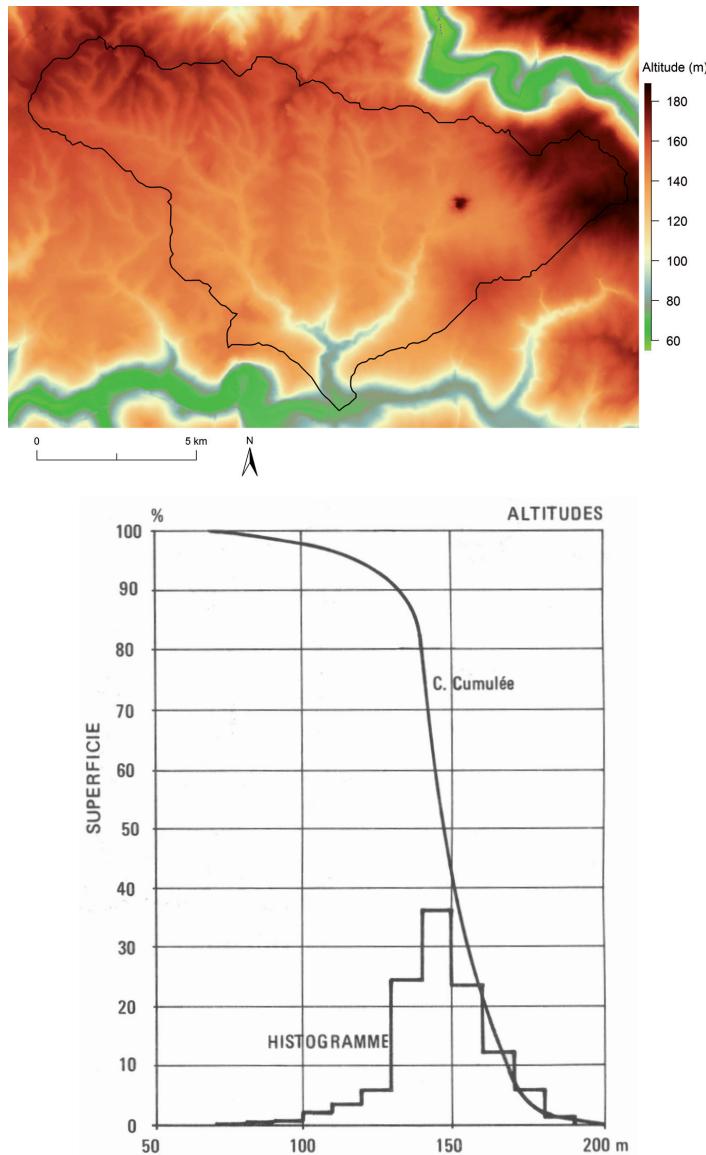
## Caractéristiques du bassin

### 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'observation long terme en environnement, exemple du bassin de l'Orgeval*

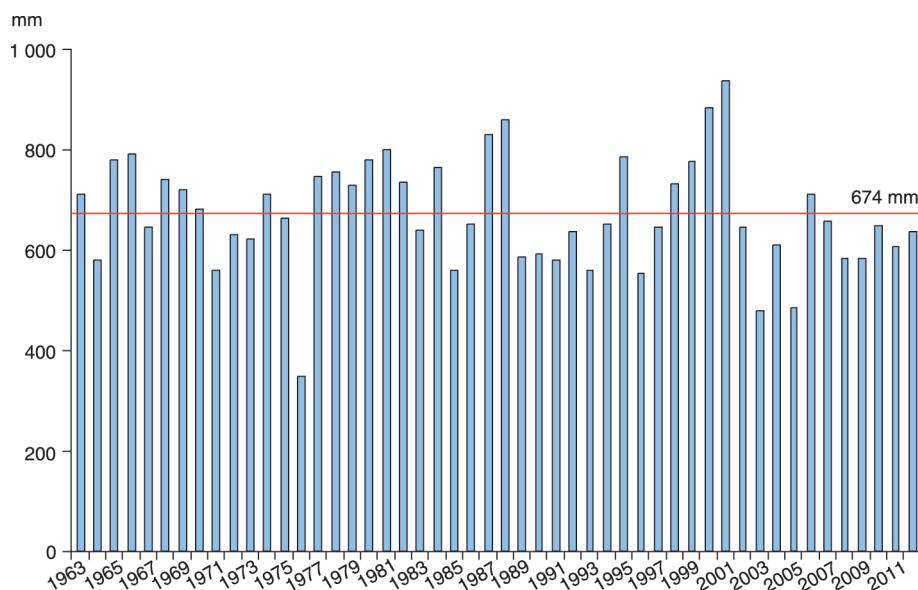
L'Orgeval présente une topographie peu différenciée (altitude moyenne : 148 m, minimale : 80 m et maximale : 186 m), dont le seul accident est constitué par la butte de Doue, point culminant du bassin (figure 3).



**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  $674 \pm 31$  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 ( $642 \pm 20$  mm) calculée à partir des températures ( $10 \pm 1$  °C) et du rayonnement global ( $1 \text{ kJ/cm}^2$ ) varie significativement au cours de l'année, avec des valeurs maximales en juillet et minimales en décembre (tableau 2).



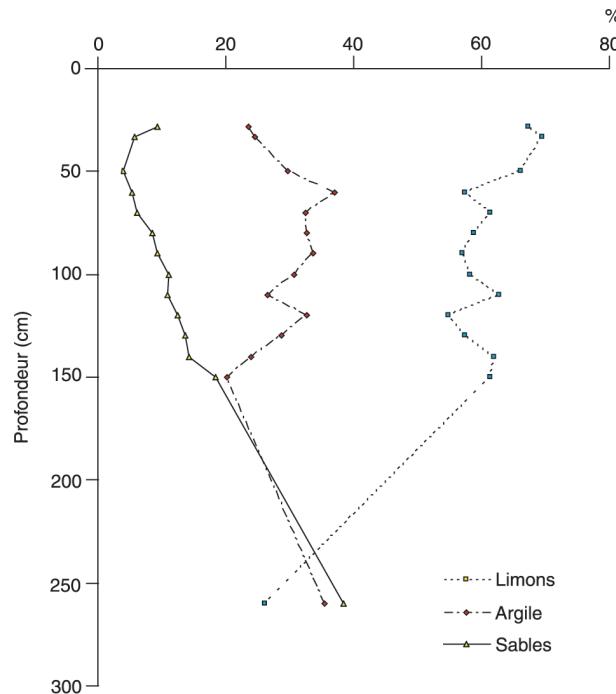
**Figure 4.** Cumul annuel des pluies calculé à partir des pluies journalières sur le bassin de l'Orgeval (moyenne de l'ensemble des pluviomètres répartis sur le bassin) ; moyenne sur l'ensemble de la période d'observation, soit de 1963 à 2012 (courbe rouge).

**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
Njours 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 <sup>2</sup> )	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).



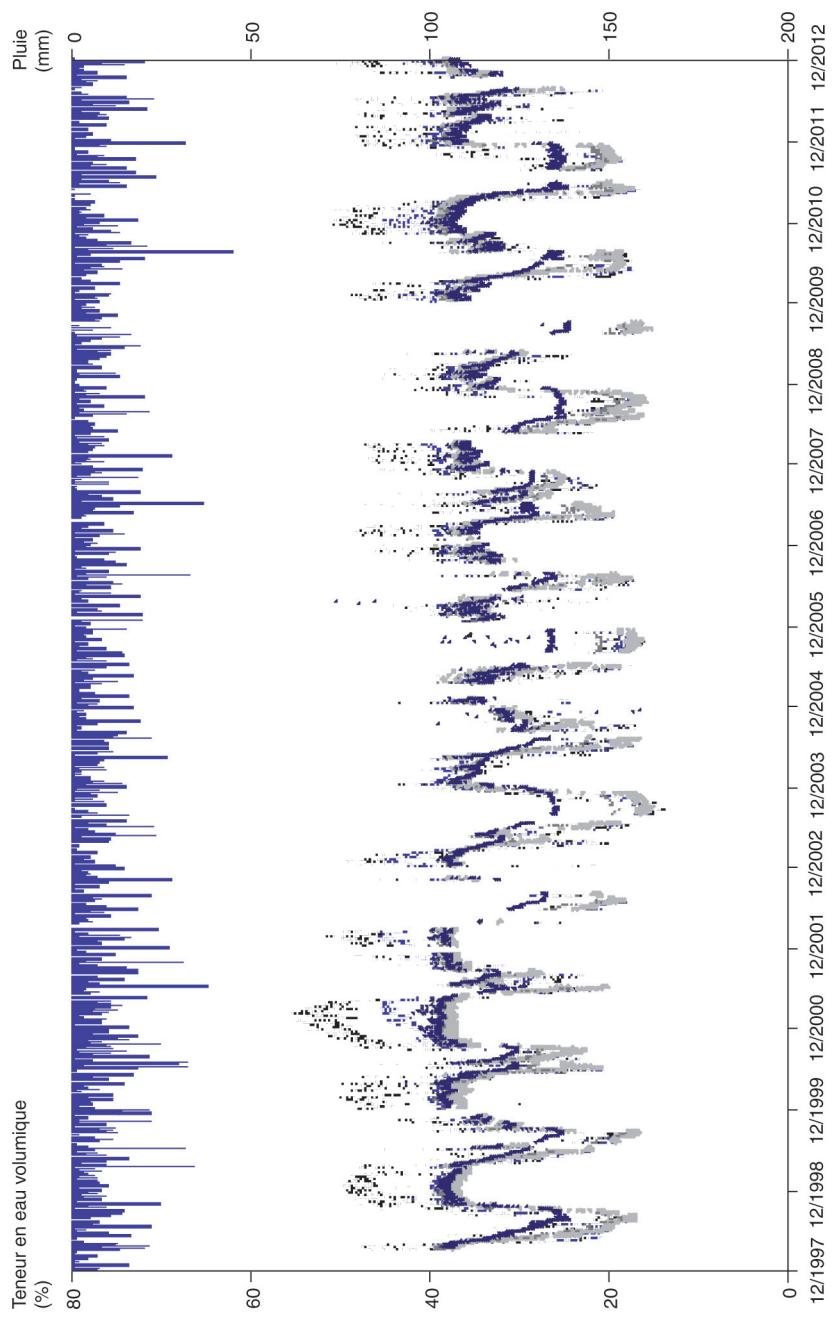
**Figure 5.** Granulométrie mesurée par l'Irstea en 1972 sur la parcelle de Boissy-le-Châtel.

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 épaisse 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



**Figure 6.** Humidité volumique du sol à différentes profondeurs (5 à 45 cm) mesurées par sonde TDR à la station de Boissy-le-Châtel entre 1998 et 2012.

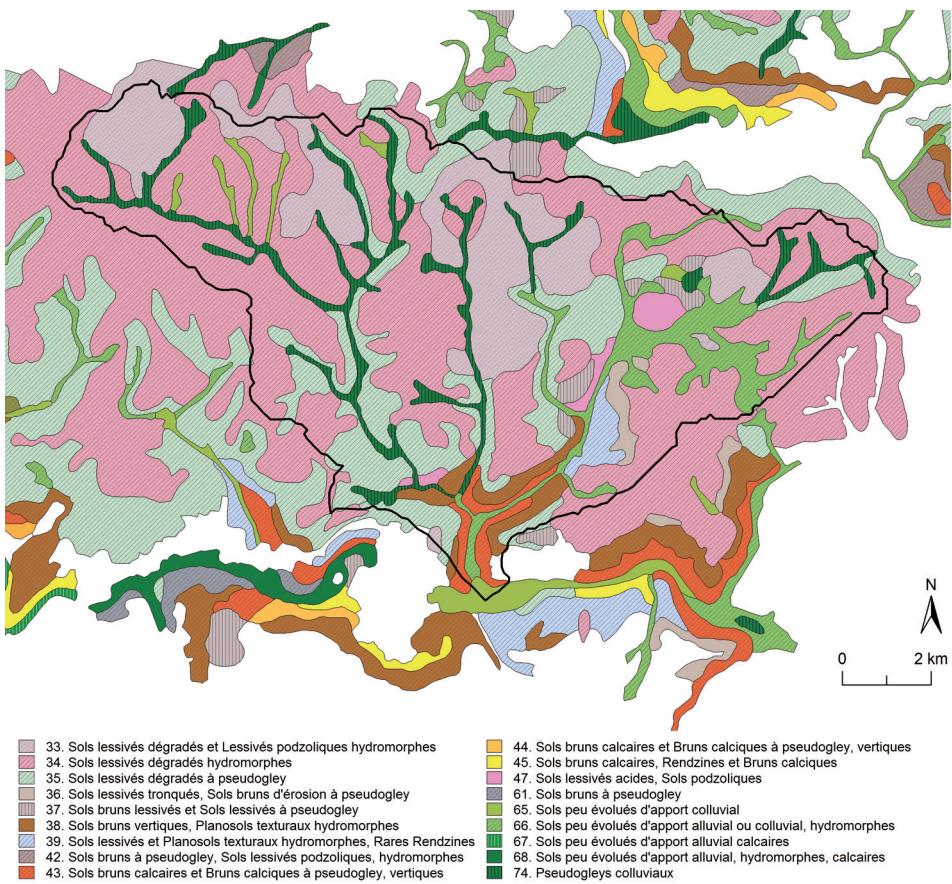


Figure 7. Carte pédologique du bassin versant de l'Orgeval établie par le GIS Sol, Inra Orléans, en 2007.

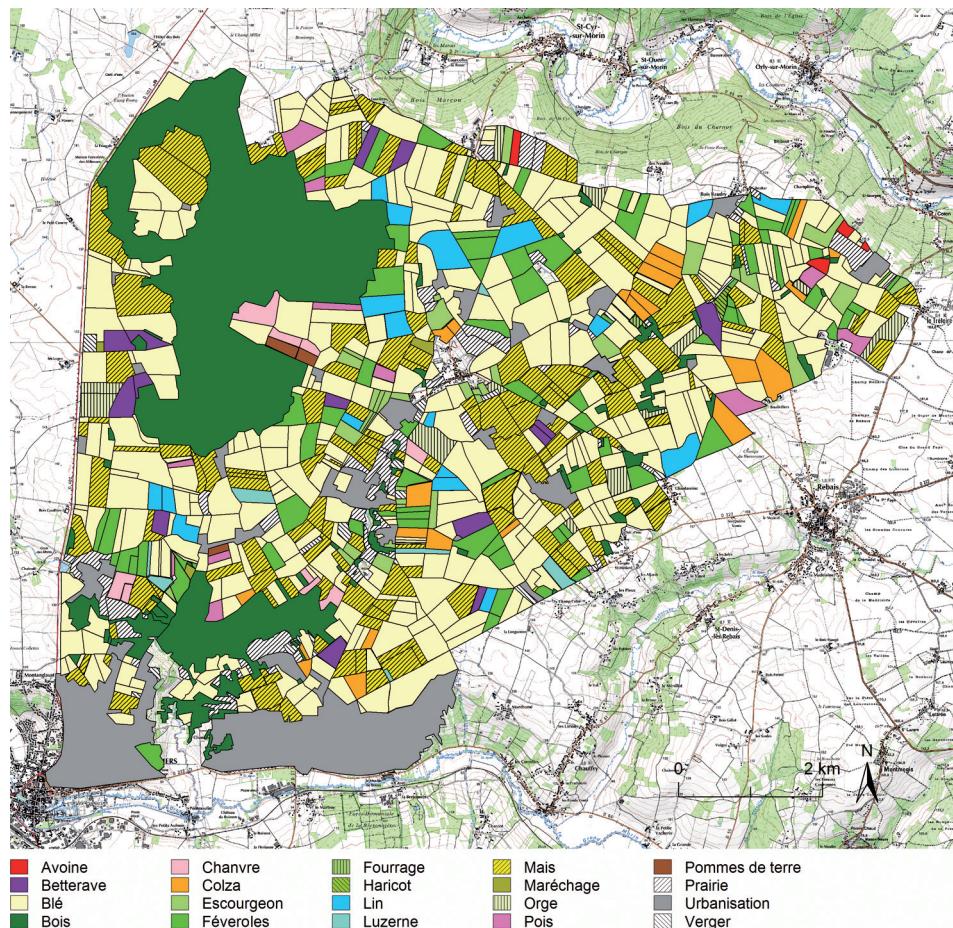
estimé selon les types de sol ou calculé), état hydrorique du sol (mesuré par sonde neutronique, TDR et télédétection), etc. (Emblanch, 1994 ; Loys, 1995 ; Benallègue *et al.*, 1995 ; Lobligeois, 1996 ; Taconet *et al.*, 1996 ; Troude, 1998). Ces paramètres présentent une certaine homogénéité au sein des parcelles de même nature pédologique et pour une même profondeur. Il a également été montré que les sols du bassin de l'Orgeval sont pauvres en matières organiques et que leur porosité est peu variable d'une parcelle à l'autre. Ceci explique une stabilité structurale faible des sols qui toutefois peut être compensée par la perméabilité. Ainsi, le bassin versant de l'Orgeval manifeste une sensibilité particulière à l'érosion en nappe, même si celle-ci reste fonction du couvert végétal.

### Occupation du sol et aménagements hydroagricoles

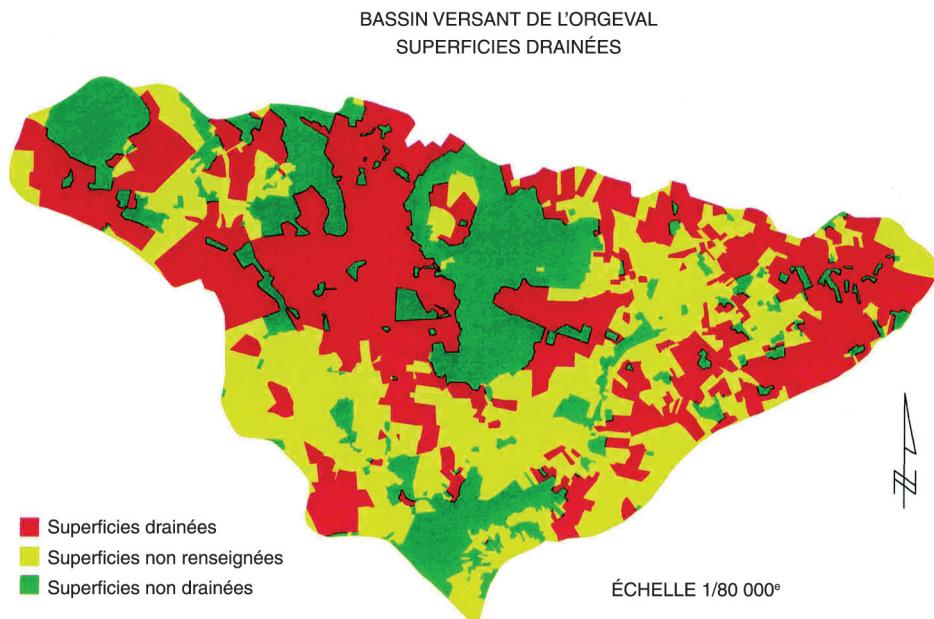
La connaissance du couvert végétal et des pratiques agricoles est importante pour l'étude de l'érosion des sols ou des pollutions diffuses d'origine agricole. De même, les aménagements hydroagricoles et leurs évolutions peuvent avoir un impact sur l'hydrologie du bassin.

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. L'Irstea effectue chaque année depuis 1998 une carte des cultures de toute la partie est du bassin (figure 8) et a suivi de la même manière, de 1975 à 1995, le sous-bassin versant de Mélarchez (nord-est du bassin). Depuis 1975, la culture majoritaire du bassin est le blé, qui représente encore aujourd’hui près de 40 % de la surface totale du bassin (jusqu'à 50 % en 1982). Le maïs, deuxième culture du bassin, peut représenter 5 à 20 % de l’occupation suivant les années. 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 al.*, 2011). L’ensemble des données recueillies est disponible *via* la base de données APOCA\_BDD développée par l’Inra de Mirecourt en 2012.

Les différents types d’aménagements hydroagricoles 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 »



**Figure 8.** Carte des cultures de la partie est du bassin versant de l'Orgeval pour l'année 2012.



**Figure 9.** Carte de répartition du réseau de drainage sur le bassin de l'Orgeval (Trincal, 1994).

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 de l'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.

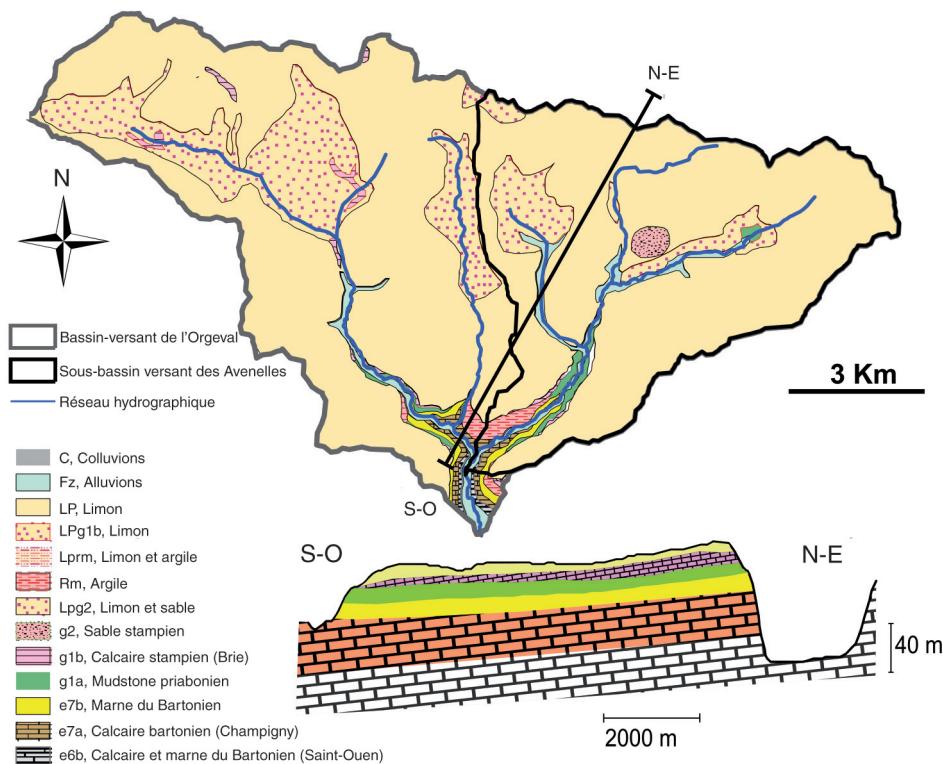
Une grande partie du bassin versant de l'Orgeval est par ailleurs drainée par tuyaux enterrés (drains en poterie datant du début du siècle ou en PVC installés après 1985) ; selon les informations disponibles, 41,5 % de la surface totale du bassin est drainée, 25 % non drainée et 33,5 % n'est pas renseignée (figure 9). 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 pédogéologiques (Bleuse, 1999). Henine (2010) a montré également que le drainage avait pour effet d'écrêter les crues importantes, les drains ayant un rôle transitoire de stockage.

### Géologie et hydrogéologie

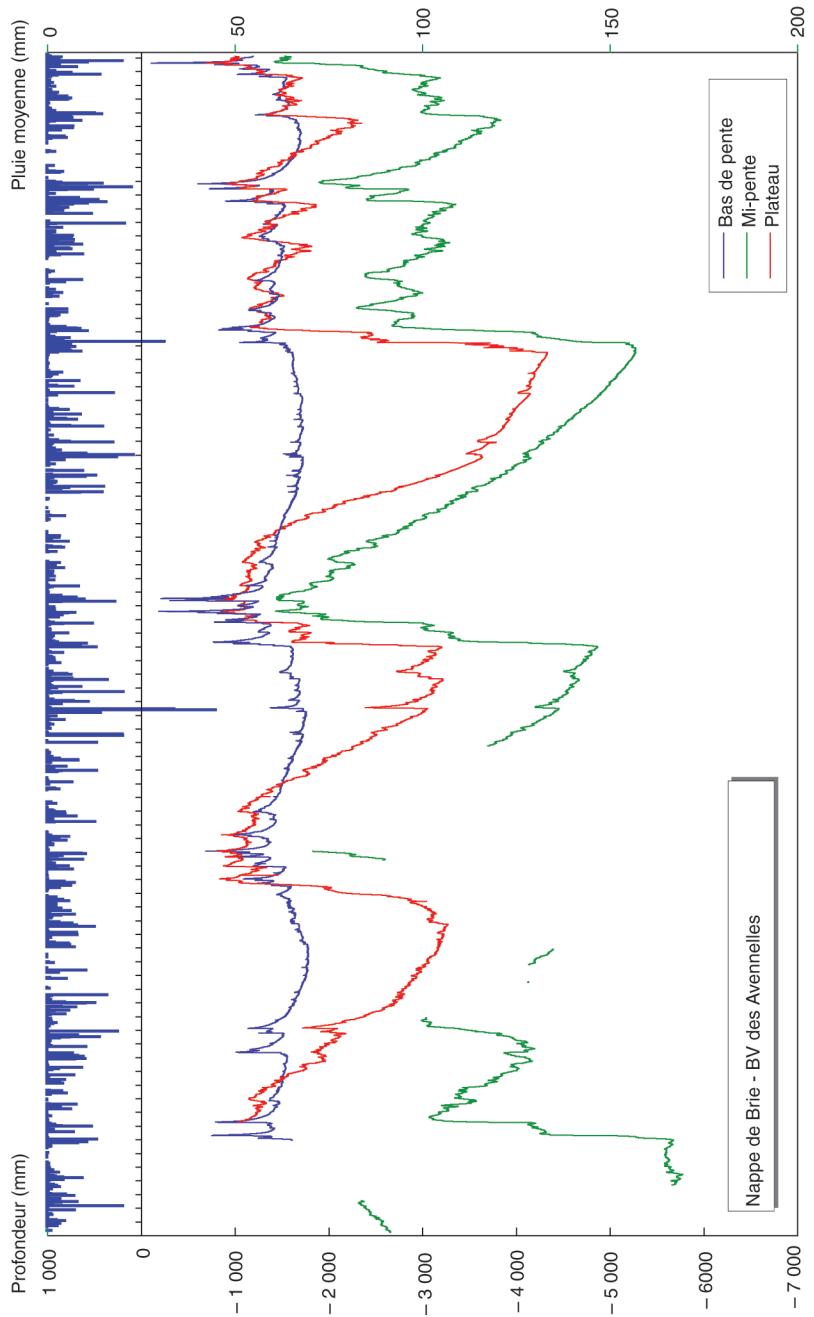
Le bassin versant de l'Orgeval est représentatif de la géomorphologie des bassins incisés propres à l'hydrosystème Seine sur sa zone centrale où les formations tertiaires

de l'Oligocène (aquifère de Brie) et de l'Éocène (calcaires de Champigny) sont affleurentes dans les vallées (Mourhi *et al.*, 2012) (figure 10). D'après Canipelle (1964), il existe quatre autres niveaux géologiques sur l'Orgeval susceptibles de renfermer des nappes d'eau : les sables de Fontainebleau, renfermant une nappe dite « ruisselée », les marnes de Pantin, qui déterminent un niveau de source sporadique, remarqué dans le ru des Avenelles, les sables de Monceau et le calcaire de Saint-Ouen, formation la plus profonde (nappe captive) au toit de marnes infragypseuses, qui participe à l'alimentation du Grand Morin lorsqu'elle n'est pas surmontée d'alluvions (Coulommiers, Pommeuse).

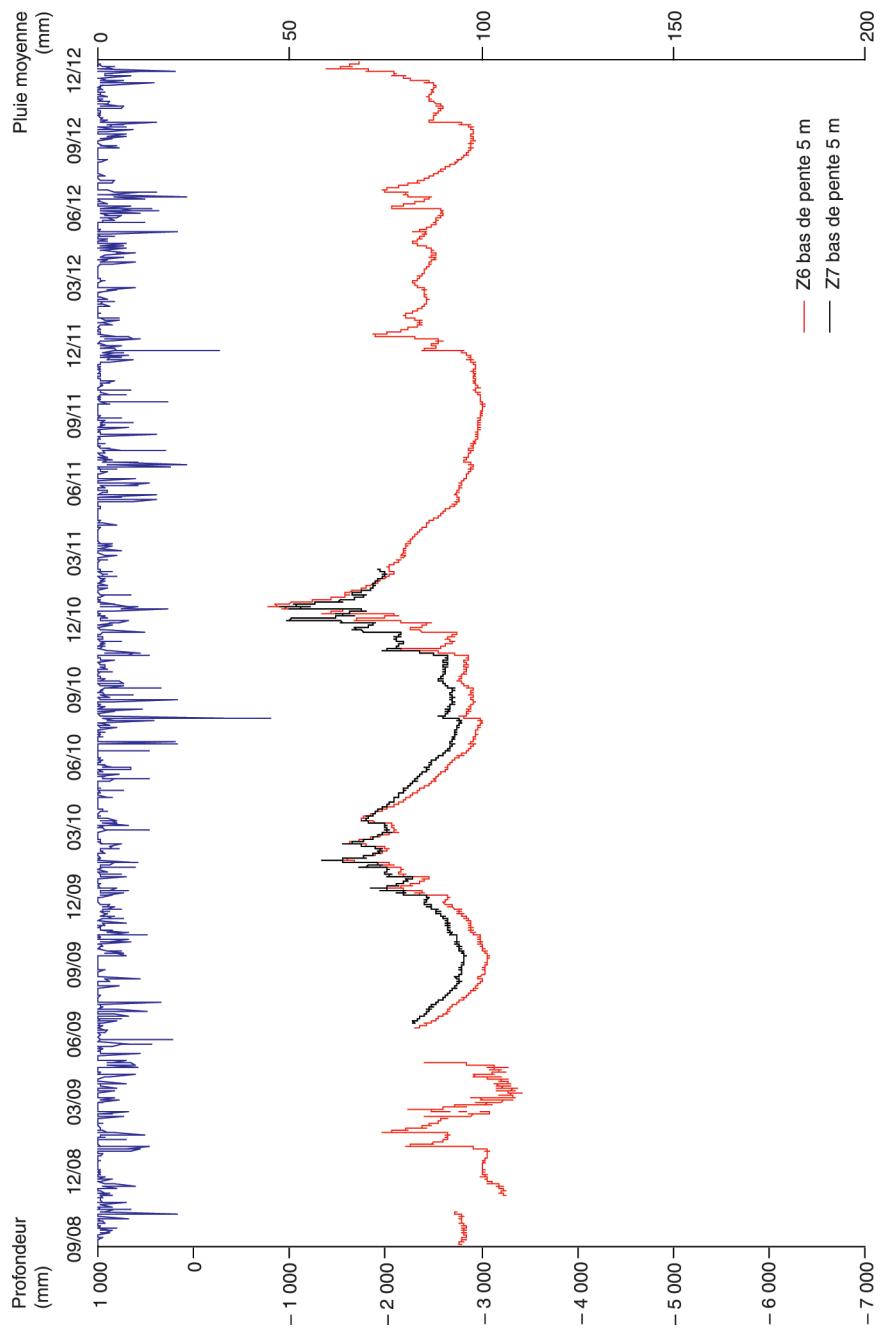
La formation de Brie comporte principalement des calcaires siliceux ou marneux, des argiles grises à altérations brunes avec des pisolithes ferrugineuses. Elle est le plus souvent masquée par des limons superficiels couvrant 80 % du bassin. L'épaisseur de la formation serait d'une vingtaine de mètres (Boureghda, 1988). La nappe contenue dans les calcaires de Brie est soutenue par les marnes vertes quasiment imperméables (Mégnien, 1979). La nappe, de 4 à 5 m de profondeur seulement, est morcelée dans la partie orientale, alors que dans la partie occidentale elle forme trois zones de grande extension. Les gradients de la nappe sont en général de 2 à 3 %, mais peuvent atteindre 10 à 15 % en bordure de vallée.



**Figure 10.** Carte géologique du bassin versant de l'Orgeval et coupe géologique nord-est/sud-ouest (Mourhi *et al.*, 2012).



**Figure 11.** Variation piézométrique de la nappe de Brie sur le plateau des Avenelles mesurée de 2008 à 2012 par la Fise et l'Irstea.



**Figure 12.** Variation piézométrique de la nappe de Champigny dans la vallée du Grand Morin mesurée de 2008 à 2012 par la Fise et l'Irstea.

De nombreuses sources sont situées à la rupture de pente des flancs de vallons. Les sables de Fontainebleau peuvent contribuer à l'alimentation de ces sources (Filiz, 1973). Du point de vue hydrogéologique, les limons constituent, avec la formation de Brie, un même aquifère (Mégnien, 1979). Leur perméabilité assez faible serait du même ordre de grandeur que les moins bonnes perméabilités de l'aquifère de Brie :  $1 \times 10^{-5} \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  (Mégnien, 1979). La transmissivité de la nappe est évaluée à  $2,5 \times 10^{-4} \text{ m}^2\cdot\text{s}^{-1}$  à la descente et  $2,15 \times 10^{-4} \text{ m}^2\cdot\text{s}^{-1}$  à la remontée. Son coefficient d'emmagasinement moyen est de l'ordre de 4 % (Mégnien, 1979). Les variations piézométriques de cette nappe très hétérogène sont importantes : jusqu'à plus de 5 m de profondeur en période sèche, alors que la nappe peut affleurer en hiver. Elle est relativement réactive aux épisodes pluvieux, lors de la période de hautes eaux (de décembre à mars, c'est-à-dire après recharge de la zone saturée) (figure 11).

La nappe du calcaire de Champigny, aquifère de perméabilité de fissure, est recouverte sur les plateaux par le manteau des argiles vertes. Elle est alimentée par les flancs de vallées et localement par les zones poreuses et les gouffres (Campinchi et Morisseau, 1983). La partie perméable et saturée de la formation de Champigny peut atteindre 40 à 60 m et est plus réduite au nord et à l'est. Plusieurs essais de pompage dans la nappe de Champigny ont été réalisés et ont permis de déterminer des valeurs de transmissivité. La médiane des valeurs est de  $2,6 \times 10^{-3} \text{ m}^2\cdot\text{s}^{-1}$ , mais on constate une très grande dispersion entre les extrêmes de  $2 \times 10^{-4}$  et  $9,4 \times 10^{-2} \text{ m}^2\cdot\text{s}^{-1}$ . Le coefficient d'emmagasinement moyen est de l'ordre de 5 % (la fourchette allant de 2,5 à 8,5 %). En fond de vallée, les variations piézométriques de cette nappe sont également importantes : jusqu'à 3 m de profondeur en période sèche, alors que la nappe peut affleurer en hiver (figure 12).

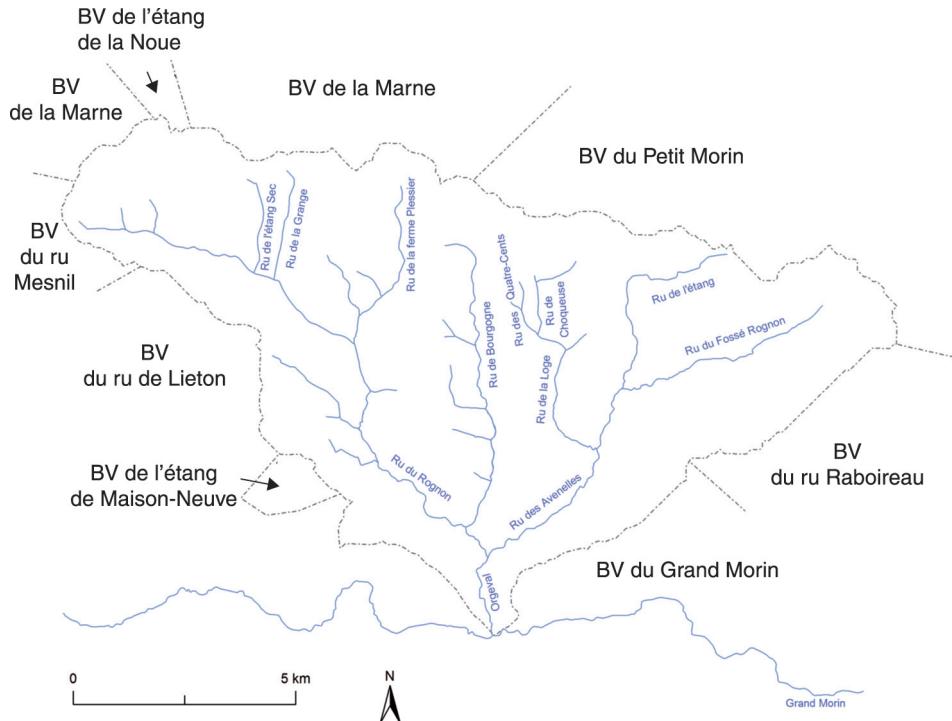
Le tracé d'une carte piézométrique sur le bassin de l'Orgeval est problématique car il existe plusieurs niveaux piézométriques en saison hivernale, d'où la grande simplification de considérer qu'il y a une nappe dans un faciès argilo-sableux au nord-est du bassin et une nappe dans un faciès calcaire vers Doue (centre est) et à l'ouest.

## Hydrologie

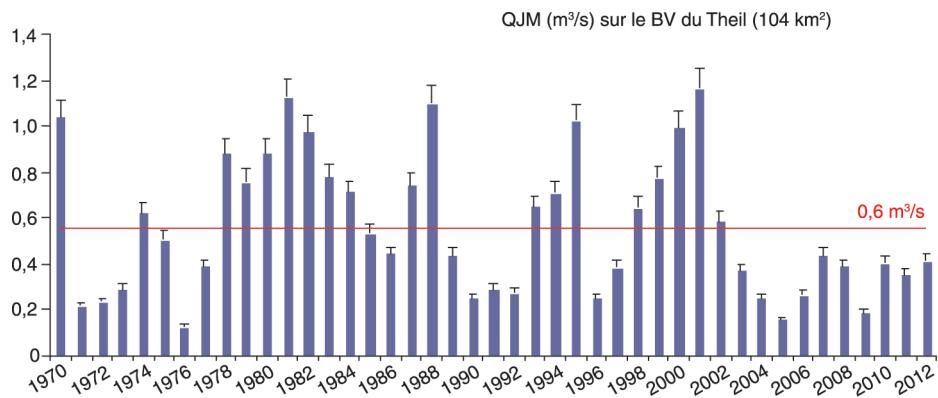
Le ru de l'Orgeval est un affluent de rive droite du Grand Morin dans lequel il se jette à 2 km en amont de Coulommiers. Cet émissaire d'une longueur de 1,7 km est constitué par la réunion de deux ruisseaux principaux : le ru de Rognon (grossi par le ru de Bourgogne), d'une longueur de 15,6 km et drainant un bassin de 57 km<sup>2</sup>, et le ru des Avenelles, d'une longueur de 11,2 km et drainant un bassin de 46 km<sup>2</sup> (Navratil, 2005) (figure 13).

Le débit moyen journalier interannuel de l'Orgeval est de 0,6 m<sup>3</sup>/s avec un maximum de 26 m<sup>3</sup>/s et un minimum de 0,02 m<sup>3</sup>/s (figure 14). Le bassin présente des fluctuations saisonnières de débit typiques des rivières de la Brie ou du centre-est du Bassin parisien. Les hautes eaux sont observées en hiver, de décembre à mars inclus (avec un maximum en février), et les basses eaux en été, de juillet à septembre (minimum au mois d'août et septembre) (figure 15). L'hydrogramme de crue de l'Orgeval, décomposé via l'utilisation de traceurs tels que le deutérium, la conductivité électrique de l'eau et des traceurs chimiques (nitrate, sulfate, chlore...), montre la part d'écoulement rapide et de ruissellement, ainsi que la part importante d'eaux de nappes (tableau 3) (Roussel, 1995).

Au-delà des suivis débitmétriques du bassin, les différents processus du cycle hydrologique de l'Orgeval ont fait l'objet de nombreux travaux de recherche s'appuyant sur des mesures aux sols, des observations spatiales et de la modélisation. Ainsi, certains



**Figure 13.** Carte hydrographique du bassin versant de l'Orgeval (Navratil, 2005).



**Figure 14.** Débit moyen journalier à l'exutoire du bassin de l'Orgeval (104 km<sup>2</sup>, station du Theil) et moyenne sur l'ensemble de la période d'observation de 1970 à 2012 (courbe rouge).

ateurs ont pu relier le ruissellement et/ou l'infiltration aux caractéristiques physiques du sol (humidité, texture, état de surface, occupation) (Loumagne, 1984 ; Le Gallic, 1985 ; Boureghda, 1988 ; Augeard *et al.*, 2005 ; Baghdadi *et al.*, 2008 ; Aubert *et al.*, 2011), aux précipitations *via* des simulations de pluie et des techniques de télédétection (Jarry, 1987). D'autres ont également évalué ces processus avec la mise en place

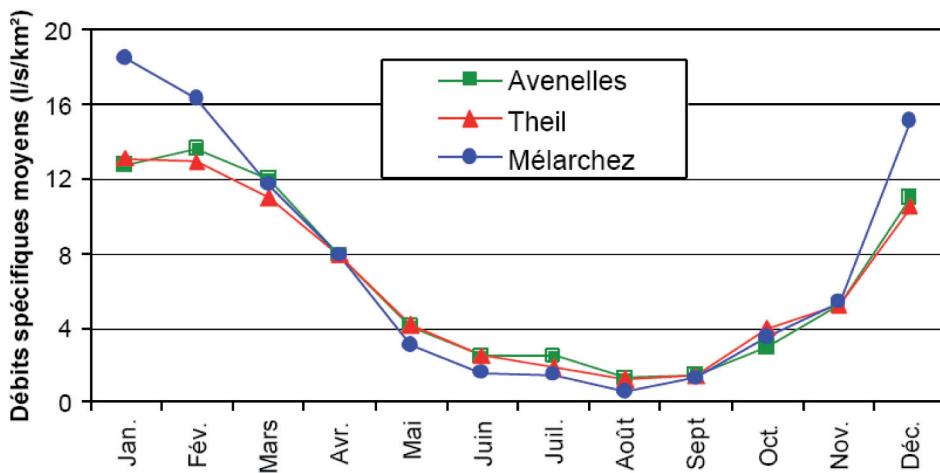


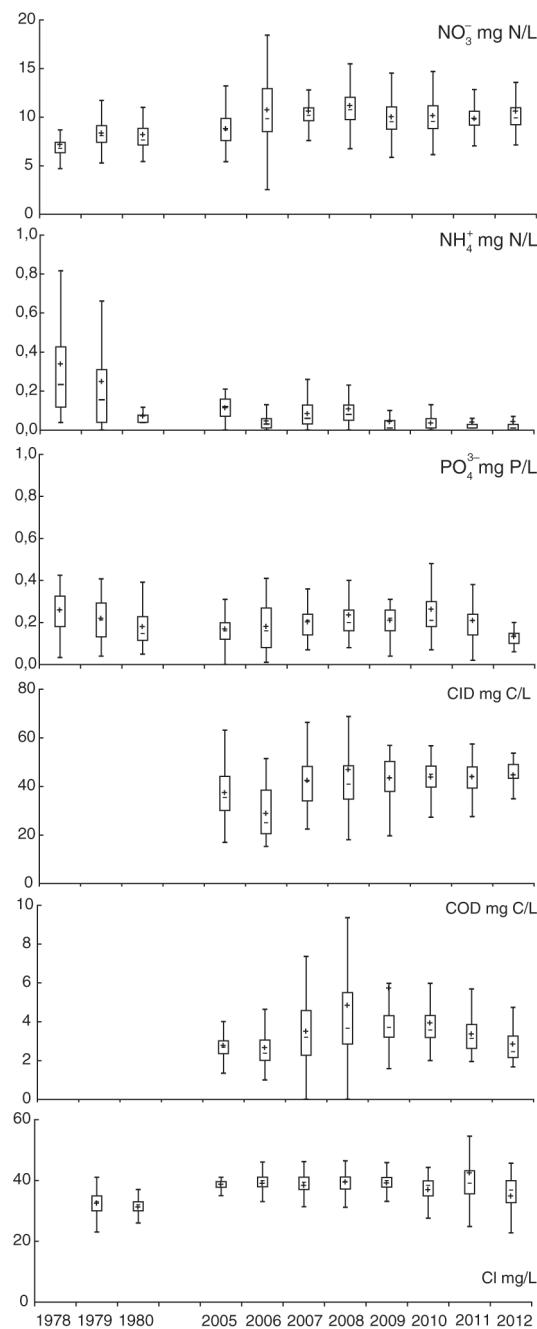
Figure 15. Courbes des régimes hydrologiques des trois sous-bassins de l'Orgeval : Mélarchez, Avenelles et l'exutoire du Theil, calculées sur 41 ans (Riffard *et al.*, 2002).

Tableau 3. Contributions relatives des composantes de l'hydrogramme de crue mises en évidence par le deutérium et le nitrate sur le sous-bassin versant amont de Mélarchez et au Theil, exutoire du bassin versant de l'Orgeval (Roussel, 1995).

	Eau des limons	Eau de la nappe	Eau ruisselée
Mélarchez	14,5 %	63 %	22,5 %
Theil	9 %	71 %	20 %

de suivis expérimentaux *in situ* (Loys, 1995 ; Fonty, 2004 ; Augerard, 2006 ; Woudstra, 2006 ; Ponsaud, 2007) ou l'utilisation de traceurs chimiques et isotopiques tels que l'oxygène 18, les nitrates, le chlore ou les sulfates (Filiz, 1973 ; Roussel, 1995 ; Paret, 2001). Ainsi, les paramètres explicatifs du ruissellement sont d'ordre pédologique, agronomique et climatique.

L'érosion a fait l'objet d'un travail particulier sur l'Orgeval, mené notamment à travers un suivi, sur une longue période (1975 à 1981), des flux exportés de matière en suspension (MES) (Bélamie, 1983 ; Gafrej, 1993 ; Kribiche, 1999 ; Woudstra, 2006). Si les concentrations en MES présentent une grande variabilité, fonction de chaque épisode pluvieux, à l'échelle annuelle les pertes moyennes à l'exutoire restent globalement proportionnelles au débit (Bélamie, 1983). Gafrej (1993) montre que les concentrations en MES sur le bassin de Mélarchez sont plus importantes (de 1 à 5 fois) que celles mesurées à l'exutoire en saisons humides et inversement en saisons sèches. Kribiche (1999) propose, après intégration de facteurs physiques caractéristiques de l'évolution structurale du sol et du couvert végétal, une modélisation de transfert des MES couplée à un modèle hydrologique. Il met ainsi en avant d'autres paramètres physiques du sol intervenant sur le processus d'érosion tels que son humidité relative et sa rugosité.



**Figure 16.** Concentrations observées à la station du Theil en nitrate, ammonium, phosphate, carbone organique et inorganique dissous et chlorure. (Box plot : + moyenne, – médiane, box délimitée par le Q1 (10 %) et Q3 (70 %), – moustache inférieure et supérieure).

## Qualité de l'eau et biodiversité

La qualité chimique de l'eau est suivie depuis 1975 à l'exutoire du bassin de Mélarchez et depuis 1978 à l'exutoire du Theil (figure 16) pour certains paramètres liés à la pollution diffuse tels que : les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ), les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ), l'ammoniaque ( $\text{NH}_4^+$ ), les phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), le phosphore total (P), le potassium ( $\text{K}^+$ ), les chlorures ( $\text{Cl}^-$ ), les matières en suspension (MES), la conductivité et le pH. La qualité de l'eau est également suivie au niveau des piézomètres, des drains, de certaine source et dans le pluviomètre de Boissy-le-Châtel.

Pour exemple, les concentrations mesurées à l'exutoire du bassin (station du Theil) sont en moyennes annuelles de l'ordre de  $635 \pm 60 \mu\text{s/cm}$  pour la conductivité électrique, de  $3,5 \pm 0,8$  pour le potassium, de  $28,9 \pm 21 \text{ mg/l}$  avec des maximums mesurés jusqu'à  $357 \text{ mg/l}$  lors de certains épisodes de crue, un pH de  $8,3 \pm 0,04$  avec des maximums mesurés à 9 et des minimums à 7,4. Les nitrites et l'ammonium sont très peu représentés sur le bassin de l'Orgeval, les maximums enregistrés étant de  $0,8 \text{ mgN/l}$  et  $1,5 \text{ mgN/l}$  respectivement. Il en va de même pour le phosphore dissous qui ne dépassent pas  $0,2 \pm 0,02 \text{ mgP/l}$  en moyenne annuelle. La pollution diffuse la plus importante en terme de concentrations est représentée par les nitrates, avec des valeurs moyennes annuelles de  $9,6 \pm 0,8 \text{ mg N/l}$ . Si les concentrations moyennes annuelles de nitrates mesurées sur le bassin depuis 1975 tendent à augmenter jusqu'en 2006, elles se stabilisent depuis lors. Les fortes concentrations observées sont expliquées par les apports anthropiques d'azote sur les parcelles cultivées. Suivant les précipitations et les reliquats, les flux exportés en nitrate à l'exutoire peuvent aller de 0,5 à 15 kg N/ha par an (station de Goins, années hydrologiques 2000 à 2007 ; Billy, 2008). Les comportements caractéristiques des parcelles drainées peuvent être classés en deux types : des comportements de dilution en pleine saison hivernale et des comportements d'entraînement en saison printanière. La forêt, qui occupe 18 % du territoire de l'Orgeval, et à travers laquelle transittent certains rus, est une zone tampon. Elle participe à la diminution de certaines pollutions diffuses sur le bassin des Quatre-Cents et en partie sur le bassin de Choqueuse, par exemple (Billy, 2005).

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 (Talès *et al.*, 2008). Quatorze espèces ont été recensées, ce qui correspond à une richesse spécifique légèrement inférieure à la tendance moyenne des cours d'eau de taille analogue de l'ensemble du bassin de la Seine. Le peuplement de poissons est constitué majoritairement par la truite et ses espèces d'accompagnement, vairon, chabot et loche franche. Les espèces traditionnelles d'eau calme sont également représentées par quelques individus. On remarque aussi la présence d'anguilles à de très faibles effectifs.

## Conclusion

La caractérisation du bassin de l'Orgeval est essentielle pour la modélisation présentée dans ce livre. Comme nous le verrons dans les chapitres suivants, le bassin de l'Orgeval n'est pas parmi ceux que nous savons le mieux modéliser, loin s'en faut. Il présente une complexité de fonctionnement que nous n'avons pas fini d'élucider, mais dont on peut penser qu'elle tient dans la variation temporelle du milieu physique sol et dans les interactions complexes entre aquifères temporaires et permanents. La qualité de l'eau et

les problèmes d'érosion, qui présentent un intérêt propre, doivent être approfondis simultanément pour en tirer toutes les informations possibles sur les écoulements eux-mêmes.

Même si nous avions tout compris sur l'Orgeval, il faudrait continuer à observer les changements socio-économiques qui s'y déroulent, ainsi que leurs conséquences sur l'occupation de l'espace, puis sur le régime et la qualité des eaux. Selon le rythme des changements, l'intérêt de la recherche peut s'émosser, et ce n'est sans doute pas à elle seule de soutenir des observations de long terme. L'intérêt social de ces recherches se justifie si elles sont transposables. Il est possible que des recherches « pointues » finissent par être trop monographiques et inexploitables ailleurs. Mais il reste beaucoup à apprendre, y compris en visant à conserver le même degré de généralité que pour les acquis précédents.

## Références bibliographiques

- Aubert M., Baghdadi N., Zribi M., Douaoui A., Loumagne C., Baup F., El Hajj M., Garrigues S., 2011. Analysis of TerraSAR-X data sensitivity to bare soil moisture, roughness, composition and soil crust. *Remote Sens. Environ.*, 115, 1801-1810.
- 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.
- Augeard B., 2006. Mécanismes de genèse du ruissellement sur sol agricole drainé sensible à la battance. Études expérimentales et modélisation, Doctorat Sciences de l'eau, Engref, Paris, 236 p.
- Bazin A., 1907. *Étude sur la rivière et la vallée du Grand Morin*. Coulommiers. Imprimerie Paul Brodard.
- Baghdadi N., Zribi M., Loumagne C., Ansart P., Paris Anguela T., 2008. Analysis of TerraSAR-X data and their sensitivity to soil surface parameters over bare agricultural fields. *Remote Sens. Environ.*, 112, 12, 4370-4379.
- Benallègue M., Taconet O., Vidal-Majard D., Normand M., 1995. The use of radar backscattering signals for measuring soil moisture and surface roughness. *Remote Sens. Environ.*, 53, 61-68.
- Bélamie R., 1983. Étude des pollutions diffuses en territoire rural : éléments de méthodologie, application à l'étude des bassins versants représentatifs. Colloque sur l'eutrophisation et la pollution du Léman, 31 août/3 septembre 1983, 48 p.
- Billy C., 2005. Caractérisation et quantification des transferts d'azote de la parcelle drainée au bassin versant agricole. Cas du bassin de l'Orgeval. Master 2 Sciences et technologies, Université Pierre-et-Marie-Curie, Paris, 51 p.
- Billy C., 2008. Transfert et rétention d'azote à l'échelle d'un bassin versant agricole artificiellement drain. Doctorat de l'Université Pierre-et-Marie-Curie.
- Bleuse N., 1999. Influence de la forêt sur l'écoulement et la qualité des eaux de deux petits bassins versants ruraux. Maîtrise de géographie physique, Université de Paris I, 134 p.
- Boureghda S., 1988. Influence des caractéristiques physiques (texture, état de surface) de divers sols à végétation naturelle ou cultivés sur leur susceptibilité au ruissellement et

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

- à l'érosion. Etude expérimentale au champ sous pluies simulées. Doctorat de l'Université d'Orléans, Laboratoire d'hydrogéologie, 251 p.
- Campinchi J., Morisseau M., 1983. Étude bibliographique en vue du renforcement de l'alimentation en eau potable (haute vallée du Grand Morin), BRGM, 83SNG 693 IDF, 27 p.
- Canipelle A., 1964. Géologie du bassin versant de l'Orgeval (affluent du Grand Morin – région de Coulommiers S. et M.). Introduction à son étude hydrogéologique. Doctorat, Faculté des Sciences de l'Université de Paris, 44 p. + annexes.
- Emblanch C., 1994. Premiers résultats de la campagne de télédétection radar Orgeval 94 pour la détermination de l'humidité de surface des sols. Mémoire de DEA national d'Hydrologie. Université Paris-Sud, Orsay, 77 p. + annexes.
- Filiz S., 1973. Étude du ruissellement et de l'infiltration sur le bassin versant expérimental de l'Orgeval à l'aide de l'oxygène 18. Doctorat de l'Université Paris VI, 95 p.
- Fonty A., 2004. Répartition de l'infiltration et du ruissellement lors d'un épisode pluvieux sur des sols sensibles à la battance : Expérimentations et modélisations. Diplôme d'Ingénieurs de l'Ecole Polytechnique, de l'Université d'Orléans. 85 p.
- Gafrej R., 1993. Modélisation conceptuelle du transfert des matières en suspension. Effets d'échelles spatio-temporelles. Doctorat de l'Université Paris VI, 180 p.
- Henine H., 2010. Couplage des processus hydrologiques reliant parcelles agricoles drainées, collecteurs enterrés et émissaire à surface libre : intégration à l'échelle du bassin versant. Doctorat de l'Université Pierre-et-Marie-Curie.
- Jarry F., 1987. Le ruissellement sur les terres agricoles : approche par simulation de pluie et par télédétection. Doctorat en géographie, Université Paris 7, 276 p.
- Kribiche R., 1999. Facteurs physiques de l'érosion significatifs au niveau des flux exportés par les bassins versants. Identification par modélisation. Doctorat en Hydrologie, Université Paris VI, 211 p.
- Le Gallic P., 1985. Etat hydrique et coefficient d'écoulement, Mémoire de DEA Ressources en eau, Université Paris-Sud, 59 p. + annexes.
- Lobligo F., 1996. Suivi hydrologique du bassin de l'Orgeval à partir des radars spatiaux ERS1 et ERS2. DEA Hydrologie-hydrogéologie, Université Paris-Sud, Orsay, 95 p.
- Loumagne C., 1984. Pré-détermination du coefficient d'écoulement. DEA Géologie appliquée, Ressources en eau, Université Paris-Sud, 114 p.
- Loys S., 1995. Détermination de facteurs conditionnant l'écoulement par observation spatiale et mesures au sol. Magistère Sciences de la terre, Université Paris VI, 68 p.
- Mégnien C., 1979. Hydrogéologie du centre du bassin de Paris. Contribution à l'étude de quelques aquifères principaux. Rapport BRGM/Thèse.
- Mouhri A., Flipo N., Rejiba F., De Fouquet C., Tallec G., Bodet L., Durand V., Jost A., Guérin R., Ansart P., 2012. Stratégie d'échantillonnage des échanges nappe-rivière du bassin agricole de l'Orgeval. Programme Piren-Seine, rapport d'activité 2011.
- Navratil O., 2005. Débit de pleins bords et géométrie hydraulique : une description synthétique de la morphologie des cours d'eau pour relier le bassin versant et les habitats aquatiques.

Doctorat en mécanique des milieux géophysiques et environnement, Institut national polytechnique de Grenoble, 328 p.

Nicola L., Schott C., Blanchoud H., 2011. Dynamique de changement des pratiques agricoles dans le bassin versant de l'Orgeval et création de la base de données APOCA (Agricultural Practices of the Orgeval Catchment Area). Programme Piren-Seine, rapport d'activité 2011.

Paret S., 2001. Étude du fonctionnement de petits bassins versants agricoles et forestiers de l'Orgeval. Apports des isotopes stables, Mémoire de DEA Hydrologie, Hydrogéologie : Géostatistiques et Géochimie, 64 p + annexes.

Pecqueur S., 1997. La dynamique fluviale dans le bassin versant du Grand Morin : l'exemple de l'Orgeval près de Coulommiers. Mémoire de maîtrise de géographie physique. Université de Paris I, 163 p.

Ponsaud C., 2007. Modélisation du ruissellement hivernal des sols agricoles drainés. Application du modèle STREAM sur le bassin versant de Goins (77). Diplôme d'ingénieur, Master 2 Risques technologiques et naturels, Engees, Strasbourg.

Riffard M., Augeard B., Kao C., Andréassian V., Ansart P., Chaumont C., 2002. Synthèse des recherches effectuées sur le bassin versant de l'Orgeval, affluent du Grand Morin, sur la thématique ruissellement/érosion, 1962-2002. Rapport Irstea, 60 p.

Roussel C., 1995. Séparation des composantes d'un hydrogramme de crue par l'utilisation de traceurs chimiques et isotopiques sur le sous-bassin amont et à l'exutoire principal du bassin versant de l'Orgeval. Master 2 Hydrochimie, hydrologie isotopique, Université de Paris XI, 75 p.

Talès E., Belliard J., Epissard J., Gorges G., Le Pichon C., Zahm A., 2007. Connaissance des peuplements de poissons dans les petits bassins versants. Rapport dans le cadre du programme Piren-Seine, Cemagref, HBAN.

Taconet O., Vidal-Madjar D., Emblanch C., Normand M., 1996. Taking into account vegetation effects to estimate soil moisture from C-Band radar measurements. *Remote Sens. Environ.*, 56, 52-56.

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, 60 p. + annexes.

Troude M., 1998. Étude de la variabilité spatiale de l'état hydrique du sol et recherche d'un indicateur global d'humidité à l'échelle d'un petit bassin versant agricole. Cemagref, Antony, QHAN. DEA Hydrogéologie, hydrologie, géostatistique et géochimie, Université Pierre-et-Marie-Curie, 62 p. + annexes.

Woudstra A., 2006. Modélisation du ruissellement hivernal sur des sols agricoles drainés. Application du modèle STREAM sur le bassin versant de Mélarchez (77). Master 2 Espaces, dynamique des milieux et risques, Université de Paris I.