



HAL
open science

Y a-t-il infiltration verticale sous drainage agricole ? Conséquence pour la recharge de la nappe de Brie

Julien Tournebize, Rémi Clément, Patrick Ansart, Cédric Chaumont, Sylvain Moreau, Hocine Henine

► **To cite this version:**

Julien Tournebize, Rémi Clément, Patrick Ansart, Cédric Chaumont, Sylvain Moreau, et al.. Y a-t-il infiltration verticale sous drainage agricole ? Conséquence pour la recharge de la nappe de Brie. [Rapport de recherche] irstea. 2011, pp.8. hal-02600838

HAL Id: hal-02600838

<https://hal.inrae.fr/hal-02600838>

Submitted on 16 May 2020

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.

Y a-t-il infiltration verticale sous drainage agricole ? Conséquence pour la recharge de la nappe de Brie

TOURNEBIZE Julien, CLEMENT Rémi, GUERIN Alain, ANSART Patrick, CHAUMONT Cédric, MOREAU Sylvain, HENINE Hocine

Unité de Recherche "Hydrosystèmes et Bioprocédés", IRSTEA,
1rue Pierre-Gilles de Gennes CS 10030, 92761 ANTONY cedex

Contexte et problématique

Avec près de 3 millions d'hectares drainés en France, soit 10% de la SAU, le drainage agricole a contribué à valoriser agronomiquement les sols hydromorphes. Cependant, le drainage accompagné par les travaux d'assainissement agricole (collecteurs et fossés) a fortement modifié le signal hydrologique des écoulements de surface.

Dans le bassin versant de la Seine, le drainage est inégalement réparti, mais peut représenter en certains endroits plus de 60% de la SAU (figure 1).

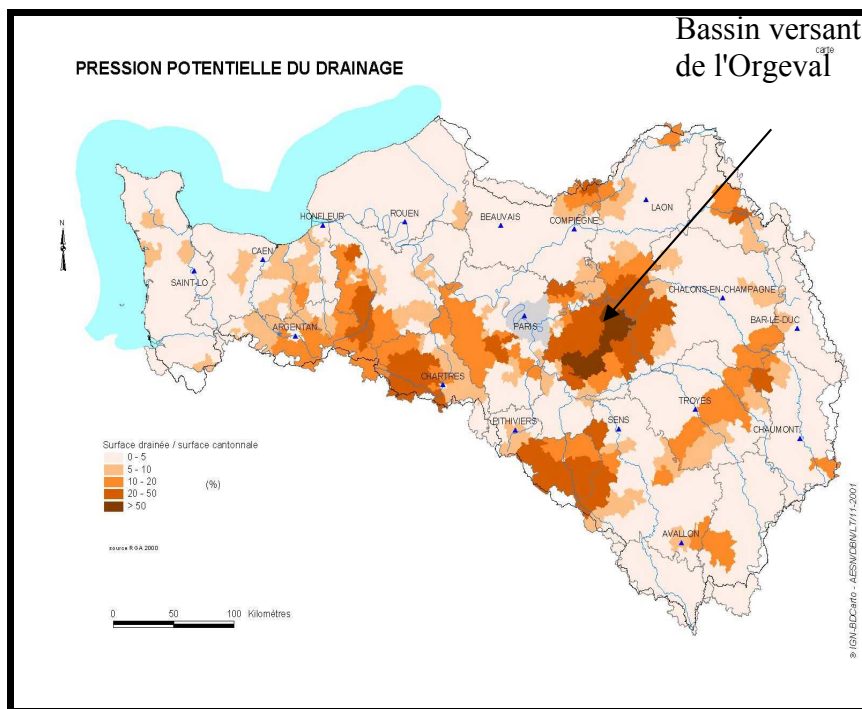


Figure 1. Localisation du drainage agricole dans le bassin de la Seine (source RGA 2000 et AESN).

Le bassin versant agricole de l'Orgeval (104km²), est un bassin versant artificiellement drainé (90 % de la SAU drainée). Il constitue donc un espace représentatif des zones drainées du bassin sédimentaire de la Seine. L'usage du sol est essentiellement à vocation agricole avec une agriculture intensive céréalière (82 % de zones agricoles vs 17 % de forêt). De plus, il est, depuis 2005, un site atelier du GIS ORACLE (Observatoire de Recherche sur les bassins versants ruraux Aménagés pour les Crues et Les Etiages). Le bassin versant de l'Orgeval, sous bassin versant du Grand Morin, est situé dans la région de la Brie, limité au Nord par la Marne, à l'Ouest et au Sud par la Seine et à l'Est par la cuesta d'Ile de France (passage brusque des formations tertiaires à la craie du secondaire). La nature géologique du sous-sol est de nature sédimentaire d'âge tertiaire. Ces formations peuvent être séparées en deux grands groupes : celles de l'Oligocène et celles de l'Eocène. L'Oligocène comprend les sables de Fontainebleau, les calcaires et meulières de Brie, les

argiles et marnes vertes. L'Éocène supérieur comprend les marnes supragypseuses, les calcaires de Champigny, des marnes infragypseuses, le calcaire de Saint-Ouen et des sables de Beauchamp.

La formation de Brie (Stampien inférieur) est présente sous l'ensemble du plateau. Elle est composée essentiellement de calcaires siliceux ou marneux, d'argiles grises et de meulières. On peut aussi observer la présence de sable de Fontainebleau. On la retrouve en affleurement sur la butte de Doue.

La nappe contenue dans les calcaires de Brie est soutenue par les argiles vertes. C'est un aquifère libre qui est alimenté par l'infiltration des eaux de pluie à travers la couche limoneuse superficielle. En période de hautes eaux la nappe peut atteindre les limons. L'eau remplit la formation sur 4 à 5 m seulement. La figure 2 décrit les variations de niveau de la nappe depuis 1989. Du point de vue hydrogéologique, les limons constituent, avec la formation de Brie, un même aquifère (Mégny, 1979). Leur perméabilité est assez faible. Mégny (1979) estime qu'elle doit être du même ordre de grandeur que les moins bonnes perméabilités de l'aquifère de Brie : 1.10^{-5} m/s.

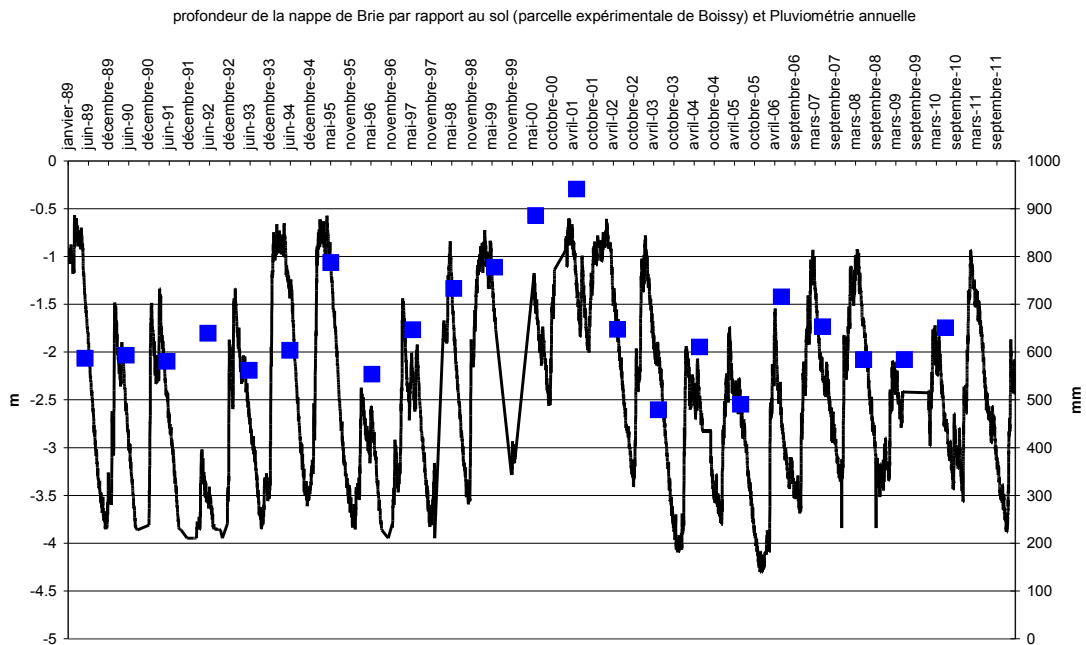


Figure 2. Fluctuation du niveau de la nappe de Brie, et pluviométrie annuelle, mesurés à la parcelle de Boissy (période 1989 à 2011) source GIS ORACLE.

La pédologie du bassin versant est principalement constituée de sols hydromorphes (sol lessivé dégradé ou pas) sur les plateaux et de colluvions dans les fonds de vallées incisées, conduisant à la formation d'une nappe perchée. Les fluctuations du niveau de la nappe de Brie témoignent d'une recharge annuelle, en interaction forte avec la nappe perchée. Le réseau de drainage par tuyaux enterrés permet essentiellement de capté cette nappe perchée et restitué l'eau vers le réseau hydrographique.

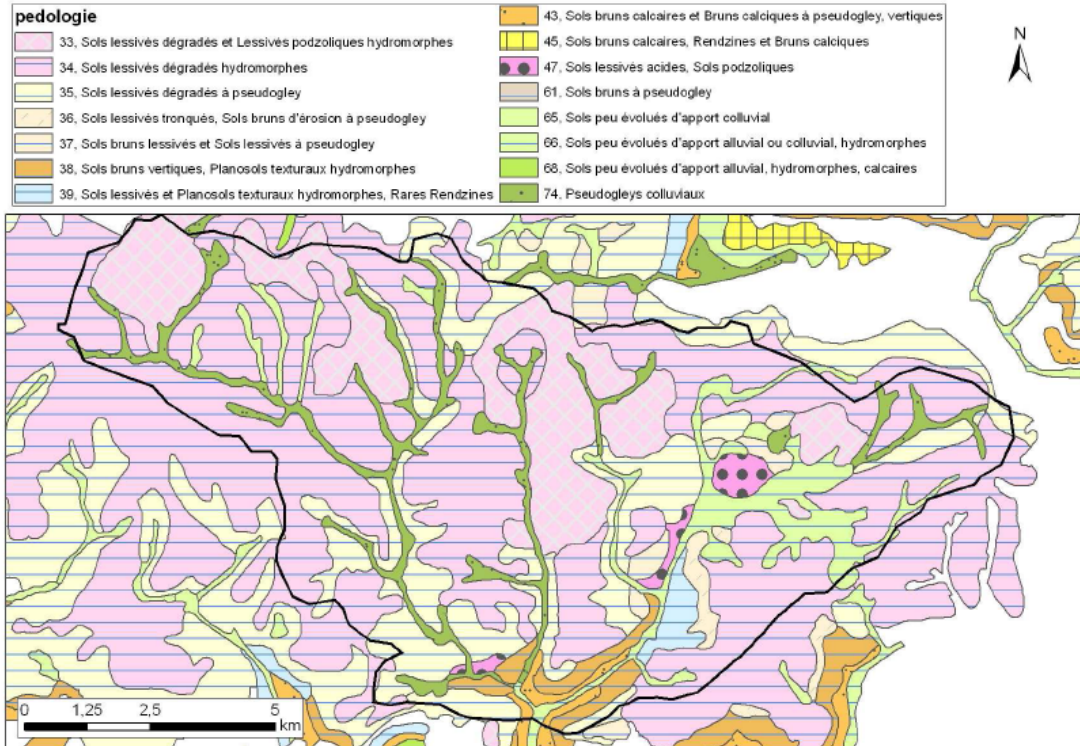


Figure 3. Carte pédologique du bassin versant de l'Orgeval (source INRA, 2007)

Dans son hypothèse principale pour le dimensionnement, les drains, enterrés à une profondeur d'environ 0.8 m de profondeur, reposent généralement sur la couche imperméable. Ainsi les flux d'infiltration profonde en parcelles drainées sont souvent supposés négligeables dans les bilans hydriques. Or, compte tenu de la configuration du système et les conditions aux limites, la recharge de la nappe de Brie provient essentiellement de ces infiltrations profondes.

La quantification de ces flux, associée à la mesure des concentrations en nitrate de la zone sous-racinaire en contexte de sol drainé, améliorera la connaissance des transferts et la gestion qualitative de la nappe de Brie.

L'originalité de l'approche repose sur l'association de mesures classiques hydrogéologiques (teneur en eau et perméabilité) avec des mesures géophysiques régulières (résistivité). L'objectif de cette étude consiste d'abord à valider une approche reliant les mesures hydrogéologique et géophysique, ensuite à représenter les flux d'infiltration entre les premiers horizons du sol (limons des plateaux drainés) et la couche sous-jacente (formation de Brie).

Le projet est en premier phase d'acquisition de données. L'interprétation de la première année hydrologique (sept 2011 à août 2012) sera disponible dans le prochain rapport.

Outre l'intérêt pour l'axe « agriculture », les résultats de cette étude pourront servir à l'axe « modélisation » par la prise en compte de l'infiltration profonde sous drainage, mais aussi interface pour caractériser les échanges nappes/rivières.

Démarche et Méthodologie

1) La parcelle expérimentale

L'observatoire hydrologique de l'Orgeval (GIS ORACLE) comprend une parcelle expérimentale drainée de 615 m² (gazon entretenu) à Boissy le Chatel (Seine et Marne). La climatologie moyenne est de type océanique tempéré, avec des cumuls d'ETP de l'ordre de 704 mm et de pluie de l'ordre de 670 mm.

Le sol de la parcelle de Boissy est un sol lessivé, hydromorphe sur limon des plateaux. L'analyse granulométrique (tableau 1) montre une augmentation des teneurs en argile entre les horizons de surface et 1 m de profondeur (de 23 à 34%). Cette teneur en argile est responsable à l'échelle du profil de sol d'une réduction de la conductivité hydraulique à saturation de la couche 80-120 cm, qui entraîne une hydromorphie du sol. Le drainage est assuré par des tuyaux en poterie installés à 60 à 80 cm de profondeur, espacés de 6 m en moyenne. La mise en place daterait de 1972.

	Argile	Limons	Sables
Horizons prélevés en septembre	0 à 2 μm	2 à 50 μm	50 à 2000 μm
0-28	23.5	67.4	9.3
28-33	24.6	69.6	5.8
40-50	29.8	66.2	4
50-60	37.1	57.4	5.4
60-70	32.5	61.4	6.1
70-80	32.6	58.8	8.6
80-90	33.7	57	9.3
90-100	30.6	58.3	11.1
100-110	26.5	62.7	10.8
110-120	32.7	54.9	12.4
120-130	28.8	57.5	13.7
130-140	23.9	61.9	14.2
140-150	20.2	61.4	18.4
255-265	35.4	26.2	38.4

Tableau 1. Texture granulométrique de la parcelle expérimentale de Boissy le Chatel.

2) Suivi hydrologique

Le site (figure 4) est équipé d'une station météorologique intégrée au réseau de MétéoFrance (mesure des précipitations et calcul de l'évapotranspiration par MétéoFrance), une station débitmétrique en sortie du réseau de drainage (capteur de pression couplé à une section de contrôle). Ces données permettent de quantifier les entrées et sorties météorologiques et sortie drainage pour le calcul du bilan hydrique. A noter que la couverture du sol (gazon) permet de faire l'hypothèse que le calcul de l'ETP MétéoFrance est une ETR pour le système considéré. Un piézomètre crépiné dans la formation de Brie complète le suivi permanent.

Au sein de la parcelle, une instrumentation spécifique permet de suivre les variables "pression" et "teneur en eau". Ainsi une batterie de tensiomètres a été installée aux profondeurs 30, 60, 90, 120 et 150 cm de profondeur (profil B-B avec fréquence d'acquisition horaire et profil C-C avec des acquisitions manuelles hebdomadaire).

Le suivi de la teneur en eau du sol est assuré au moyen de sondes TDR en place depuis plusieurs années, à la fréquence bi-journalière, aux profondeurs 5, 15, 25, 35, 45, 55, 75, 95, 115, 135, 155 cm.

Ce dispositif a été complété dans le cadre de cette étude. Des tensiomètres aux profondeurs 0.3, 0.6, 0.9, 1.2 et 1.5 m ont été mis en place. Le suivi géophysique (profil A-A, Figure 1) est basé sur la méthode de tomographie de résistivité électrique (TRE) avec 48 électrodes disposées en surface espacées de 0.75 m et de 4 flûtes en forage (de 2,5 m de profondeur) confectionnés avec 12 électrodes chacune. En plus de la mesure de résistivité, chaque forage est équipé de 5 thermistances pour la mesure de la température. Les

mesures sont réalisées de manière séparées, une acquisition de surface et une acquisition en forage. Les données sont acquises à la fréquence hebdomadaire.

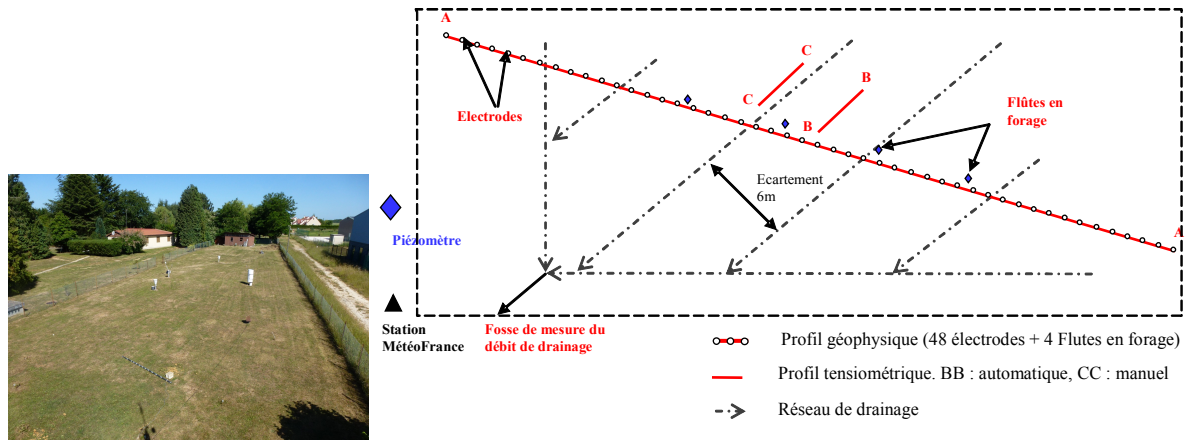


Figure 4 : Dispositif expérimental à la parcelle de Boissy le Chatel (Orgeval)

3) Suivi géophysique

Le suivi géophysique (profil A-A, Figure 4) est basé sur la méthode de tomographie de résistivité électrique (TRE) avec 48 électrodes disposées en surface espacées de 0.75 m et de 4 flûtes en forage (de 2,5 m de profondeur) confectionnées avec 12 électrodes chacune. En plus de la mesure de résistivité, chaque forage est équipé de 5 thermistances pour la mesure de la température. Les mesures de résistivité apparentes ont été acquises avec un Syscal junior 48 électrodes. Les mesures ont été réalisées avec un pas de temps d'acquisition de 15 jours durant la période automnale et hivernale. Les mesures en surface et en profondeur ont été acquises indépendamment, puis combinées dans l'inversion en utilisant le logiciel du LIAG de Hanovre pour reconstituer la distribution réelle des résistivités interprétées dans le sol. Afin de limiter les fausses variations induites par le gradient de température du sol des corrections ont été réalisées pour rapporter l'ensemble de résistivité à 18°C.



Figure 5 : Mise en place du suivi géophysique (flûtes et électrodes).
Premiers résultats

Le dispositif mis en place est dimensionné pour déterminer tous les éléments du bilan hydrique excepté le terme d'infiltration profonde sous drainage (figure 6). A ce stade tu projet, les termes ne sont pas quantifiés. Ce sont les variations internes du systèmes qui sont abordés dans le paragraphe suivant.

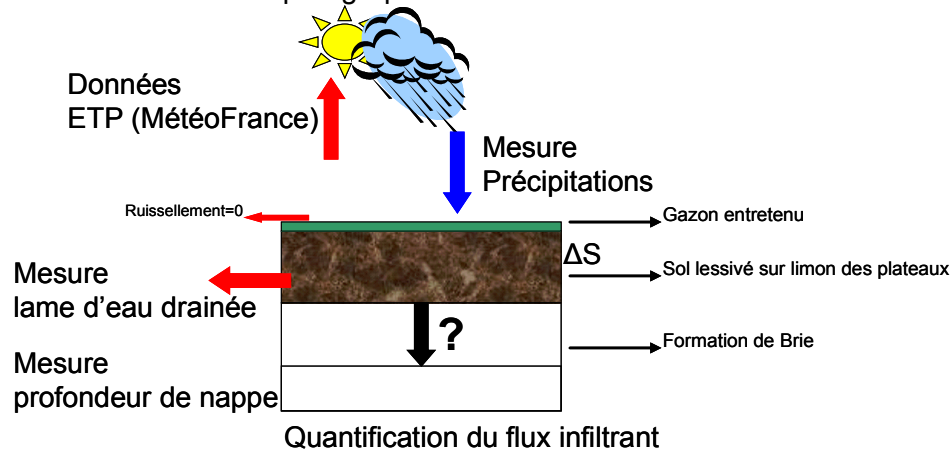


Figure 6 : Schéma du bilan hydrique suivi sur la parcelle de Boissy (ΔS correspond à la variation du stock d'eau du sol)

Les données acquises depuis Aout 2011 montrent que hors période de fonctionnement du drainage agricole, l'infiltration est homogène sur les sections et strictement verticale (figure 9). La saturation du profil (90 et 120 cm puis 60 et 30 cm; figure 7) est bien la conséquence d'une couche entre 120 et 150 cm de profondeur (figure 9) qui génère l'hydromorphie. Le 16/12/2011, le tensiomètre à 120cm de profondeur indique un potentiel matriciel hydraulique supérieur à 0 témoignant d'une nappe perchée. A partir de cette date, les valeurs à 90 et 120 cm sont positives, parallèles, distinctes de 30 cm de colonne d'eau. Ce qui conforte la présence d'une nappe superficielle. A la profondeur de 150 cm, le tensiomètre indique une mise en charge à partir du 20/12/2012. La saturation de la couche 120 – 150 cm est donc plus tardive, pouvant être la conséquence de l'infiltration profonde d'une lame d'eau issue des couches du dessus. La confrontation avec les valeurs piézométriques montre que deux nappes coexistent dans le profil. Il est possible cependant que ces deux nappes n'en forment qu'une. Le suivi long terme nous permettra de la visualiser.

Les valeurs de tensiométrie sont validées par les mesures de teneur en eau. Les courbes aux différentes profondeurs sont bien corrélées (figure 7 et 8). Les variations de teneur en eau et tensiométrie aux profondeurs supérieures à 90 cm sont très rapides et démontrent que les relations horizons de surface / profondeur sont importantes.

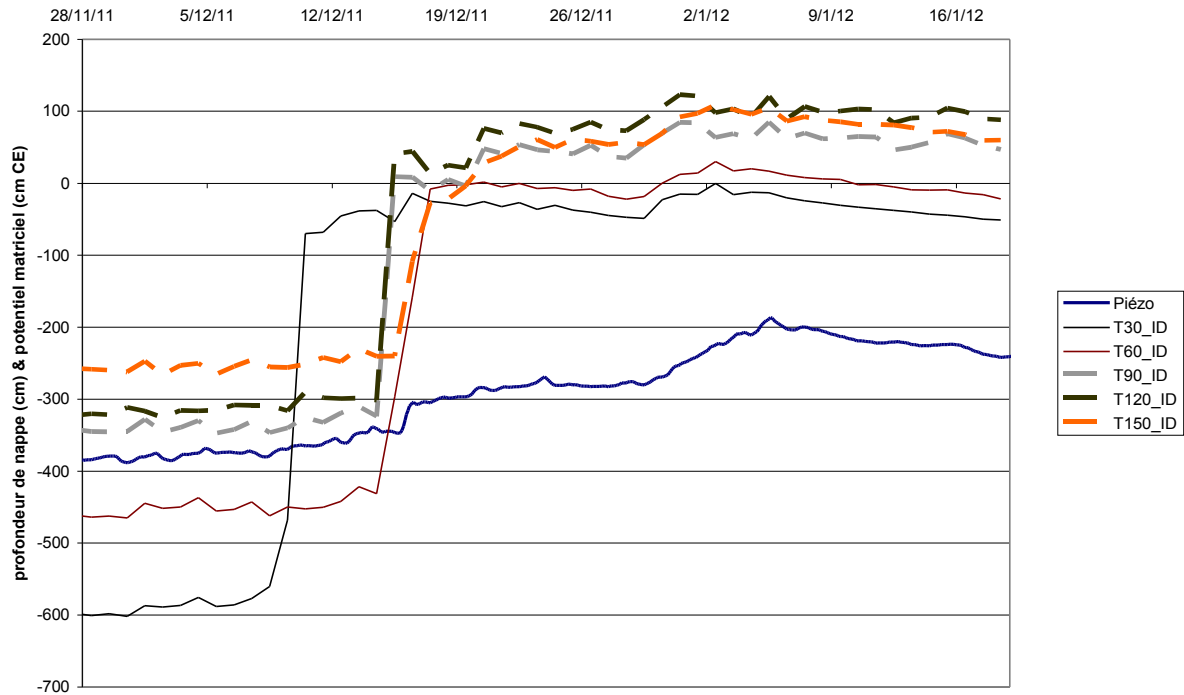


Figure 7 : Evolution de la profondeur de nappe (mesure au piézomètre) et du potentiel matriciel (mesure tensiométrique) aux profondeurs 30, 60, 90, 120, 150 cm. Période du 28/11/2011 au 20/01/2012 (parcelle expérimentale de Boissy le Chatel, Orgeval).

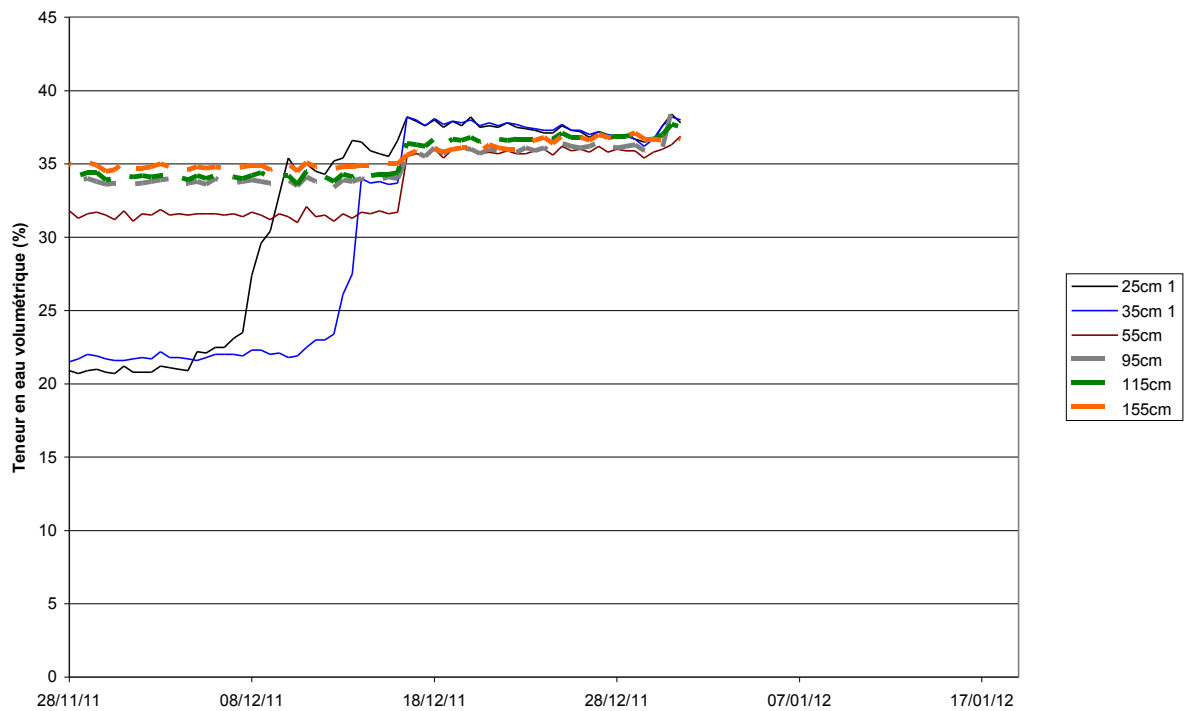


Figure 8 : Evolution de la teneur en eau aux profondeurs 25, 35, 55, 95, 115, 155 cm. Période du 28/11/2011 au 20/01/2012 (parcelle expérimentale de Boissy le Chatel, Orgeval). Données GIS ORACLE.

L'interprétation des données géophysiques (en cours) doit permettre de valider le schéma de création d'une nappe perchée, puis d'une saturation progressive en profondeur, qui permet une mise en relation avec la nappe de Brie.

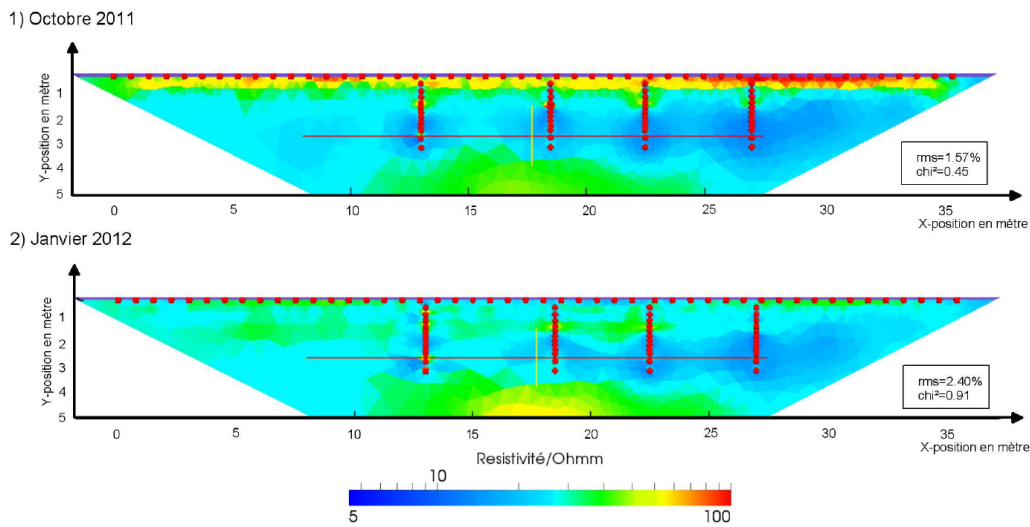


Figure 9 : Profil de résistivité électrique (Octobre 2011 et Janvier 2012) de la parcelle expérimentale de Boissy le Chatel. Les points rouges représentent les électrodes de mesures.

Conclusions partielles

Le système de mesure est opérationnel. L'intensification du suivi devra dans une prochaine étape, permettre la quantification des flux sous drainage. L'étude à pas de temps fin de la période de transition non saturée / saturée est nouveau à l'échelle de la parcelle. La compréhension des échanges et des flux entre les nappes perchées et plus profondes permettra d'affiner leur intégration dans la modélisation.