Zeitschrift: Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK = Mensuration, photogrammétrie, génie rural

Herausgeber: Schweizerischer Verein für Vermessung und Kulturtechnik (SVVK) = Société suisse des mensurations et améliorations foncières (SSMAF)

Band: 74 (1976)

Heft: 8

Artikel: Considérations sur le drainage des sols tourbeux et les risques de colmatage

Autor: Jaton, J.-F.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-228354

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 22.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Considérations sur le drainage des sols tourbeux et les risques de colmatage

J.-F. Jaton

Zusammenfassung

Die Eigenschaften drainierter Torfböden verändern sich schnell infolge einer beschleunigten Mineralisierung der organischen Teile. Diese Veränderungen können ein schlechtes Funktionieren des Drainagesystems zur Folge haben. Eine Reihe von Untersuchungen solcher Böden im Labor erlaubte eindeutig festzustellen, dass die Eisen beim physisch-chemischen Verdichtungsprozess in der Nähe von Dränleitungen eine wichtige Rolle spielen. Dieser Verdichtungsprozess (Verminderung der Wasserdurchlässigkeit) und seine Konsequenzen seien hier analysiert. Ebenso werden einige Gegenmassnahmen kurz skizziert.

Introduction

Le drainage des sols tourbeux est pratiqué depuis fort longtemps dans notre pays. Les premiers travaux d'assainissement de la plaine de l'Orbe et du Seeland, pour ne citer que ceux-là, datent de la fin du siècle dernier. Dans le seul canton de Vaud, 72 kilomètres carrés de marécages, de «prés doux» et de flachères ont été assainis de 1900 à ce jour. La mise en valeur de ces zones humides, tout en contribuant à lutter contre le paludisme, permit un développement de l'agriculture en fournissant de nouvelles terres.

La tourbe est un sol hydromorphe organique, formé de végétaux en partie décomposés et carbonisés qui se développe en milieu mal aéré ou saturé en eau de manière quasi permanente.

Peu d'organismes peuvent vivre dans un tel milieu, ce qui ralentit très fortement les processus de décomposition et d'humification de la matière organique. De plus, les éléments chimiques qu'elle contient sont peu assimilables, ce qui empêche également toute culture systématique sur de tels sols.

L'abaissement du plan d'eau par drainage et le travail du sol (destruction de la végétation originelle, mélange des horizons) constituent le principal amendement d'un tel milieu. Ces sols deviennent alors prospères et différentes cultures à hauts rendements peuvent s'y développer.

Cette amélioration modifie toutefois singulièrement les caractéristiques physico-chimiques de ces tourbes. L'aération du milieu a notamment pour conséquence une accélération des processus de minéralisation et d'humification. L'alternance aérobiose-anaérobiose modifie également la microfaune et la microflore et, par suite, l'action physique et chimique de celles-ci sur le sol.

Ainsi, le sol drainé évolue rapidement et présente après un certain temps, des propriétés physico-chimiques très différentes de celles qu'il avait précédemment. Cette transformation est à l'origine du mauvais fonctionnement actuel de certains systèmes de drainage qui donnaient satisfaction quelques décennies auparavant.

Généralités sur le drainage en massif tourbeux

L'assainissement des zones marécageuses peut être effectué principalement par fossés à ciel ouvert ou drainages souterrains. Cette dernière solution a généralement été préférée en Suisse en raison des facilités de travail. Plusieurs types de drains peuvent être mis en place. Leurs formes, diamètres, surface de pénétration et matériaux seront choisis en fonction des caractéristiques du drainage et des tourbes.

Nous n'insisterons pas ici sur les différents types de drains et de filtres, préfabriqués ou non, qui peuvent être mis en place. Remarquons simplement que les drains utilisés jusqu'à ce jour dans les terrains tourbeux ne sont nullement spécifiques à ce type de sol. Seules quelques précautions supplémentaires ont été prises parfois, notamment par l'emploi de ciments spéciaux lors de drainages en milieu acide. Relevons encore que le problème du colmatage physique, qui conditionne souvent la vie d'un réseau de drainage, nous paraît plus limité dans de tels sols, et ceci en raison de la faible teneur en éléments minéraux d'une part, du rôle de filtre joué par la tourbe dans le voisinage du drain d'autre part.

Un des problèmes majeurs posés par l'assainissement des anciens marais est celui du «tassement» des tourbes. Dès qu'un massif tourbeux est drainé, le niveau du sol s'abaisse par suite de la minéralisation des matières organiques et du tassement physique dû à l'assainissement et au travail du sol. Cet abaissement peut être considérable (2 cm par année, parfois plus) et après quelques dizaines d'années, la profondeur des ouvrages étant insuffisante, un nouveau drainage s'avère nécessaire.

Ce n'est malheureusement pas le seul point qui préoccupe les praticiens chargés de la mise en valeur des sols tourbeux. Le problème du colmatage physico-chimique du voisinage du drain se pose actuellement en maints endroits et en particulier dans le périmètre du «Grand Marais» (commune de Ballens, Vaud) où l'Institut de Génie Rural fut chargé d'étudier les causes du mauvais fonctionnement du système de drainage. L'analyse du phénomène de colmatage, illustrée par les essais effectués sur de tels sols, vous est présentée ci-dessous.

Le drainage du Grand Marais de Ballens

D'une superficie de 32 ha environ, le Grand Marais de Ballens fut assaini pour la première fois en 1920. Pour les principales raisons évoquées ci-dessus, un nouveau drainage a été mis en place en 1970. Les années 1971 à 1973, de faible pluviosité, n'ont pas permis de tester véritablement le réseau. Lors des pluies relativement importantes de 1974, les carences du système de drainage ont été mises en évidence.

Schématiquement, le profil agrologique est composé de trois couches. En surface, une tourbe mésotrophe forte-

ment minéralisée (teneur en M.O. de 50 %), peu fibreuse, de mauvaise structure et dont l'épaisseur varie entre 30 et 150 cm. Au-dessous, une craie lacustre de texture sablo-limoneuse, contenant des coquillages de 1 à 5 mm. Bien que peu perméable, ce matériel présente un coefficient de Darcy de l'ordre de 10^{-5} cm/s, donc à priori suffisant pour assurer un drainage convenable. En profondeur, une couche imperméable coiffe une nappe de faible charge.

Le périmètre de l'ancien marais, en forme de cuvette allongée, reçoit les eaux d'un bassin versant de 2 km² environ. L'évacuation du débit de drainage est difficile en raison de la faible pente du marais et du «tassement» des tourbes. Un assainissement à écoulement gravitaire s'avérant impossible, le relèvement des eaux par pompage fut nécessaire.

Le réseau de drainage est constitué d'un collecteur principal dans l'axe et de collecteurs secondaires transversaux. Le drainage de détail est assuré par des drains de PVC de ϕ 60 ou 80 mm avec écartement des files de 20 à 25 m. Les drains ont été mis en place dans la craie lacustre ou dans la tourbe suivant la profondeur des horizons; un filtre de tourbe prélevée en surface recouvre le drain sur une épaisseur de 10 cm environ. La tranchée a généralement été remblayée par un mélange craie-tourbe.

Soulignons que les travaux d'exécution ont été faits dans des conditions climatologiques parfois défavorables (eau en fond de fouille par exemple) ce qui a certainement eu pour conséquence une modification notable des caractéristiques hydrodynamiques du sol par suite du changement de structure. L'efficacité du système de drainage peut de ce fait être très compromise (Wesseling et Van Someren, Pays-Bas [11]).

Suite aux phénomènes constatés sur le terrain après drainage (submersion prolongée résultant d'une mauvaise infiltration des eaux météoriques, débits de drainage très faibles ou insuffisants, présence d'un gel colloïdal à l'extrémité des files de drains), nous avons cherché à vérifier l'hypothèse d'un colmatage physico-chimique au voisinage du drain par gel colloïdal. Quelques expériences préliminaires nous ont en effet démontré les propriétés d'imperméabilisation de ce gel qui flocule en milieu basique et se dissout en milieu acide. Les colloïdes électropositifs, ou basoïdes qui le composent, influencent très fortement la conductivité hydraulique du sol. Une couche de 2 à 3 mm de colloïdes étendue sur un filtre de papier suffit pour réduire le coefficient de perméabilité de Darcy de ce filtre dans un rapport de 100 à 1000.

Le rôle joué par ces colloïdes et ses incidences sur le drainage fut mis en évidence par divers types d'essais réalisés en laboratoire.

Essais en laboratoire

Le drain à tester est disposé dans une cuve, près du fond. La cuve est remplie de matériel prélevé «in situ», dans notre cas de la tourbe ou un mélange tourbe-craie (cf. figure 1).

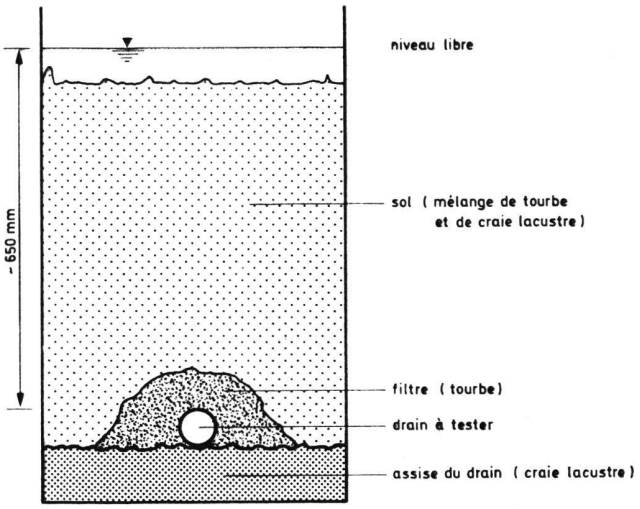


Fig. 1 Profil-type des cuves d'essai

Huit cuves ont été ainsi équipées. Elles sont désignées dans la suite du texte par les lettres A, B, C, D, E, F, G et H. Nous donnons dans l'annexe 1 les types de drains et les caractéristiques des matériaux testés.

Les essais sont précédés de préparatifs ayant pour but de saturer le sol, afin de le compacter de façon naturelle et d'éviter ainsi des phénomènes secondaires.

Nous ne présentons ici qu'un type d'essai: l'étude des débits de drainage aux différents drains sous une hauteur de charge constante. Bien que critiquable, cette hypothèse de travail nous permet de comparer les différents drains tout en déterminant rapidement le comportement du sol à moyen et long termes.

Mesures et résultats: Les essais ont duré plusieurs mois durant lesquels les débits ont été observés (procédé mécano-graphique ou prise volumétrique). Les courbes $Q = f(t)$ obtenues étant peu démonstratives, nous les avons reportées sur papier log.-log. (cf. figure 2).

Analyse des résultats: Les courbes de débit $Q = f(t)$ des différents drains présentent un certain nombre de caractéristiques communes montrant une diminution de débit sous l'effet d'un même phénomène.

Les écoulements aux drains peuvent être schématisés de la façon suivante:

- au cours des 50 premiers jours d'expérience environ, le débit varie, avec toutefois une légère tendance à la diminution,
- passé cette période, le débit diminue exponentiellement en fonction du temps,
- en fin d'expérience (après 140 jours pour les drains E, F, G, H et plus de 200 jours pour les drains A, B, C et D), la plupart des débits observés sont nettement insuffisants pour assurer un drainage convenable (débits < 1 l/s/ha).

L'annexe 2 montre les courbes de tarissement des différents drains. Nous en dégageons les points principaux suivants:

- les courbes de tarissement sont «homogènes» pour un même sol considéré,

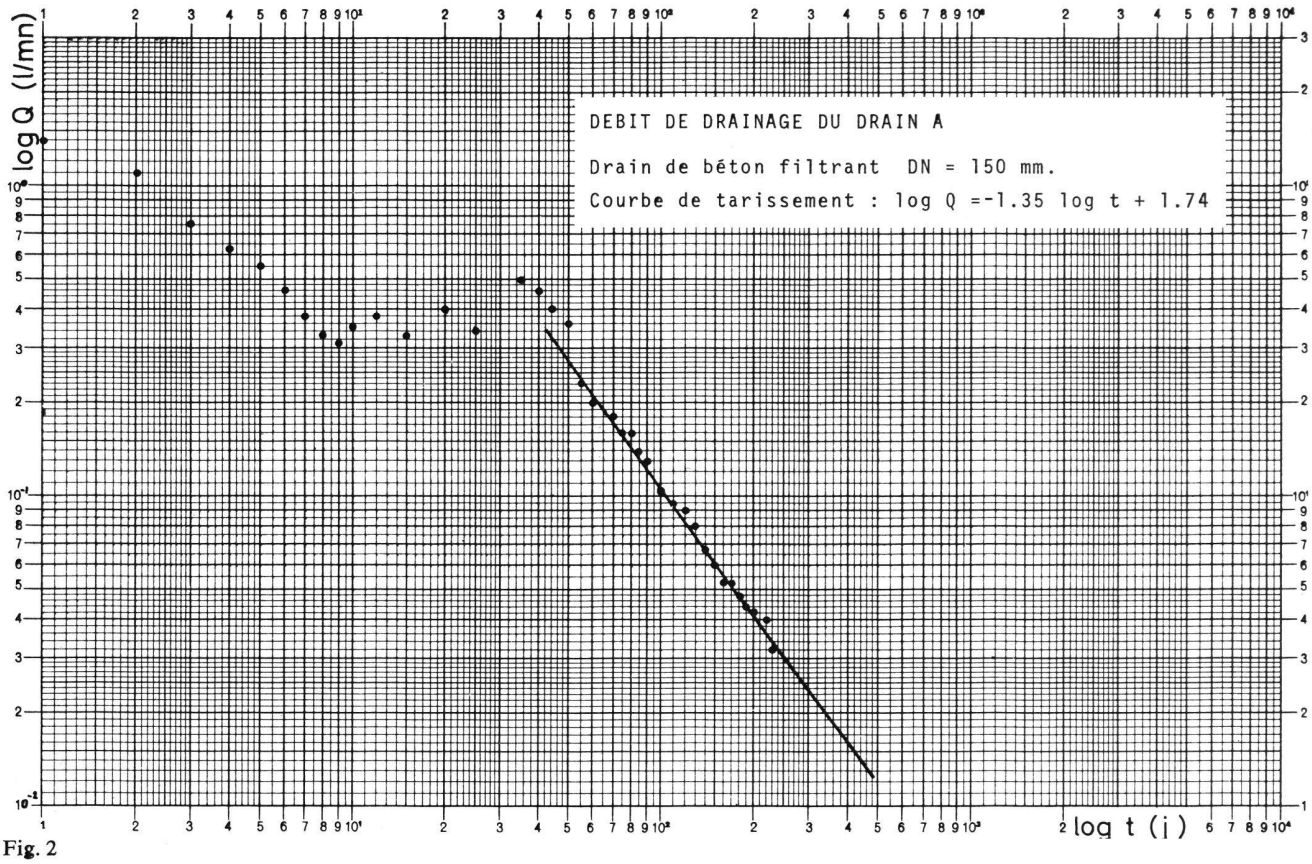


Fig. 2

- l'influence du type de drain est presque négligeable. Les drains des cuves E, B et D sont en effet identiques pour des ordres de grandeur de débits très différents,
- les valeurs des débits sont fonctions de deux caractéristiques essentielles, à savoir la teneur en Fe_2O_3 (voir annexe 3: résultats des analyses minéralogiques et organiques des sols) et la structure du sol (tourbe très fibreuse et à haute teneur en M. O. pour Maules; tourbe à structure granuleuse pour Ependes; tourbe très pâteuse pour Ballens).

Ces deux caractéristiques agissent sur les débits de drainage par l'intermédiaire du coefficient de perméabilité K de Darcy. De plus, la teneur en oxyde de fer nous renseigne sur les possibilités de colmatage physico-chimique du sol par précipitation des hydroxydes de fer.

Colmatage physico-chimique par hydroxyde de fer

Mise en évidence: Au laboratoire comme sur le terrain, nous avons pu observer des dépôts de gel colloïdal à l'exutoire des drains. Ces colloïdes précipitent à pH basique et peuvent ainsi floculer dans les tourbes de Ballens et Ependes, où le pH varie entre 7,2 et 7,9.

Les différentes analyses effectuées ont permis de déceler la présence d'ions ferriques Fe^{3+} dans les résidus sec de drainage (identification par réaction avec du thiocyanate de potassium = KSCN). L'analyse par point de fusion a d'autre part confirmé la présence d'hydroxyde ferrique, principalement sous forme de goethite (Fe OOH).

Mécanisme du colmatage: Le fer est un métal du sol présent dans de très nombreux minéraux. Lors de l'altération de ces minéraux, il peut se libérer, participer à l'édification de nouveaux minéraux, précipiter sur place, entrer dans la composition des argiles ou encore constituer des amas ferrugineux (concrétions, cuirasses). Il peut aussi être complexé par l'humus et participer au complexe argilo-humique. Sous forme réduit, il peut circuler dans le sol sous forme d'ion (Fe^{2+}) ou de chélate, être réoxydé, précipiter, voire même quitter le sol.

Parmi tous ces processus, nous allons dégager les phases essentielles régissant celui du colmatage; nous nous intéresserons surtout aux oxydes et hydroxydes.

Dans un sol, l'existence d'ions ferreux est liée à des conditions réductrices alors que celle d'ions ferriques est liée à des conditions d'oxydation. Les réactions d'hydroxydation sont fonction du pH du sol. La figure 3 nous montre les diagrammes de précipitation de l'hydroxyde ferreux et ferrique à partir de l'ion ferreux et ferrique respectivement, en fonction du pH.

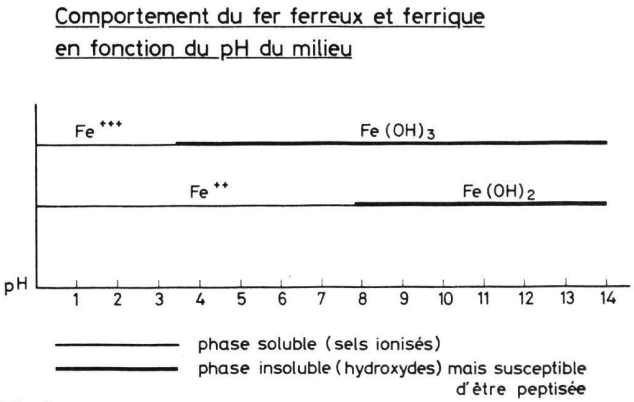


Fig. 3

Hem et *Cropper* ont étudié les lois d'équilibre entre les formes oxydées et réduites du fer en fonction du potentiel d'oxydo-réduction et de l'acidité du sol (cf. figure 4).

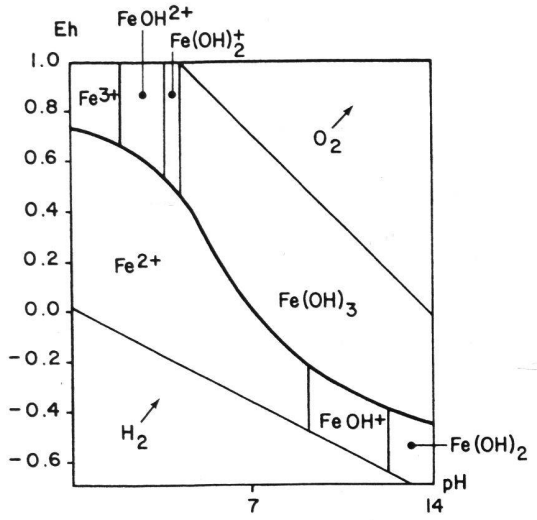


Fig. 4 Diagramme d'équilibre des formes de fer en fonction de Eh et pH
(Extrait de «Le fer dans les sols» de P. Segalen)

Ce diagramme montre l'influence de l'acidité et du potentiel d'oxydo-réduction Eh du milieu sur les qualités et quantités de fer. Ces facteurs conditionnent le mécanisme du colmatage que nous allons schématiser en trois phases:

a) *Mise en solution du fer.* Elle peut se produire par abaissement suffisant du pH (ce qui est rare) ou par passage du fer Fe^{3+} au Fe^{2+}. Cette réduction est en relation étroite avec le potentiel de rédox. Les microorganismes du sol, de même que les acides humiques et fulviques, sont également susceptibles de réduire et solubiliser le fer.

b) *Migration du fer.* Une fois la réduction du fer réalisée, ainsi que sa mise en solution, ce métal va pouvoir migrer dans le profil sous forme de complexe ou chélate. Dans notre cas il migrera en direction du drain.

c) *Précipitation et immobilisation du fer.* La précipitation du fer et son immobilisation se produiront lorsque le groupe fer-complexant ou le chélate sera détruit.
Cette destruction est possible par un changement de pH (ce qui n'est vraisemblablement pas le cas dans les sols de Ballens) ou par une variation du potentiel d'oxydo-réduction. Cette variation, liée à une oxydation du milieu (filtre du drain aéré) contribue à la destruction du complexant et à la transformation du Fe^{2+} en Fe^{3+}.
On remarquera que la présence d'oxydes déjà précipités facilite la précipitation ultérieure de nouveaux hydroxydes.
La précipitation du fer aura donc lieu dans le voisinage du drain ou dans le drain en raison des conditions oxydantes.

Notons enfin l'influence des ions calcium, abondants en profondeur (assise de craie lacustre) qui peuvent eux aussi provoquer la destruction des complexes ferro-humiques, accompagnée de l'insolubilisation et de la précipitation des constituants.

Conséquence du colmatage

Le colmatage physico-chimique par hydroxyde ferrique entraîne une modification des caractéristiques hydrologiques du massif drainé et des caractéristiques hydrauliques du réseau d'assainissement.

On peut schématiser le phénomène de la façon suivante:

- colmatage externe d'une part, qui affecte l'entourage du drain et peut aller jusqu'à l'«imperméabilisation» totale,
- colmatage interne d'autre part, par dépôt de l'hydroxyde dans le tuyau. Ce sont les caractéristiques hydrauliques (coeff. de Strickler, section) qui sont affectées. L'écoulement sera ainsi réduit, voire même stoppé,
- la formation d'une pellicule solide à l'intérieur du drain après une période de sécheresse provoque l'obstruction des fentes et orifices, ce qui empêchera tout ou partie de la pénétration de l'eau dans le drain.

Lutte contre le phénomène

Les solutions visant à s'opposer au colmatage ou à limiter ses effets sont certes très diverses, mais malheureusement pas toujours applicables. Citons sans entrer dans les détails quelques-unes d'entre elles:

- Réalisation d'un premier drainage extensif associé à un sous-solage. Drainer définitivement quelques années après, une fois le fer libre du sol lessivé. Economiquement parlant, cette solution paraît peu réalisable.
- Chaulage de la tranchée de drainage, ou de la surface du périmètre. En améliorant la structure du sol, on améliore sa perméabilité. Dans le cas de sols à pH élevé, cette solution n'est pas recommandable.
- Emploi de filtres spéciaux. Différents types de filtres d'enrobage ont été testés et expérimentés en Allemagne (*Kuntze,* Bremen). Ces filtres sont formés d'un matériau riche en tanin; or les liqueurs provenant de l'épuisement de végétaux tannants contiennent une certaine quantité d'acides organiques qui, tout comme les polyphénols, forment des complexes qui solubilisent le fer (complexes pseudo-solubles par union d'oxydes de fer et de composés organiques).
  Toutefois, d'après certaines expériences *(Handley),* les tanins solubles sont rapidement métabolisés; ils perdent leur activité, soit par suite de leur décomposition microbienne, soit par suite de leur polymérisation qui aboutit à leur insolubilisation.
  Nous avons vu ci-dessus que les composés organiques solubles qui prennent naissance en cours de décomposition réduisent le fer partiellement à l'état ferreux et le complexent à l'état ferreux ou ferrique. Cependant, *Lossaint* a constaté que le pouvoir compléxant des extraits solubles de litière diminue considérablement

lorsque leur teneur en calcium augmente. En présence de calcaire actif, le fer reste pratiquement insoluble. On trouve sur le marché des filtres d'enrobage à base de trillo et d'écorce de mimosa *(Antoc)*. Une conclusion quant à l'emploi de tels filtres dans les sols étudiés ne saurait être faite sans essais préalables, suite aux remarques ci-dessus.

- Emploi de filtres grossiers laissant facilement pénétrer les précipités d'hydroxyde ferrique. On court le risque d'un colmatage interne en évitant de trop colmater le voisinage du drain. Une pente de tuyau relativement forte ou un nettoyage des drains par lance à eau permet de remédier au colmatage interne.

- Maintien du réseau de drainage en milieu constamment immergé. Des essais allemands ont cependant montré que la solution consistant à faire déboucher les drains sous l'eau n'est pas concluante. Au contraire, la sédimentation augmente et la précipitation du fer n'est pas empêchée. Il faut de plus tenir compte des incidences techniques et économiques.

Enfin, une dernière solution qui enraye totalement ce phénomène sans pour autant le résoudre, et qui politiquement est la plus difficile à prendre, est de ne pas vouloir drainer de tels sols. Il faut reconnaître que les termes économie et écologie ne se marient guère et que souvent l'application de l'un agit au détriment de l'autre.

Conclusions

Les expériences faites sur le terrain et les essais de laboratoire ont permis de mettre en évidence un colmatage physico-chimique du massif drainé par précipitation d'hydroxyde ferrique dans le voisinage du drain. Ce problème, peu connu en Suisse, nous paraît d'autant plus important qu'il risque de toucher de grandes surfaces d'ici quelques années. Certains sols tourbeux pour lesquels ces problèmes ne se sont pas encore posés, risquent à leur tour de voir diminuer l'efficacité de leur système de drainage.

Aucune des solutions proposées ne semble cependant pouvoir résoudre de manière définitive le problème posé dans le périmètre étudié. A notre avis, aucun remède global ne saurait donner satisfaction et seules des améliorations locales peuvent être envisagées.

Notons enfin que seuls des essais permettront de répondre de cas en cas aux problèmes posés, toute extrapolation de résultats, dans l'espace ou dans le temps, étant particulièrement délicate en raison de l'hétérogénéité et de la dynamique du sol.

Annexe 1

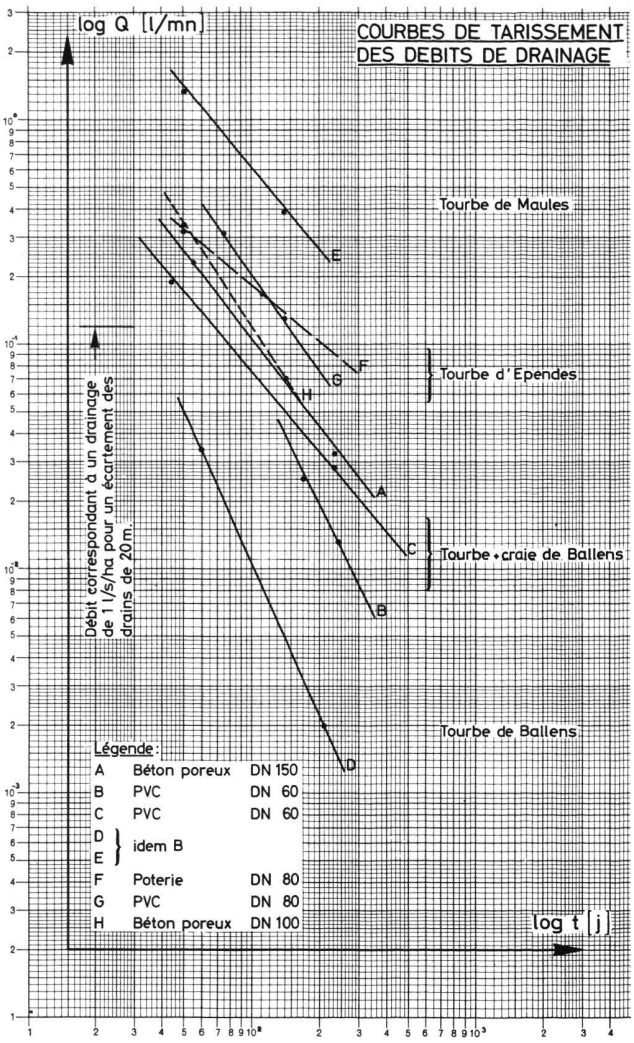
TABLEAU SYNOPTIQUE DES CARACTERISTIQUES DE DRAINAGE

Cuve	Sol	Origine	Drain	D.N 2) [mm]	Orifices	Surface de pénétration [cm^2/m^1]	Filtre	Epaisseur [mm]	Longueur testée [mm]
A	Tourbe 1) + craie	Ballens	Béton f.	150 (210)	Porosité du béton	non connu	Tourbe 3)	50 - 100	930
B	Tourbe 1) + craie	Ballens	PVC	60	Fentes transv.	27	Tourbe 3)	50 - 100	980
C	Tourbe 1) + craie	Ballens	PVC	60	Fentes transv.	41	Tourbe 3)	50 - 100	980
D	Tourbe	Ballens	PVC	60	Fentes transv.	27	-	-	980
E	Tourbe	Maules	PVC	60	Fentes transv.	27	-	-	980
F	Tourbe	Ependes	Poterie	80 (115)	Intervalles entre drains	20 - 30	-	-	800
G	Tourbe	Ependes	PVC	80	Fentes ellipsoïd.	20 - 30	Fibre coco	10	800
H	Tourbe	Ependes	Béton f.	100 (165)	Porosité du béton	non connu	-	-	800

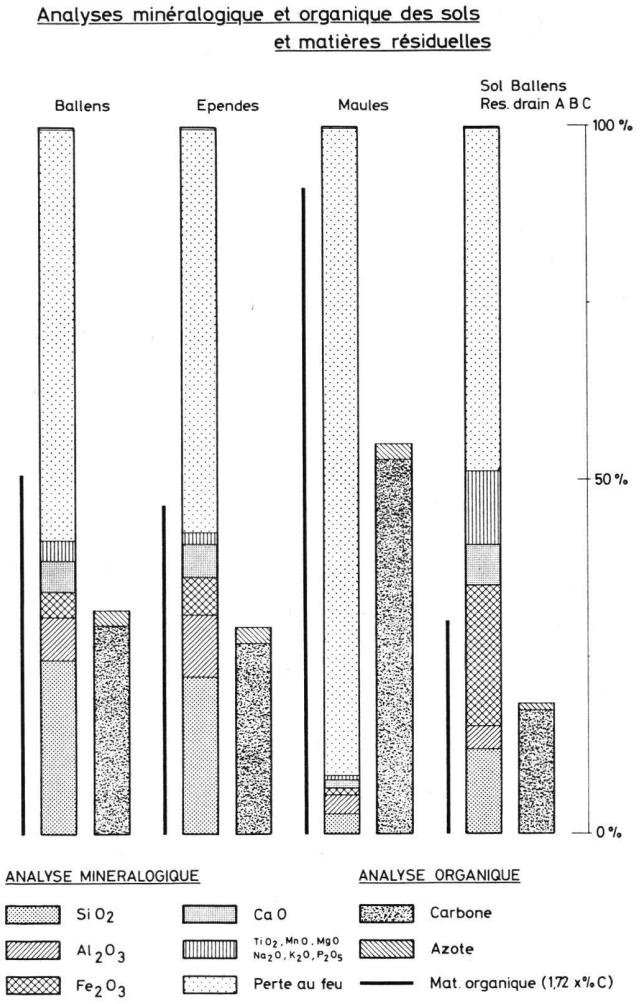
Remarques : 1) Mélange de craie lacustre et de tourbe prélevé "in situ"

2) Diamètre nominal en mm avec entre parenthèses le diamètre extérieur en cas de différence notoire

3) Cette disposition du sol et du filtre a été adoptée de manière à recréer le profil-type des tranchées de drainage de Ballens. Le drain repose sur une assise de craie lacustre.



Annexe 2



Annexe 3

Bibliographie

[1] *Bonnemay M.:* Les Colloïdes. Coll. Que sais-je PUF, Paris 1967

[2] *Cros Ph.:* Les essais des tuyaux de drainage effectués par le CTGREF, CRGREF ANTONY, juillet 1973

[3] *Cros Ph.:* Les filtres de drainage. Essai de synthèse en avril 1974. Document SO/8 du CTGREF ANTONY

[4] *Duchaufour Ph.:* Précis de pédologie, Masson & Cie, Paris 1965

[5] *Gaucher G.:* Traité de pédologie agricole, le sol. Dunod, Paris 1968

[6] *Jaton J.-F.:* Etude et explication des phénomènes de tarissement des débits de drainage. Rapport interne de l'Institut de Génie Rural EPF-L, janvier 1976

[7] *Kuntze H.:* Untersuchungen über die Eignung von Torfmatten als Dränfilter. Wasser und Boden, janvier 1965

[8] *Scheffer B.:* Der Einfluss organischer Dränfilter auf Verlagerung und Ausfällung von Eisen im Boden und Drän. Mitteilungen der Deutschen Bodenkundl., 1974

[9] *Segalen P.:* Le fer dans les sols. ORSTOM, Paris 1964

[10] *Kuntze H.* et *Scheffer B.:* Organische Dränfilter gegen Verockerung. Mitteilungen 1 et 2, 1974/1975

[11] *FAO:* Matériaux de drainage. Bulletin d'irrigation et de drainage No 9, Rome 1972

Adresse de l'auteur:
Jean-François Jaton, Ingénieur du Génie Rural
Institut de Génie Rural
En Bassenges, 1024 Ecublens

triacca SA
GRANITSTEINBRÜCHE
CH-6799 PERSONICO
Tel. 092 72 24 52

MARKSTEINE
BORNES