

REGIME HYDRIQUE D'UN SOL DRAINE : COMPARAISON DES PHASES DEBIT DE POINTE ET TARISSEMENT

B. LESAFFRE⁽¹⁾ et D. ZIMMER⁽¹⁾

RESUME

Le fonctionnement hydraulique des sols drainés est caractérisé par des débits de pointe très brefs et brusques, suivis par une phase de tarissement de longue durée. Dans une expérimentation à Arrou, sur un sol limoneux à engorgement temporaire, les précipitations et les débits ont été enregistrés au pas de temps horaire, ainsi que les profils tensiométriques et les niveaux piézométriques à différentes distances de la tranchée de drainage. Les débits de pointe observés sont reliés à des augmentations brusques des gradients hydrauliques horizontaux près de la tranchée, dues à la fois à une infiltration rapide de l'eau de pluie et à une stabilité relative de la forme de la nappe.

MOTS CLES : Drainage - Débits de pointe - Expérimentation - Régime transitoire - Profil de potentiel.

KEY WORDS : Drainage - Peak flows - Field investigations - Transient flow - Tension profile.

INTRODUCTION

La compréhension du fonctionnement du drainage se heurte actuellement à l'existence de périodes de débits élevés en sortie des réseaux nommés « débits de pointe » qu'on ne sait pas prédire et dont on connaît mal les mécanismes. Ces événements, d'une durée de deux à dix heures, apparaissent pendant ou juste après une pluie. Ils sont importants des points de vue agronomique et hydrologique : ils peuvent être la cause d'importantes pertes d'azote, en certaines périodes de l'année, qui nuisent à l'agriculteur et à l'environnement ; on les accuse également d'augmenter la fréquence des crues.

FLODKVIST, cité par RUSSEL (1934), semble être le premier à y faire référence en 1931 : « En sol argileux, le débit augmente rapidement à la suite d'une pluie jusqu'à atteindre une valeur très élevée (...). Aussitôt le maximum atteint, une diminution aussi rapide se produit qui conduit à la phase de tarissement au bout de quelques heures ». RUSSEL indique que des valeurs atteignant $12 \text{ l.s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$ ont été mesurées.

Les débits de pointe ont été observés à la sortie de réseaux de drainage en sols argileux mais également en sols plus perméables, que l'excès d'eau y soit temporaire ou permanent (HERVE, 1980 ; HLAVEK et LESAFFRE, 1983 ; LESAFFRE et MOREL, 1986 ; COLLAS P., 1985). JACQUIN et FLORENTIN (1977), comparant les fonctionnements du drainage d'un sol argileux et d'un sol limoneux, notent que les débits de pointe y apparaissent en même temps lors d'une pluie hivernale ; ils sont cepen-

(1) CEMAGREF, division Drainage et Assainissement Agricoles, Parc de Tourvoie, B.P. 121, 92164 Antony Cédex.

dant plus brefs et plus élevés dans le sol argileux. Dans les deux cas, ils sont suivis d'une phase de tarissement correspondant au rabattement de la nappe perchée.

De nombreuses recherches ont tenté d'expliquer les causes et mécanismes des débits de pointe. Citons encore FLODKVIST : « Suivant la théorie habituelle, le débit est déterminé par la hauteur de la nappe à l'interdrain (...). Le débit maximal observé peut cependant être plusieurs fois supérieur à la valeur théorique maximale ». FLODKVIST avança alors l'hypothèse que le débit de pointe est provoqué par un écoulement à la base de l'horizon cultivé, qui s'infiltré vers le drain à travers la tranchée d'ordinaire plus perméable que le sol en place.

De nombreux auteurs (par exemple VAN HOORN, 1973 ; TRAFFORD, 1973 ; ALLES-SANDRELLO et al., 1976 ; JACQUIN et FLORENTIN, 1977 ; HERVE, 1980) ont formulé des hypothèses semblables à celle de FLODKVIST, même si cette explication n'est pas nécessairement valide pour les débits de pointe mesurés dans des sols plus perméables. Dans ces derniers sols par contre, les modèles hydrauliques élaborés jusqu'ici ont pour objectif habituel la simulation au pas de temps journalier de la hauteur de la nappe à l'inter-drain ; KRAIJENHOFF (1958) et MAASLAND (1959) simulent également les débits, mais seulement dans le cas réducteur de linéarisation de l'équation dynamique.

Cet article présente les résultats d'une expérimentation menée sur un sol lessivé à pseudo-gley moyennement perméable afin de déterminer l'organisation de l'écoulement de l'eau pendant les débits de pointe. L'interprétation des profils tensiométriques mesurés conduit à une explication des débits de points mesurés différente de celle de FLODKVIST. Cette explication sert de base à un modèle de fonctionnement global du drainage, SIDRA, qui est décrit dans un autre article (LESAFFRE et ZIMMER, 1987).

I. DESCRIPTION DE L'INSTALLATION EXPERIMENTALE

A) Le milieu

Le champ expérimental d'Arrou, suivi depuis douze ans, est situé dans le Faux Perche sur un sol lessivé à pseudo-gley développé sur limon des plateaux (tableau 1). Ce sol comprend un horizon labouré (0-30 cm) limoneux battant, peu humifère, un horizon éluvial (30-50 cm) reposant lui-même sur un horizon d'accumulation d'argile (Bt) dégradé glossique à 30-35 % de teneur en argile ; le substrat constitué par un mélange de limon et d'argile à silex imperméable apparaît à une profondeur de l'ordre de 0,8 à 1 m. La pente moyenne du terrain est de 0,5 %.

L'analyse de courbes de tarissement (GUYON, 1983) a permis de déterminer les caractéristiques hydrodynamiques du sol de la parcelle expérimentale. La profondeur du plancher quasi-imperméable, profondeur de la nappe perchée pour laquelle le débit s'annule, est estimée à environ 0,75 m. La conductivité hydraulique horizontale équivalente (WOLSACK, 1978) et la porosité de drainage valent respectivement 0,41 m/jour et 2,6 % à la base de l'horizon labouré après griffage du sol à la fin de l'été 1980 ; ces deux valeurs diminuent régulièrement quand la profondeur augmente. Leurs variations relatives peuvent être représentées par des fonctions puissance de la cote au-dessus du plancher imperméable ; les coefficients de cette fonction sont appelés « coefficients d'hétérogénéité ». La conductivité hydraulique de l'horizon labouré a été également calculée à partir des courbes de tarissement, en la supposant constante (GUYON, 1985).

Le climat est de type océanique ; la hauteur moyenne annuelle des précipitations s'élève à 620 mm. La nappe perchée est généralement présente à partir de décembre et peut persister jusque fin avril. Sur la parcelle étudiée, l'écartement entre les drains est de 10 m et leur profondeur varie de 75 à 85 cm ; le débit de projet vaut $1 \text{ l.s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$. Les débits instantanés de période de retour d'un et dix ans s'élèvent respectivement à 3,5 et $5,4 \text{ l.s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$ sur cette même parcelle (LESAFFRE et LAURENT, 1983).

TABLEAU 1
CARACTERISTIQUES DU SOL DRAINE
Characteristics of the drained soil.

Ecartement entre les drains	: 10 m
Profondeur de l'horizon quasi-imperméable	: 0,75 m
Horizon labouré :	
— teneur en argile	: 12-14 %
— épaisseur	: 0,23 m
— conductivité hydraulique	: 2 m/j
— porosité de drainage	: 0,03
Horizons sous-jacents :	
— teneur en argile de l'horizon illuvial (0,5 à 0,8 — 1 m)	: 30-35 %
— conductivité hydraulique équivalente (coefficient d'hétérogénéité $m = 0,74$)	: 0,41 m/j
— porosité de drainage (coefficient d'hétérogénéité $p = 0,37$)	: 0,026
— conductivité hydraulique	: 2 m/j

B) Le dispositif expérimental

L'équipement permanent d'Arrou est constitué d'un pluviomètre à augets basculeurs et d'une chambre de mesure débitométrique : les eaux des parcelles expérimentales, au nombre de 7 et d'une superficie égale à deux hectares chacune, y arrivent dans des déversoirs triangulaires où la hauteur d'eau est mesurée au moyen de capteurs à ultra-sons et stockée sur support électronique au pas de temps horaire.

Pour atteindre l'objectif visé, c'est-à-dire la mise en évidence des mécanismes de genèse des débits de pointe, il fallait pouvoir apprécier les transferts d'eau dans le sol, et en particulier à proximité de la tranchée, à des pas de temps courts. Dans ce but, trois sites tensiométriques et piézométriques ont été installés sur la parcelle n° 1 : chaque site comprend 4 profils de 5 mesures tensiométriques (aux profondeurs de 25, 35, 50, 80 et 110 cm), avec un profil situé sur la tranchée, deux profils situés à 0,5 m de part et d'autre de la tranchée et un profil situé à 1,5 m de celle-ci.

L'appareillage utilisé pour les mesures tensiométriques se compose de bougies poreuses de 20 mm de diamètre connectées sur un des sites à un capteur de pression d'eau relié à une centrale de mesure ; les données sont enregistrées sur un support magnétique. Ce système a permis de recueillir, toutes les heures ou deux heures, pendant 5 semaines du 3 mars au 6 avril 1986, les mesures de pression d'eau dans le sol et trois valeurs de référence permettant un calage horaire. Sur les deux autres sites, les mesures piézométriques ont été réalisées manuellement au pas de temps hebdomadaire.

Des piézomètres ont été installés au même endroit que les tensiomètres. De diamètre égal à 25 mm, ils sont crépinés à une profondeur comprise entre 40 et 80 cm. Les infiltrations sont évitées par la mise en place de bentonite entre la surface et la limite supérieure de la partie crépinée. Les niveaux d'eau sont mesurés au moyen du même appareillage que celui utilisé pour les hauteurs d'eau dans les déversoirs.

II. RESULTATS EXPERIMENTAUX ET DISCUSSION

A) Précision des mesures

La précision du pluviomètre est de l'ordre de 5 %. Les débits supérieurs à 0,1 l.s⁻¹.ha⁻¹ sont mesurés à 2 % près ; pour les débits plus faibles, l'erreur croît

car elle est inversement proportionnelle à la hauteur d'eau dans le déversoir mesurée au millimètre près. La précision sur la hauteur piézométrique est de 0,5 cm environ, mais la cote de référence n'est connue qu'à 2 ou 3 cm près à cause de l'irrégularité de la surface du sol.

La précision des mesures tensiométriques est de 2 à 4 cm en fonction de l'échelle de mesure utilisée ; l'utilisation de pressions de référence obtenues par mise en contact avec de l'eau libre à différentes cotes a permis une correction des dérives électroniques liées aux variations de température. Cet ensemble s'est montré très sensible aux variations de climat : les tensiomètres proches de la surface ont détecté les plus petites précipitations en moins d'une heure.

Les variations de niveau de nappe enregistrées par les piézomètres ou calculées à partir des valeurs de pression ont été identiques ; toutefois les réponses des piézomètres étaient retardées d'environ six heures par rapport aux réponses des tensiomètres. Ces différences étaient à un instant donné toujours inférieures à 8 cm.

B) Transferts hydriques et restitution du réseau

Pendant la période de mesure, trois débits de pointe ont été enregistrés (figure 1). Bien que ces débits soient relativement faibles (environ $1 \text{ l.s}^{-1}.\text{ha}^{-1}$), ils se caractérisent, comme tous les débits de pointe, par une croissance et une décroissance très rapides à la suite d'une pluie ou pendant.

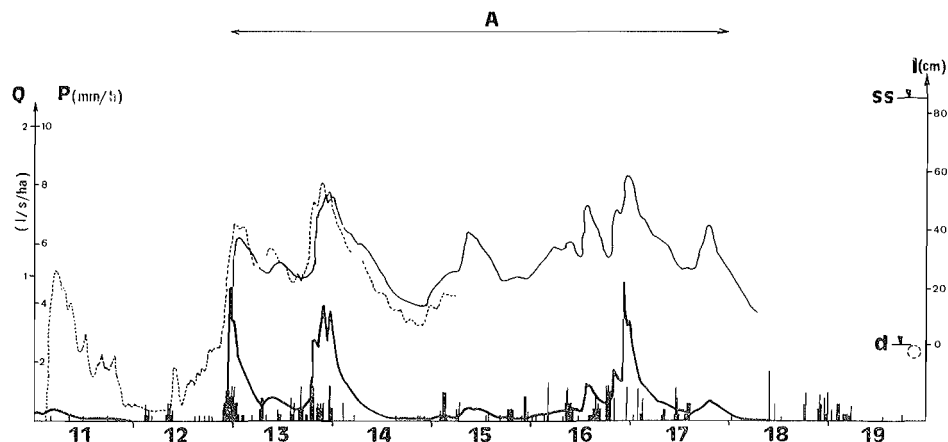


Figure 1 : Chronique mesurée du 10 mars 1986 au 11 mai 1986 (semaines 11 à 19) :

- ▬ : débits (Q)
- ||||| : pluies (P)
- : Niveaux de nappe (I) à 1,50 m de la tranchée :
- : mesurés par piézomètres
- : calculés à partir des données de tensiométrie
- A : saison de drainage intense
- d : drain
- SS : surface du sol

Observed sequence from March 10th to May 11th 1986 (weeks 11 to 19)

- ▬ : drainflow rates (Q)
- ||||| : rainfall (P)
- : Water-table level (I) 1,5 from the trench :
- : measured by piezometers
- : determined from tensiometer data
- A : intense drainage season
- d : drain location
- SS : soil surface

Le premier débit de pointe correspond précisément au démarrage de la saison de drainage intense définie par ALDANONDO (1981) et HERVE et al. (1984). Cette saison se caractérise par un coefficient de restitution, défini comme le rapport du cumul des débits évacués par le drainage au cumul des pluies, relativement élevé (de l'ordre de 80 à 90 %). La pente de la courbe des doubles cumuls pluies-débits de l'hiver 1985-86 (figure 2) augmente en effet brutalement au-delà du premier débit de pointe, ce qui est interprété comme la conséquence de la saturation du profil et de la formation d'une nappe perchée.

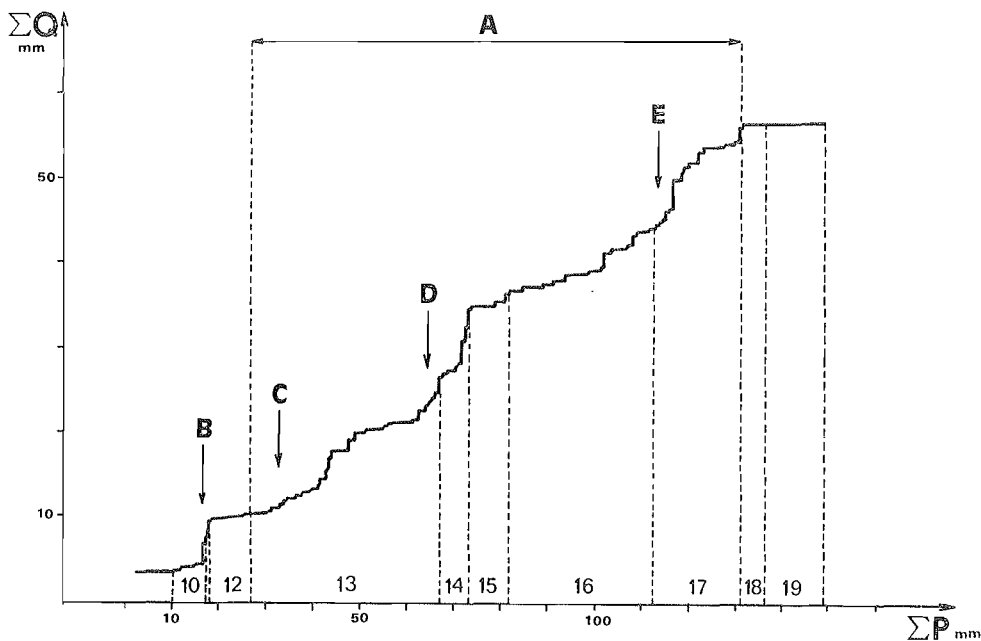


Figure 2 : Débits cumulés (ΣQ) en fonction des pluies cumulées (ΣP) du 3 mars au 11 mai 1986 (semaines 13 à 17)

A : saison de drainage intense (semaines 13 à 17)

B : dégel

C : premier débit de pointe

D : second débit de pointe

E : troisième débit de pointe

Cumulative discharge (ΣQ) versus cumulative rainfall (ΣP) from March 3rd to May 11th 1986 (weeks 10 to 19)

A : *intense drainage season (weeks 13 to 17)*

B : *thaw*

C : *first peak flow*

D : *second peak flow*

E : *third peak flow*

Cette interprétation est confirmée par les mesures tensiométriques : avant le premier débit de pointe la nappe n'apparaît que localement et par intermittence au-dessus des drains et reste au sein du plancher quasi-imperméable. Le démarrage de la saison de drainage intense s'accompagne d'une quasi-annulation de la composante verticale du gradient hydraulique (figure 3) ; il semble donc être lié essentiellement à la saturation des horizons profonds et à l'arrêt des écoulements vers la profondeur. En conséquence, pendant toute la saison de drainage, les écoulements demeurent horizontaux au sein de la nappe perchée.

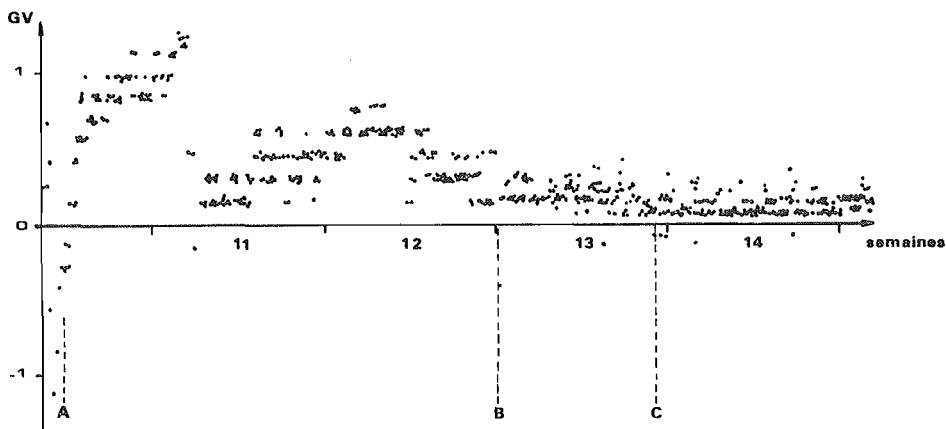


Figure 3 : Chronique des gradients hydrauliques verticaux (gv) mesurés en profondeur (0,85-1,10 m) à 1,50 m de la tranchée du 5 mars au 8 avril 1986 (semaines 10 à 15) ; les gradients positifs correspondent aux écoulements vers la profondeur.

A : gel

B : premier débit de pointe et démarrage de la saison de drainage intense

C : second débit de pointe

Observed sequence of deep (0,85 - 1,10 m) vertical hydraulic gradients (gv) 1,50 m from trench between March 5th and April 8th 1986 (weeks 10 to 15) ; positive values correspond to downwards flow.

A : frosty period

B : peak flow and beginning of intense drainage season

C : second peak flow

La saison de drainage intense n'a duré que 5 semaines en 1986, du 24 mars au 27 avril. La fin de la saison (figure 2) correspond précisément au maximum de la courbe cumulée des différences entre pluie et évapotranspiration potentielle (APPRIOU, 1987).

C) Organisation des potentiels pendant les deux phases du drainage

Les profils-types, en *phase de tarissement*, de pression λ (en hauteur d'eau) mesurée par les tensiomètres et de potentiel total φ de l'eau qui s'en déduit ($\varphi = \lambda + z$, où z est la cote), sont présentés figure 4. La cote de référence choisie pour les 3 profils de mesures représentés est celle de la bougie du tensiomètre le plus profond (environ 1,1 m). Chaque profil de potentiel total peut être découpé en trois « segments » :

— le segment inférieur (0,7 environ à 1,1 m) : chaque profil de potentiel est quasiment vertical dans la nappe (définie comme l'ensemble des points où $\lambda \geq 0$ ou $\varphi \geq z$) et dans une zone de l'ordre d'une quinzaine de centimètres au-dessus de son niveau supérieur ; cette zone peut être interprétée comme la frange capillaire dans laquelle le sol reste saturé, ce qui est cohérent avec les résultats de VAUCLIN et al. (1976) obtenus en laboratoire ; le potentiel total restant constant sur chaque verticale indique l'absence d'écoulements verticaux vers la profondeur ; sa décroissance vers la tranchée traduit des écoulements essentiellement horizontaux vers celle-ci et met en évidence la courbure de la surface de la nappe ;

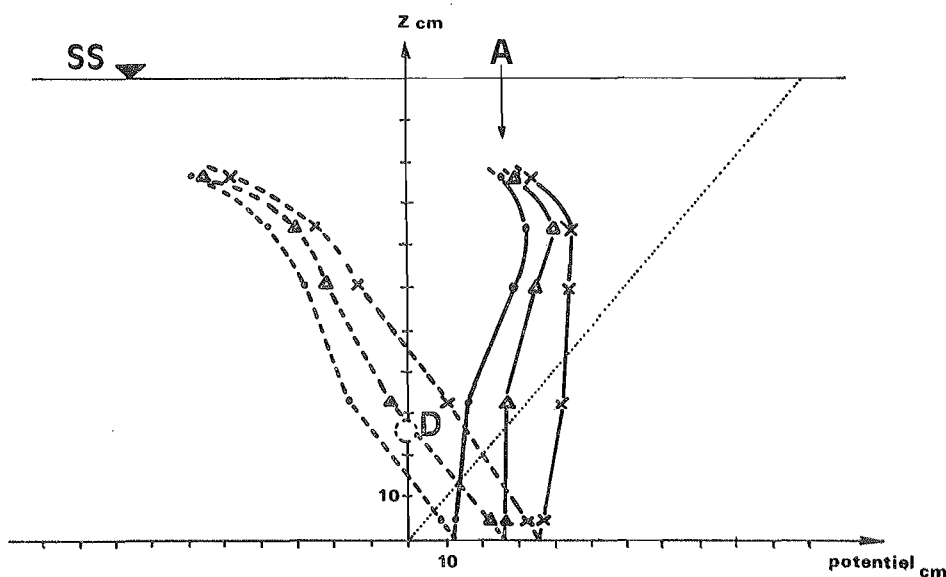


Figure 4 : Profils types de potentiel observés en période de tarissement

- Pression de l'eau λ : - - - -
- Potentiel total de l'eau ϕ : ————
- Potentiel gravitaire z : ······
- Localisation des tensiomètres
- Tranchée : ●
- 0,50 m de tranchée : △
- 1,50 m de tranchée : ×
- Drain : D
- Surface du sol : S.S.
- Effet de l'évapotranspiration : A

Water potential pattern observed during recession stage

- Effect of evapotranspiration : A
- Drain location : D
- Soil Surface : S.S.
- Water pressure head λ : - - - -
- Total water potential ϕ : ————
- Gravity potential z : ······
- Tensiometer location : trench : ●
- 0,5 m apart : △
- 1,5 m apart : ×

— le segment intermédiaire (de 0,35 m à la frange capillaire) : le potentiel total de l'eau y augmente avec la cote, ce qui traduit l'existence d'une composante verticale descendante de l'écoulement ; la valeur de la composante verticale du gradient de potentiel total diminue lorsqu'on s'éloigne de la tranchée. Cette zone semble sous la dominance de deux conditions aux limites : la condition inférieure est constituée par la limite supérieure de la zone saturée et la condition supérieure est un plan horizontal de flux vertical nul ;

— le segment supérieur : à proximité de la surface, au-dessus du plan de flux nul, le potentiel total de l'eau diminue lorsque la cote augmente, ce qui révèle un écoulement vertical ascendant lié à l'évapotranspiration.

Les profils-types de potentiel observés en *phase de débit de pointe* sont présentés figure 5. Leur examen montre que tout le sol est saturé ($\lambda \geq 0$ partout) et qu'il peut être divisé en deux zones :

— la partie inférieure du profil où la pression de l'eau est strictement positive (soit $\lambda > 0$ ou $\varphi > z$) ; les profils de potentiel total φ restent verticaux, ce qui implique une composante verticale du gradient hydraulique nulle et donc des flux essentiellement horizontaux ; la limite supérieure de cette zone sera considérée par la suite comme le niveau de la nappe sensu-stricto ;

— la partie supérieure du profil où la pression de l'eau est quasi-nulle (soit $\lambda = 0$ ou $\varphi = z$), ce qui implique une composante verticale du gradient hydraulique égale à 1 et une composante horizontale de ce gradient nulle ; l'infiltration de la pluie est purement gravitaire ; le flux est essentiellement vertical dans toute cette zone jusque dans la couche labourée.

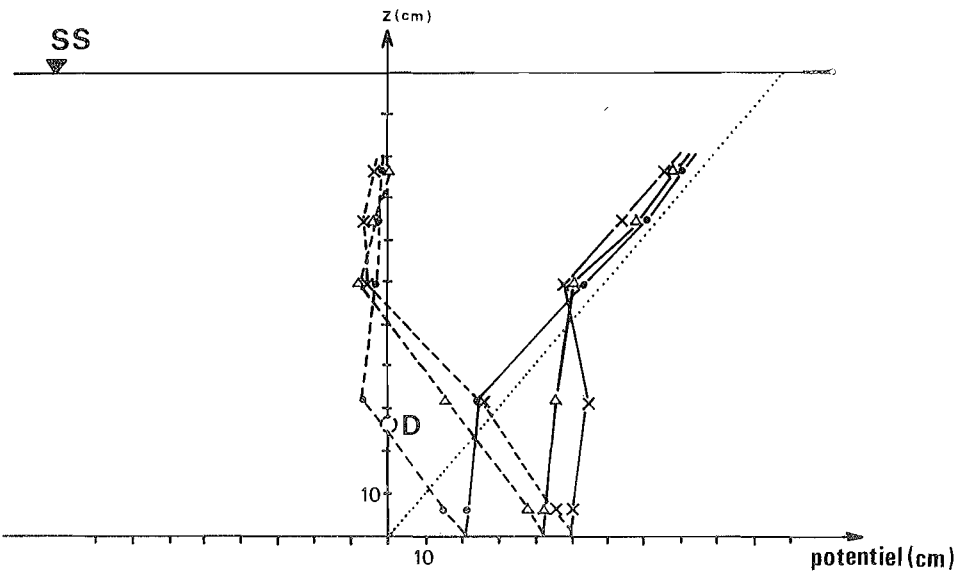


Figure 5 : Profils types de potentiel observés pendant les débits de pointe

Pression de l'eau λ : - - - -
 Potentiel total de l'eau φ : ————
 Potentiel gravitaire z :
 Localisation des tensiomètres :

— tranchée : ●
 — 0,50 m de tranchée : Δ
 — 1,50 m de tranchée : X

Drain : D
 Surface du sol : S.S.

Water potential pattern observed during peak flow

Drain location : D
 Soil surface : S.S.
 Water pressure head λ : - - - -
 Total water potential φ : ————
 Gravity potential z :
 Tensiometer location : trench : ●
 0,5 m apart : Δ
 1,5 m apart : X

Les schémas de potentiel observés pendant les deux phases de fonctionnement du drainage sont donc comparables. Seule peut être notée la quasi-absence de frange capillaire lors du débit de pointe due au fait que la différence de pression entre l'eau et l'air s'annule lors de l'infiltration de la pluie.

D) Gradients horizontaux et forme de nappe

Les profils-types observés en phase de débit de pointe ne révèlent aucune différence de comportement entre la tranchée et le sol en place ni aucun écoulement au sein de l'horizon labouré. Ils conduisent donc à rechercher dans le comportement de la nappe sensu-stricto le déterminisme des débits de pointe.

Un examen exhaustif des variations de potentiel total pendant les débits de pointe montre que la nappe demeure incurvée et que la tranchée n'est pas mise en charge. L'infiltration de la pluie se traduit donc par une élévation de la nappe plus forte à mesure que l'on s'éloigne de la tranchée, ce qui induit une forte augmentation de la composante horizontale du gradient de potentiel total, phénomène qui semble être caractéristique du débit de pointe (figure 6).

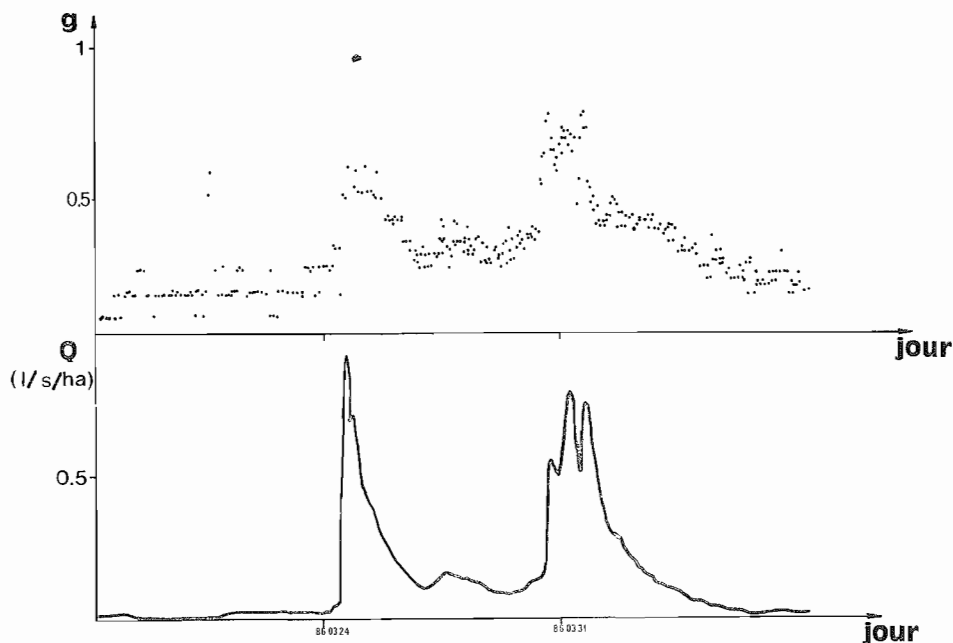


Figure 6 : Chroniques mesurées :

- débits Q
- gradients hydrauliques horizontaux au voisinage de la tranchée g

Observed sequences of :

- drainflow rates (Q)
- horizontal hydraulic gradients (g) in the vicinity of the trench

Ces observations conduisent à rechercher si, pendant les débits de pointe, la forme de la nappe demeure constante, au sens de BOUSSINESQ, c'est-à-dire si elle

se déplace par affinité d'axe horizontal passant par les drains et de direction verticale. Cette hypothèse s'écrit (figure 7) :

$$h(x, t) = H(t) \cdot C(X) \quad (1)$$

où : t = temps ;

x = abscisse à partir de l'inter-drain ;

$h(x, t)$ = hauteur de la nappe sensu-stricto au-dessus du plancher imperméable, où se situe l'origine des cotes ;

$H(t)$ = hauteur de la nappe à l'inter-drain ;

$C(X)$ = hauteur réduite de la nappe à l'abscisse réduite $X = \frac{x}{L}$, L étant le demi-écartement.

La dérivée de l'équation 1 par rapport à x a pour expression :

$$\frac{\partial h(x,t)}{\partial x} = \frac{H(t)}{L} \frac{dC(X)}{dx} \quad (2)$$

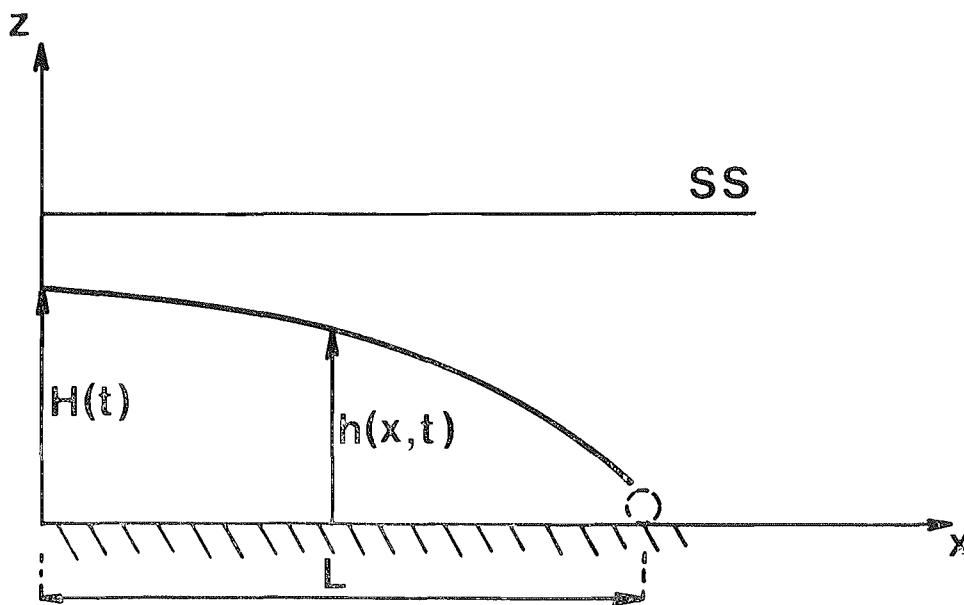


Figure 7 : Schéma du dispositif drainant

L : demi écartement

$h(x,t)$: hauteur de la nappe au-dessus de l'imperméable

$H(t)$: hauteur de la nappe à l'interdrain

SS : surface du sol

Schematic of subsurface drainage to laterals

L : semi-spacing

$h(x,t)$: watertable height above the barrier

$H(t)$: midpoint water-table height

SS : soil surface

Comme dans la zone où la pression de l'eau est strictement positive, le potentiel total est, sur toute verticale, constant et donc égal à la hauteur de la nappe sensu-stricto, cette dérivée représente, en toute section d'abscisse x , le gradient hydraulique horizontal. On en déduit que tout gradient hydraulique horizontal moyen entre deux sections données doit être proportionnel à la hauteur de nappe sensu-stricto mesurée en une abscisse donnée.

La figure 8 représente le graphe de la relation entre les gradients hydrauliques horizontaux moyens (appelés g) à 1,1 m de profondeur calculés entre la tranchée et le profil situé à 0,5 m de la tranchée et la hauteur de nappe calculée à partir des profils tensiométriques à 1,5 m de la tranchée (appelée l). Le meilleur ajustement est linéaire : $g = 0,002 + 1,07 l$ (coefficient de corrélation $R = 0,87$ pour 380 points).

La dispersion peut être expliquée par la précision des mesures ; le terme constant n'est pas significativement différent de zéro. L'hypothèse d'une constance de la forme de la nappe, au sens de BOUSSINESQ, peut donc être retenue, même lors des débits élevés. Ceci, d'une part, traduit le fait que l'eau de pluie infiltrée est de moins en moins stockée au fur et à mesure qu'on se rapproche du drain, et, d'autre part, explique les forts gradients observés à proximité de la tranchée.

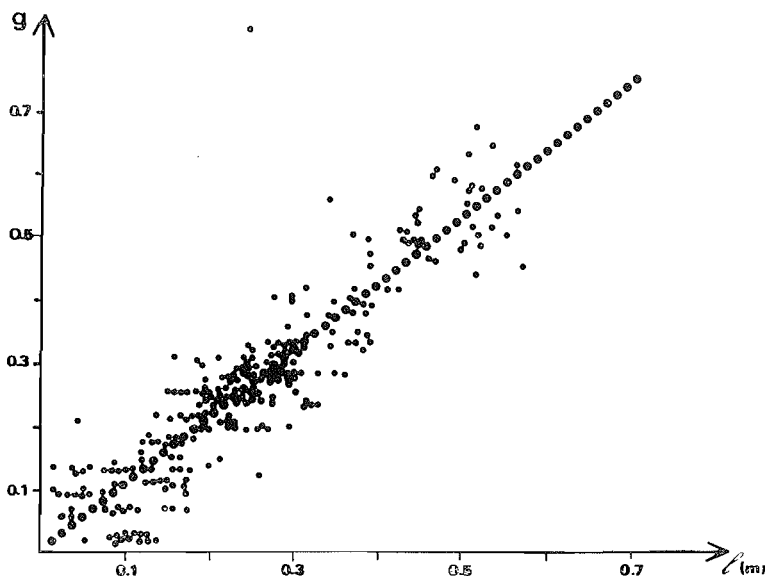


Figure 8 : Relation entre gradients hydrauliques horizontaux (g) à la profondeur du drain entre tranchée et 0,50 m de tranchée et hauteurs de nappe (l) à 1,50 m de la tranchée, du 24 mars au 8 avril 1986 ; les pointillés représentent la régression linéaire.

Horizontal hydraulic gradients (g) in the vicinity of the trench versus water table heights 1,5 m from trench (l) from March 27th to April 8th 1986. The dotted line represents the linear regression.

CONCLUSION

L'analyse des données expérimentales enregistrées à Arrou montre que l'hypothèse faite par FLODKVIST pour expliquer les débits de pointe n'est pas nécessaire : en effet, nous avons démontré, au moins pour des débits de pointe relativement peu élevés, l'inexistence tant d'un ruissellement que d'un écoulement horizontal dans l'horizon labouré qui seraient captés par la tranchée ; en outre, cette dernière n'a jamais été mise en charge. Les débits de pointe observés sont reliés à des accroissements brusques des gradients hydrauliques horizontaux au voisinage de la tranchée, provenant à la fois d'une infiltration rapide de l'eau de pluie et d'une

stabilité de la forme de la nappe, ce qui implique que la même quantité d'eau ne peut être stockée près des drains et à l'inter-drain.

L'hypothèse que la forme de la nappe reste constante permet de séparer les variables de temps et d'espace pour résoudre l'équation différentielle non linéarisée de la phase de tarissement non influencée, dans l'approche classique de BOUSSINESQ. L'extension de cette hypothèse à la phase « débit de pointe » sera analysée dans un autre article : elle permet en effet d'élaborer un modèle simulant débits et hauteurs de nappe au pas de temps horaire (LESAFFRE et ZIMMER, 1987).

Accepté pour publication : Novembre 1987
Reçu pour publication : Mai 1987

REMERCIEMENTS

Nos remerciements vont à nos collègues, R. HLAVEK et M. PENEL pour leurs conseils, J.M. BOUYE, A. DUMITRIU, N. MAILLY pour leur collaboration précieuse pour la saisie et le traitement des données.

WATER REGIME OF A SUBSURFACE DRAINED SHALLOW SOIL DURING PEAK FLOW AND TAIL RECESSON STAGES

Subsurface drainage operation of shallow soils is characterized by very sudden and very brief peak flows followed by long lasting tail recessions (fig. 1). A field experiment was conducted on a seasonally waterlogged shallow loamy soil in Arrou (France). Rainfall, drainage discharges, water tension profiles (fig. 4 et 5) and water table levels at different distances apart the trench were recorded on an hourly basis during 5 weeks in winter 85-86. Observed peak flows were related to sudden increases of the horizontal hydraulic gradients near the trench due to both quick rainfall infiltration and relative stability of the water table shape (fig. 6 et 8).

BIBLIOGRAPHIE

- ALDANONDO J.C., 1981. — Etude du fonctionnement du drainage agricole à Arrou. Etudes du CEMAGREF (1), 1-24.
- ALESSANDRELLO E., CONCARET J., GUYOT J., PERREY C., 1976. — Circulation de l'eau en sols limoneux lessivés hydromorphes drainés, C.R. Acad. Agric. de France, 62 (5), 364-373.
- APPRIOU J.L., 1987. — Contribution à l'étude du fonctionnement hydrologique du drainage. Apport des bilans hydriques à la compréhension de la saison de drainage intense. Mémoire fin d'études, ENITRTS, 104 p..
- COLLAS P., 1985. — Le drainage des sols lourds plus ou moins sodiques des Marais de l'Ouest de la France. Thèse INPT, 217 p.
- GUYON G., 1983. — Le périmètre expérimental de drainage d'Arrou : aspects hydrauliques. Etudes du CEMAGREF (5), 45 pages.
- GUYON G., 1985. — L'hydraulique des nappes drainées quand le sommet de la surface piézométrique se trouve dans l'horizon superficiel du sol. C.R. Acad. Agric. de France, 71 (6), 659-667.
- HERVE J.J., 1980. — Limites et validité des modèles hydrodynamiques. Document CEMAGREF, 20 pages.

- HERVE J.J., LESAFFRE B., ALDANONDO J.C., LAURENT F., 1984. — Restitution et débits de pointe d'un réseau de drainage en sol limoneux lessivé hydromorphe battant peu perméable. XII^e Congrès International des Irrigations et du Drainage, Fort Collins (USA), (39), 85-86.
- HLAVEK R., LESAFFRE B., 1983. — Fonctionnement hydraulique du drainage agricole en sols à pseudo-gley. Conséquences sur le dimensionnement des projets et l'influence sur les crues. Inf. Techn. du CEMAGREF 52(1) et 53(1), 12 p.
- JACQUIN F., FLORENTIN L., 1977. — Possibilité de drainage dans les sols lourds de Lorraine. Effet tranchée dans un pélosol. C.R. Agric. de France, 77 (13), 907-914.
- KRAIJENHOFF D.A., 1958. — A study of non-steady groundwater flow with special reference to a reservoir-coefficient. De Ingenieur (19), 87-94.
- LESAFFRE B., LAURENT F., 1983. — Le fonctionnement hydraulique des réseaux de drainage agricole : débits de pointe et de tarissement non influencée, rôle de la tranchée de drainage ; valeur et durée des débits de pointe. C.R. Acad. Agric. de France, 69 (14), 1167-1178 et 69 (16), 1371-1386.
- LESAFFRE B., MOREL R., 1986. — Use of hydrographs to survey subsurface drainage networks ageing and hydraulic operating. Agricultural Water Management seminar, The Netherlands, Balkema Editor, 175-189.
- LESAFFRE B., ZIMMER D., 1987. — Modélisation du comportement hydraulique d'un sol drainé : débits de pointe et tarissements. Science du Sol, 25(4), 231-246.
- MAASLAND M., 1959. — Water-table fluctuations induced by intermittent recharge. Jour. of Geophys. Res. (64), 549-559.
- RUSSEL J.L., 1934. — Scientific research in soil drainage. Jour. of Agric. Sci., (24), 544-573.
- TRAFFORD B.D., 1973. — The relationship between field drainage and arterial drainage. Theoretical aspects. FDEU Technical Bulletin 73(10), 1-14.
- VAN HOORN J.W., 1973. — Drainage of heavy clay soils. Drainage principles and applications, ILRI, 16(4), 313-326.
- VAUCLIN M., KHANJI D., VACHAUD G., 1976. — Etude expérimentale et numérique du drainage et de la recharge des nappes à surface libre, avec prise en compte de la zone non saturée. Jour. de Mécanique, 15(2), 307-348.
- WOLSACK J., 1978. — Steady state drainage in heterogeneous and anisotropic media. Proc. of the Int. Drainage Workshop, Wageningen, The Netherlands, ILRI, (25), 67-84.

