

LE DRAINAGE DE SURFACE

FORMATION POUR OAQ

par

**VICTOR SAVOIE, ingénieur
MAPAQ - CENTRE DU QUÉBEC**

SESSION 2009-2010

LE DRAINAGE DE SURFACE

Table des matières

- Problématique
- Principes de base
 - Circulation de l'eau
 - Porosité des sols
- Objectifs
 - Drainage souterrain
 - Drainage de surface
 - Réseau hydraulique
- Règles générales du drainage
- Diagnostic
- Relevé topographique
- Conception d'un projet de drainage de surface
 - Analyse des profils longitudinaux
 - Analyse des profils transversaux
 - Intégration des secteurs
 - Choix et design
 - Règles de base
 - Type d'aménagement
 - Normes de drainage surface
 - Largeur des aménagements
- Rigole d'interception et tranchée filtrante
 - Écoulement hypodermique et correctif
 - Localisation
- Réalisation des travaux
- Approche par étape
 - Planification et exécution des travaux
- Conclusion

PROBLÉMATIQUE

Au Québec, nous recevons annuellement de façon irrégulière plus d'un mètre d'eau. Cet apport nous provient sous forme de neige et de pluie, selon des événements pluvieux très variables et de plus en plus intenses. Les statistiques le prouvent, il n'est plus rare maintenant de recevoir des précipitations de plus de 20 mm en une heure, créant dans les champs mal aménagés, des zones humides, du ruissellement, de l'érosion des sols et même une baisse de rendement des cultures.

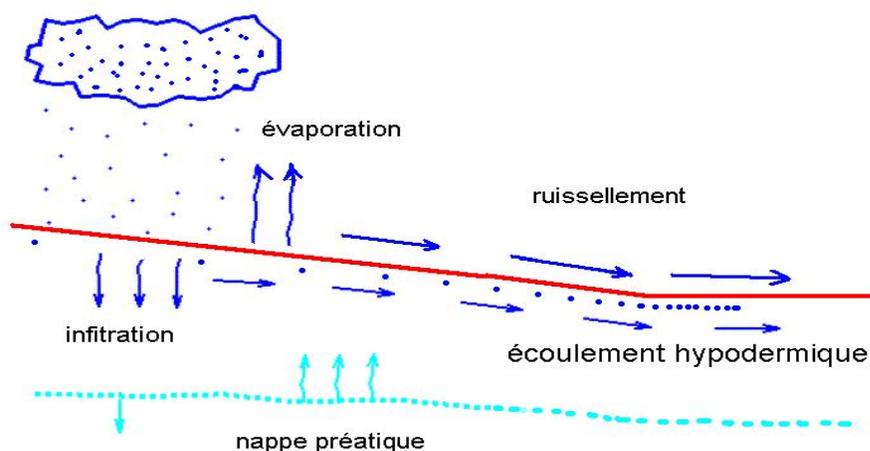
Pour contrer ces problèmes, nous devons utiliser une combinaison judicieuse du drainage de surface et du drainage souterrain afin de bien répondre aux exigences des plantes et de la circulation de la machinerie agricole, et ce, dans le respect d'une agriculture durable.

Cette fiche présente les règles et normes pour réaliser un projet de drainage de surface.

PRINCIPES DE BASE

CIRCULATION DE L'EAU

Avant de parler de l'aménagement de surface, il est important de bien connaître la circulation de l'eau à la surface et dans le sol afin de mieux comprendre les inconvénients qu'elle peut occasionner.



Lorsqu'il pleut, l'eau pénètre dans le sol pour l'humidifier. Selon sa perméabilité, la migration de l'eau viendra alimenter la nappe phréatique pour créer une remontée de cette dernière. C'est ce que l'on appelle l'infiltration.

Il arrive parfois que l'eau infiltrée se déplace à l'intérieur du sol, dans la partie supérieure du profil et dans le sens des opérations culturales et des cultures. Cette migration se produit des points hauts vers les points les plus bas du champ. On parlera alors d'écoulement hypodermique. Pour expliquer ce phénomène, nous croyons qu'il est causé par les travaux de préparation de sol (tels que le labour, chisel, semis, et le sous-solage). Des canaux préférentiels (micro drainage) sont créés dans le sens des cultures, couplés à une différence de perméabilité entre les horizons de surface travaillés et celui du dessous non remanié. Ceci favoriserait l'écoulement de l'eau dans cet horizon de sol.

Si le taux de précipitation est supérieur au taux d'infiltration, il se produira du ruissellement. Lorsque la pluie sera terminée, le ruissellement cessera et le sol se ressuiera. Les pores grossiers (porosité drainable) se videront et selon la saison, il se produira de l'évaporation ou de l'évapotranspiration

Exemples de ruissellement créant de l'érosion



Connaître le mouvement de l'eau sur et dans le sol est essentiel pour trouver les solutions aux problèmes de drainage. Par exemple, si la nappe phréatique se tient haute, le drainage souterrain devrait être une solution à privilégier par contre, s'il y a de l'écoulement hypodermique, il faudrait utiliser des tranchées filtrantes ou des rigoles d'interception pour résoudre ce problème. Enfin, si après une pluie il reste de nombreuses zones humides et/ou de petites dépressions où l'eau stagne, il faudrait envisager du drainage de surface.

POROSITÉ DES SOLS

Un sol en santé est composé d'environ de 50 % de matière solide et 50 % de vide.

Ces vides ou porosité totale sont divisés en pores de tailles différentes. Les pores fins ou microporosité correspondent au volume occupé par l'eau capillaire (capacité au champ). Les pores plus grossiers ou macroporosité représentent la porosité drainable. Ils sont utilisés pour la circulation de l'eau libre et de l'air.

Cette porosité peut changer dans le temps selon les cultures et les pratiques agricoles. Par exemple, la porosité drainable diminue dans un sol compacté. Il y aura alors moins d'eau infiltrée et plus de ruissellement. On peut aussi modifier la porosité, en améliorant la structure d'un sol par l'ajout de matière organique et l'amélioration de la vie biologique (bactérie, vers de terre, etc.). On peut aussi intégrer dans la rotation des cultures structurantes (prairie, etc.) et minimiser le travail du sol, grâce à de meilleures pratiques telles que le semis direct.

Il est à noter que plus la porosité de drainage est grande, plus le taux d'infiltration sera élevé et moins il y aura de ruissellement (sauf en sol gelé). Selon une étude du département de Génie Rural de l'Université Laval, il ya une corrélation linéaire significative entre la macroporosité et la conductivité hydraulique. La macroporosité se révèle donc un critère valable dans l'évaluation de la conductivité d'un sol.

OBJECTIFS DU DRAINAGE

La gestion de l'eau est le facteur de production le plus important en agriculture. Un excès d'eau aura pour conséquence l'anoxie des plantes (manque d'oxygène), des maladies et la pourriture des racines. Un manque d'eau amènera un retard dans la croissance des plantes et même la mort de certaines plantes. Puisque les précipitations sont très variables durant l'année, le drainage devra éliminer les surplus d'eau sans causer des problématiques d'érosion et permettre d'emmagasiner le peu d'eau reçue dans les périodes sèches, pour alimenter les plantes.

Le drainage agricole comprend 3 composantes importantes: le drainage souterrain, le drainage de surface et le réseau hydraulique. Lesquels utilisés? Ils sont tous importants dans l'aménagement d'un champ.

DRAINAGE SOUTERRAIN

Le drainage souterrain est une technique d'assainissement qui a pour but d'évacuer l'eau gravitaire du sol et d'abaisser la nappe phréatique à un niveau optimal pour la croissance des plantes. Il permet :

- de travailler le sol dans de meilleures conditions,
- d'améliorer la structure du sol,
- de développer un meilleur système racinaire des plantes,
- une meilleure assimilation des engrais par les plantes,
- d'ensemencer plus tôt au printemps,
- de récolter dans de bonnes conditions et d'améliorer l'efficacité des machineries.

La hauteur de la nappe phréatique d'un sol, varie avec la saison. Elle est généralement près de la surface tôt au printemps et tard à l'automne et descend considérablement au cours des mois d'été. On observe sa profondeur en creusant un trou dans le sol et en observant la profondeur à laquelle l'eau se stabilise. Dans les sols sableux, l'équilibre est atteint rapidement alors qu'il faut parfois attendre plusieurs heures (parfois une journée) dans les sols argileux peu perméable. Il faut toujours s'assurer de la provenance de l'eau qui se retrouvera éventuellement dans le fond du trou. Il est en effet possible que celui-ci se remplisse à partir d'écoulement superficiel, notamment par l'écoulement hypodermique que l'on observe souvent au bas de la couche de labour. Cette eau pourrait remplir partiellement le trou sans que la nappe phréatique soit en cause. Il faut donc observer le profil pendant quelques minutes afin de s'assurer que l'eau provient bien de la base du profil et non de sa partie supérieure.

Exemple d'une nappe phréatique élevée (1^{ère} photo) et d'une nappe perchée (2^e photo) due à l'écoulement hypodermique



Correctifs

En pratique, on devrait réaliser du drainage souterrain lorsque la nappe phréatique se situe dans l'année à moins de 0,7 mètre de la surface du sol. On peut utiliser du drain agricole avec ou sans filtre selon le type des sols. Une étude de sol est requise soit une analyse granulométrique pour savoir si un filtre est nécessaire et le type à choisir. Des tests de perméabilité sont aussi recommandés pour calculer l'écartement des drains.

Il faut noter que certains sols ne peuvent pas être drainés par des drains agricoles, puisqu'ils sont peu profonds (présence de roc, ou lors d'un changement textural à moins de 1 mètre de la surface) et/ou parce que leurs perméabilités sont trop faibles (< 0,1 mètre par jour). Le drainage souterrain n'est alors pas rentable, puisqu'il faudrait poser des latéraux très rapprochées. Il faudra dans ces cas, planifier un réseau hydraulique, comprenant des fossés de 1 mètre entre les planches, des rigoles d'interceptions avec ou sans puits filtrants dans des endroits stratégiques et un drainage de surface permettant d'égoutter les champs.

DRAINAGE DE SURFACE

Le drainage de surface vise plutôt à éliminer toutes accumulations d'eau à la surface ainsi que l'écoulement hypodermique dans un délai raisonnable pour les plantes (moins de 24 heures).

Il a aussi comme objectifs :

- de répartir uniformément les précipitations et favoriser leur infiltration, pour apporter l'eau utile aux plantes,
- d'évacuer l'eau de ruissellement et hypodermique, par des pentes adéquates vers les structures hydroagricoles (réseau hydraulique), sans toutefois causer l'érosion,
- d'éliminer les petites dépressions et irrégularités de la surface du sol qui créent des zones humides néfastes aux cultures, récupérer des surfaces non productives
- causer le moins d'inconvénients aux opérations culturales et à la machinerie agricole,
- permettre l'entrée plus rapide et améliorer les conditions de récoltes au champ
- augmenter les rendements des cultures.

Les zones dépressionnaires sont des cuvettes qui recueillent l'eau des environs. Elles demeurent ainsi plus humides au printemps et lors des pluies d'été et d'automne. Elles ont pour conséquence, entre autres, de retarder la date d'entrée au champ, de diminuer les rendements et de rendre plus difficile la réalisation des récoltes tardives. Très souvent, les sols de ces cuvettes seront compactés puisqu'ils sont travaillés en conditions trop humides. Le problème original s'en trouve accru, puisque la compaction diminue la perméabilité au sol. C'est pourquoi la zone humide tend à s'agrandir.

L'observation du relief permet parfois de localiser facilement les zones de dépression. La carte topographique avec ces cotes de niveau permettra de confirmer les observations sur le terrain. Cependant, lorsque les pentes sont très faibles, il y a risque de confondre une cuvette authentique avec une zone de résurgence.

Il faut noter que contrairement au drainage souterrain, la plupart des champs requièrent de l'aménagement de surface.

Correctifs

Le remplissage des cuvettes est parfois possible, mais celles de plus grande dimension posent souvent des difficultés en raison des déplacements importants de terre que cela implique et du résultat souvent insatisfaisant qui en résulte. En effet, il peut en résulter une dépression moins profonde, mais plus grande que la première. Parfois, cette dépression sera suffisamment nivelée pour que la percolation suffise à éliminer l'eau. Ces vastes dépressions peu profondes permettront la production de cultures annuelles avec un minimum de pertes de rendement si la structure du sol est suffisamment bonne pour assurer une bonne percolation. Par contre, ces aménagements seront souvent problématiques pour les cultures hivernales telle la luzerne qui aoutera très mal en ces endroits ou qui sera détruite par la glace qui se formera lors des dégels hivernaux.

Lorsqu'il n'est pas possible ou trop dispendieux de combler une dépression, il faut alors concentrer l'eau en un point et évacuer celle-ci par une rigole d'interception ou à l'aide d'un système de captage tel que avaloir et/ou tranchée filtrante qui conduira l'eau par une conduite à un émissaire d'une profondeur suffisante.

Exemples de champs qui auraient besoin d'un aménagement de surface



RÉSEAU HYDRAULIQUE

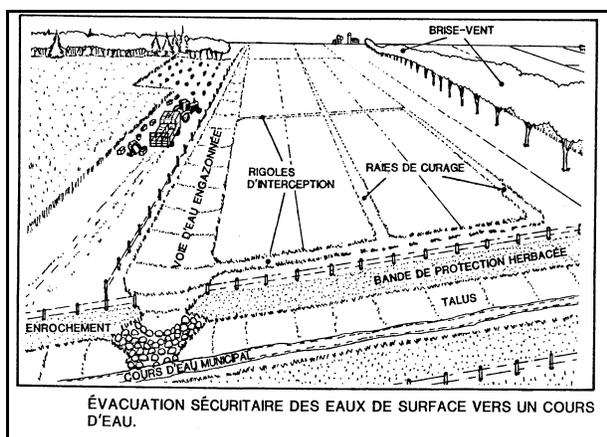
Le réseau est l'ensemble des structures hydroagricoles que l'on doit réaliser dans un champ pour évacuer de façon sécuritaire le surplus d'eau d'un champ. Il est souvent oublié dans l'aménagement des terres agricoles. Il comprend les cours d'eau, fossés, voies d'eau, raies de curage, avaloirs, rigoles, tranchées et/ou puits filtrants.

Il permet :

- d'évacuer le surplus des eaux de surface, hypodermiques et souterraines,
- de minimiser l'érosion, en coupant les longueurs de champs à des endroits stratégiques.

En tout temps, le réseau est planifié judicieusement en complémentarité avec le drainage de surface et souterrain.

Exemples d'aménagement du réseau hydraulique



RÈGLES GÉNÉRALES DE DRAINAGE

Voici quelques règles permettant de réaliser des projets efficaces.

- Les sols peu profonds reposants sur un horizon imperméable (changement textural, roc, etc.) ou les sols peu perméables ($< 0,1$ m/jour) ne peuvent être drainés efficacement par des drains agricoles. De plus, en raison du nombre de lignes de drains à installer, il est difficile de justifier économiquement ces investissements. Dans ces cas, ces sols ont avantage à être nivelés de manière très précise afin de ne laisser aucune dépression et/ou accumulation d'eau en surface. Un réseau hydraulique efficace est alors de mise et devrait comprendre des fossés entre 40 et 90 mètres d'espacement.
- Plus un sol est imperméable et plus le taux de ruissellement sera élevé. Il en va de même dans les sols gelés. Il faudra porter une attention particulière à ces sols, car les risques d'érosion sont élevés.
- Pour conserver le potentiel des sols et diminuer les coûts, le drainage de surface devrait être réalisé en déplaçant le minimum de sol arable.
- Il est toujours recommandé d'investiguer et de réaliser les aménagements suivant la chronologie suivante : le réseau hydraulique, le drainage de surface et si nécessaire le drainage souterrain. Quoiqu'il soit préférable de réaliser les étapes sur plusieurs années, le tout est possible sur une seule.
- Les sols qui profiteront le plus du drainage de surface sont ceux ayant des perméabilités faibles.

DIAGNOSTIC

Un bon diagnostic commence tout d'abord par la consultation, lorsque disponible des documents suivant :

- les photographies aériennes, infrarouges et/ou carte de rendement : pour localiser les zones de mauvais rendement,
- les relevés topographiques et/ou plans de drainage souterrain et/ou profil des cours d'eau municipaux : pour localiser les zones potentielles de mauvais drainage (dépression, écoulement hypodermique, etc.),
- Carte de sol et perméabilité : afin d'évaluer le potentiel et la limite des sols.

Le conseiller devra analyser cette information afin de savoir si le problème est agronomique ou dû au drainage. Par exemple, il est intéressant de comparer la localisation des zones de mauvais rendements de culture à partir d'une carte de rendement ou une photographie infrarouge sur une carte de niveau ou un plan de drainage de surface et/ou souterrain.

Exemples de photos aériennes localisant des zones humides dans les champs



Visite au champ

Une visite au champ doit être réalisée avec le producteur afin de:

- Connaître la problématique et localiser les superficies affectées.
- Évaluer les rendements et la répartition de ces derniers dans le champ. Y a-t-il des zones de jaunissement ?
- Connaître l'historique du champ soit : les rotations de cultures, les pratiques agricoles, les machineries utilisées, les charges à l'essieu, etc.
- Vérifier si le champ est drainé souterrainement. Si oui :
 - ✓ Regarder les plans et devis et vérifier l'écartement.
 - ✓ Vérifier le type de sol, la granulométrie et son uniformité dans le champ.
 - ✓ Vérifier, s'il ya lieu, le type de filtre.

Dans les sols sableux, ayant moins de 20 % d'argile, il faut dans la plupart des cas utiliser un filtre selon la grosseur des particules. De même dans ces sols, il y a risque de colmatage par l'ocre de fer. Pour ce faire, évaluer dans les fossés et/ou à la sortie des conduites souterraines s'il y a de la rouille.

Exemples de colmatage sédimentaire dû à l'installation d'un filtre inadéquat et d'un sol à haut risque de colmatage de drain par l'ocre de fer



- Évaluer le réseau hydraulique
 - ✓ Localiser les cours d'eau, fossés, rigoles, des raies de curage avaloir, sorties de conduite et drainage souterrain.
 - ✓ La présence de fossé de zones boisées.
 - ✓ Estimer la profondeur des émissaires pour évacuer l'eau de surface et souterraine.

Il faut aussi tenir compte de la forme, de la largeur et de la disposition des planches existantes. Par exemple, un champ avec des aménagements étroits et/ou avec de nombreuses rigoles d'interception, aura parfois à être réaménagé afin d'améliorer l'efficacité de la machinerie et de récupérer des surfaces non cultivées.

- Réaliser une évaluation agronomique
 - ✓ Vérifier les analyses de sols, le pH, le taux M.O., la fertilisation (phosphore, potassium, oligo-éléments),
 - ✓ Vérifier s'il y a lieu la présence et la variété des mauvaises herbes (plantes colonisatrices en zone plus humide vs mauvaises herbes en culture),
 - ✓ Connaître les rotations de cultures que l'entreprise veut faire.
- Connaître, les argents que l'entreprise veut ou peut investir.

Ce dernier élément est souvent négligé. Lorsque l'entreprise a peu d'argents, il faudra faire investir le producteur dans des travaux rentables. Souvent l'aménagement d'un meilleur réseau hydraulique, en situant des rigoles et des avaloirs au bon endroit permettent un meilleur retour sur l'investissement.

Profil de sols :

Parfois il est nécessaire de réaliser des profils de sol à des endroits stratégiques pour connaître les causes des problématiques de drainage rencontrées soit :

- Dans les zones de bon et mauvais rendement,
- À côté des dépressions,
- Au bas des pentes longitudinales fortes.

Il existe une façon de faire, basé sur des observations réalisées au champ qui a été développé au Centre-du-Québec. On la nomme la méthode Brunelle-Savoie. Elle montre comment identifier et corriger les cinq principaux problèmes associés à un régime hydrique déficient.

1. Une nappe phréatique élevée,
2. Une nappe perchée (compaction),
3. De l'écoulement hypodermique non évacué adéquatement,
4. Des dépressions où l'eau stagne, créant des zones humides (mauvais drainage de surface),
5. Des sols à structures instables, non structurés, composés de plus de 60 % de limon et ou sable fin (< 0,25 mm de diamètre) et moins de 12 % d'argile.

Profil de sol



Ces profils de sol nous donnent beaucoup d'informations :

- La distribution des racines dans le sol.
- La présence d'une couche compactée.
- La couleur des horizons de sol. D'une façon générale, la couleur d'un sol indique son degré d'aération qui est proportionnel à la rapidité avec laquelle l'eau peut être évacuée du profil. La présence dans les sols de sels de fer, en s'oxydant en présence de l'air, donne des teintes plus jaunes, orange et rouges. Par contre lorsqu'il n'y a pas d'oxygène, les sels de fer sont réduits et le sol prend alors des teintes progressivement plus ternes pour atteindre des couleurs plus grisâtres, même parfois verdâtres ou bleutées. La séquence normale des couleurs d'un sol devrait nous indiquer un sol plus aéré en surface, donc plus brun rosé vers un gris bleu, montrant que le sol est plus humide en profondeur. À titre d'exemple nous remarquerons dans un profil de sol ayant une nappe perchée, une inversion de la séquence normale d'un sol. C'est-à-dire qu'il y aura des horizons de couleur plus bleutée en surface, juste au-dessus de la compaction et un horizon plus oxydé sous cette zone. (voir exemple de profil).
- L'odeur : la décomposition de la matière organique fraîche se fait dans un milieu très peu oxygéné, générant des gaz sulfureux qui sentent des œufs pourris (aération déficiente en surface due à une compaction).
- La localisation de la provenance de l'eau qui se retrouvera éventuellement dans le fond du trou. Est-ce qu'elle provient du sous-sol donc de la nappe phréatique ou est-ce l'écoulement superficiel ou hypodermique?

Pour plus d'information, le lecteur peut se référer au document « Problèmes de drainage Module 7 - Diagnostic et correction de problèmes de compaction et de drainage » (voir référence en annexe).

Exemple de profil ayant une inversion de couleur démontrant une compaction et un blocage des racines



Lorsque nous sommes en mesure d'identifier la ou les problématiques rencontrées sur le terrain, le conseiller devra avec le producteur, explorer les solutions que l'entreprise pourrait mettre en application. Dans certains cas, la prise de niveau partielle ou d'un relevé topographique complet sera nécessaire. Dans ce document, nous traiterons surtout des solutions reliées à un mauvais drainage de surface.

RELEVÉ TOPOGRAPHIQUE

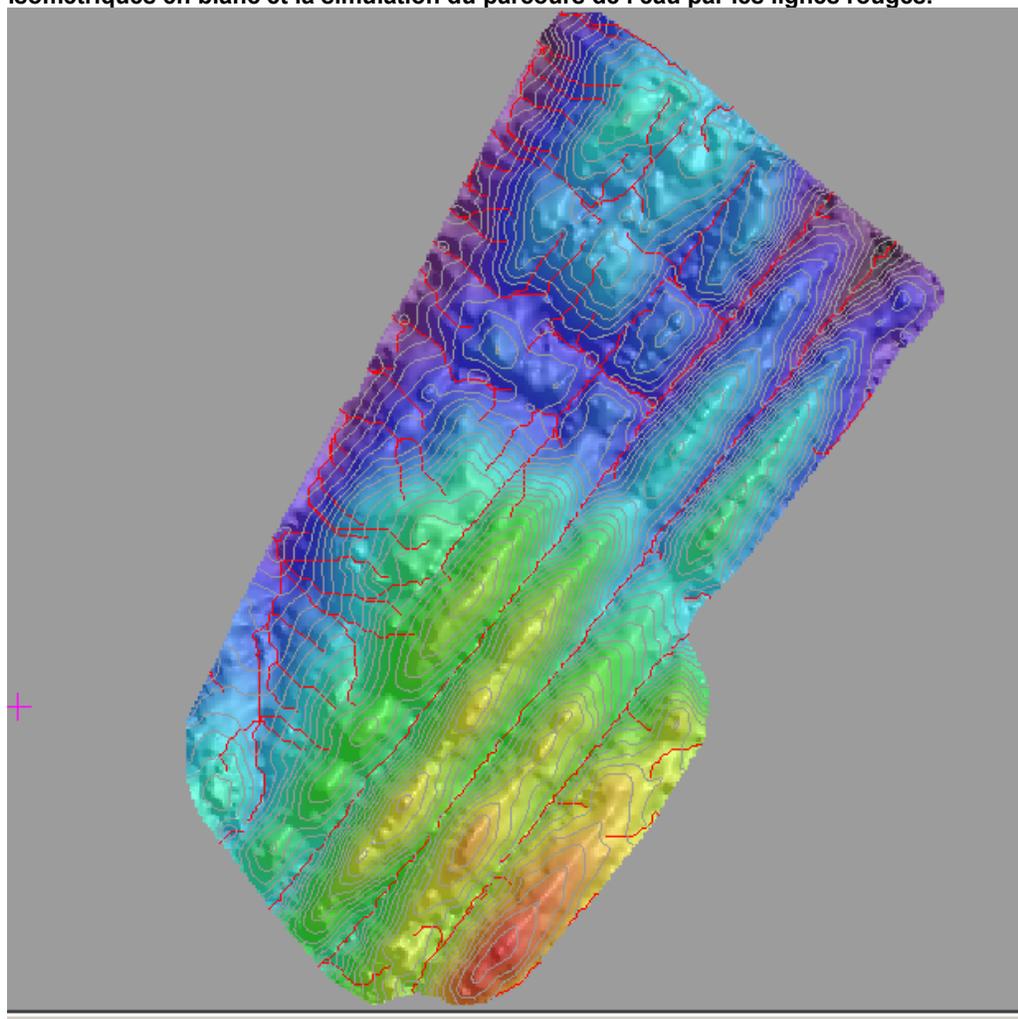
Pour réaliser un aménagement de surface efficace, une analyse de l'information et une planification des travaux sont déterminante dans la réussite d'un projet. Lorsque les champs ont peu de pentes, un relevé topographique est plus qu'important. Il permet de visualiser les possibilités d'aménagement, de réaliser un design et une localisation appropriés des aménagements de surface et des structures hydroagricoles. Très souvent, le relevé permet d'identifier la solution la moins coûteuse en réduisant par exemple, les déplacements de terre ou en installant un avaloir au lieu de creuser ou d'approfondir un fossé, etc.

Différents outils et méthodes sont utilisés pour le relevé topographique. Un relevé peut être réalisé à l'aide d'un niveau manuel ou au laser, localisant les élévations du terrain.

D'autres systèmes plus performants peuvent être utilisés, soit le relevé topographique exécuté à l'aide d'appareils G.P.S. Cette technologie utilise les satellites pour donner les relevés altimétriques. La méthode la plus utilisée est l'utilisation de deux GPS et d'un logiciel de post-traitement des données recueillies. Le premier GPS est installé soit sur un VTT, un camion ou sur une machinerie agricole et prend des mesures en continu, d'élévation et de positionnement (longitude et latitude) du champ. Le deuxième GPS est installé sur une base fixe. Il existe aussi des GPS plus performants qui prennent des données en temps réel, mais ils sont plus dispendieux. Enfin, plusieurs compagnies de machinerie agricole ont développé des systèmes G.P.S avec logiciel intégré tel que le R.T.K. de la compagnie Case Inter.

Les données sont ensuite importées dans un ordinateur aux fins de traitement. Ainsi, à l'aide de logiciels, il est possible de produire une carte des points d'élévation avec des courbes de niveau. Ils peuvent présenter les élévations par des couleurs différentes. On peut aussi à l'aide de ces logiciels simuler le mouvement de l'eau à la surface et réaliser des profils longitudinaux et transversaux des champs qui seront très utiles pour planifier un bon design. Ces outils sont aussi très performants pour localiser d'un coup d'œil les dépressions, les points hauts, et les points bas d'un terrain, planifier le réseau hydraulique soit la localisation des rigoles et/ou tranchées filtrantes, etc. Ils permettront aussi d'évaluer les dimensions et le degré des pentes (forte, faible ou nulle) sur la longueur et la largeur d'un champ.

Exemple d'une carte dont les élévations sont représentées par des couleurs. Le rouge étant le plus élevé suivi du jaune, bleu et violet étant la zone d'élévation la plus basse. Remarquer aussi les lignes isométriques en blanc et la simulation du parcours de l'eau par les lignes rouges.



CONCEPTION D'UN PROJET DE DRAINAGE DE SURFACE

Suite à la division cadastrale, les terres se cultivent sur la longueur des lots, créant ainsi des champs longs et étroits. Par principe, on définit la pente longitudinale d'un champ, comme étant celle qui est dans le sens des travaux d'opérations culturales et des cultures et la pente transversale, celle qui est perpendiculaire au champ.

ANALYSE DES PROFILS LONGITUDINAUX

On doit porter une attention particulière à la pente longitudinale d'un champ. Cette dernière est la plus importante à analyser lors de la conception d'un nivellement efficace. Tout d'abord, parce qu'elle est dans le même sens que les micros drainages créés par les opérations de travaux de préparation de sol (labour, semis, etc.). Puisque cette pente est dans la même direction que les cultures, il arrive que les petits billons réalisés lors du travail du sol, viennent bloquer l'écoulement latéral de l'eau. (Particulièrement dans les cultures sarclées et les cultures sur billons).

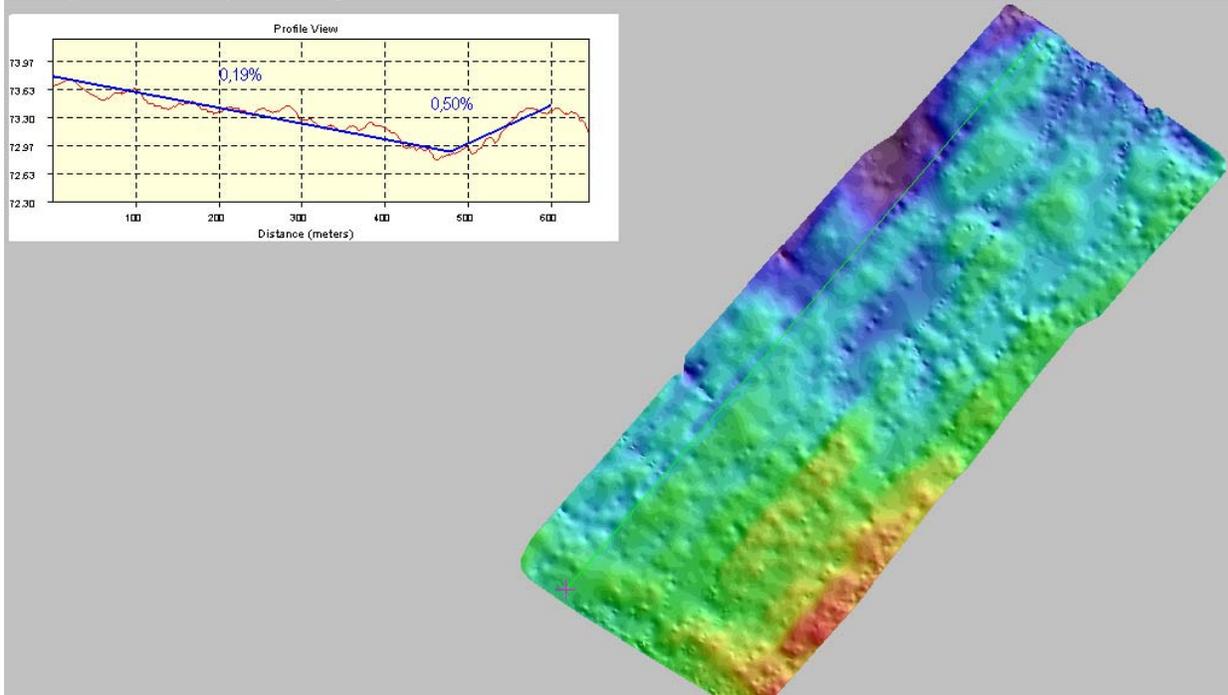
À partir d'un relevé topographique, nous pouvons réaliser plusieurs profils longitudinaux du champ et des champs que nous voulons aménager. Généralement 3 à 5 profils par planches existantes sont suffisants (1 au sommet, 2 de chaque côté du centre et 2 sur le rebord de la planche) ou à tous les 30 mètres dans les cas où il n'y a pas de planches existantes.

À partir de ces profils, il est intéressant par la suite d'étudier les pentes du champ et de localiser :

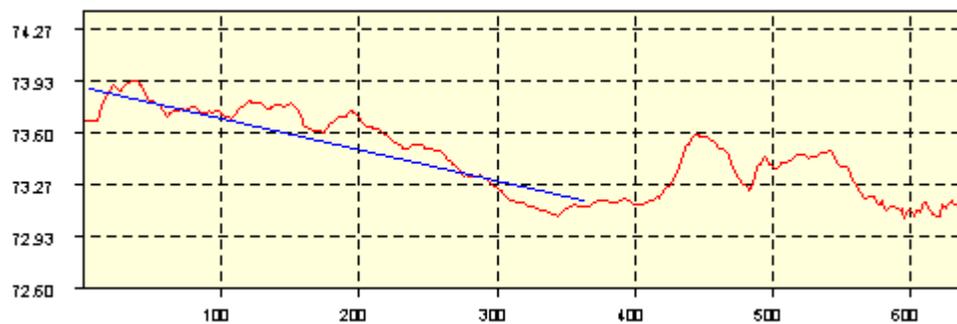
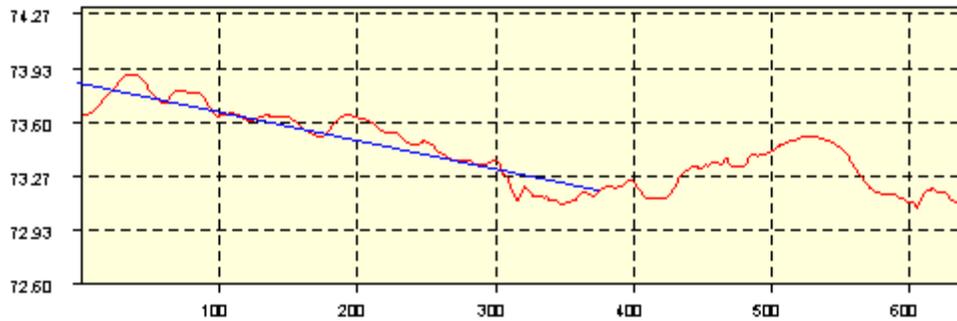
- les changements de pentes,
- les contre-pentes,
- les longueurs de pentes,
- les zones hautes (buttons) et basses du champ (dépressions).

Conseil : Il sera intéressant d'aligner les profils un au-dessus de l'autre pour visualiser et analyser la tendance des pentes.

Exemple de contre-pente longitudinale



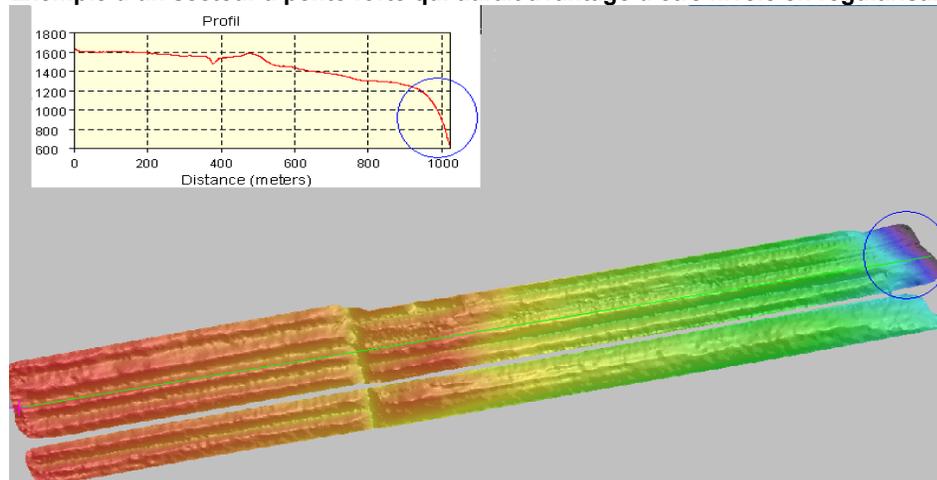
Exemple de la tendance des pentes à partir des profils longitudinaux. Remarquer la tendance de la pente sur les 380 premiers mètres



À partir des profils, noter les longueurs de champ ayant des tendances de pentes similaires. Ils seront, après avoir consulté les profils transversaux, utiles pour créer des secteurs d'aménagement uniforme (surface de nivellement).

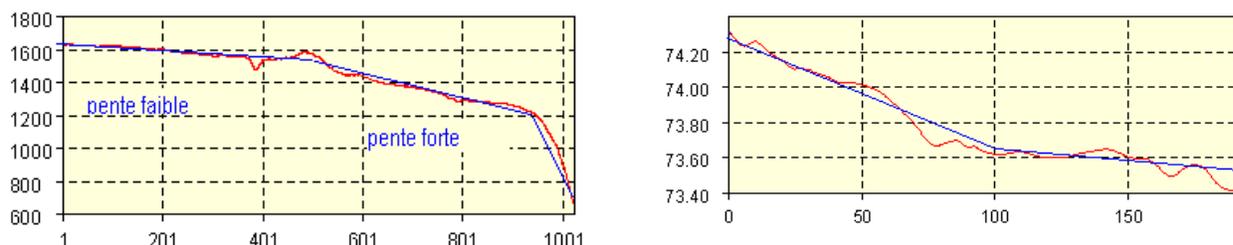
Les parties du champ ayant des pentes très fortes (+ de 2 %), par exemple dans des sections de champs, les bouts de champ, les coulées, etc. Ces secteurs pourront être travaillés indépendamment, en régularisant tout simplement la surface à l'aide de niveleuse sans laser.

Exemple d'un secteur à pente forte qui aurait avantage d'être nivelé en régularisant la surface



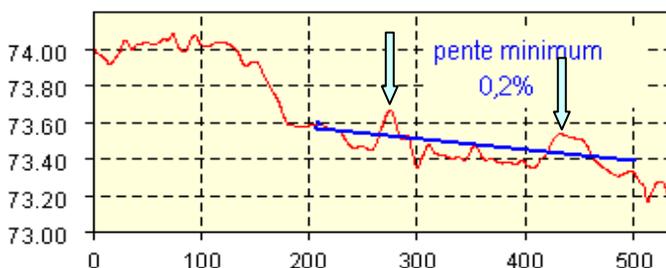
Remarquer s'il y a des secteurs dont la pente longitudinale est nulle ou très faible et vérifier où si ces secteurs se trouvent avant ou après une pente forte. Ces secteurs sont moins problématiques s'ils sont situés dans la partie la plus élevée du champ ou lorsqu'il y a une rigole d'interception ou tranchée filtrante aménagée en amont de ces zones, pour intercepter les eaux des parties de champs en amont.

Exemple d'un secteur dont la pente longitudinale est faible situé dans la partie haute ou basse d'un champ



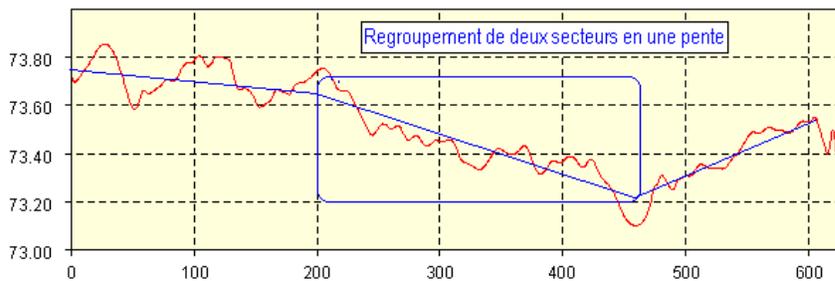
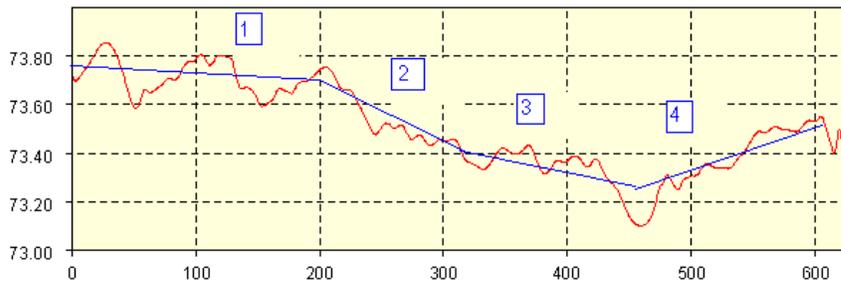
Si une contrepente longitudinale est créée par une courte surélévation (butte), elle doit être éliminée. Il faudra réaliser si possible alors une pente longitudinale supérieure à 0,2 %, afin de s'assurer de ne pas créer une vaste dépression ou une zone à pente nulle lors de la reprise de densité du sol. De façon générale dans les secteurs où la pente longitudinale est plus petite que 0,2 %, il faudra prévoir des pentes latérales plus fortes selon les besoins des cultures et la perméabilité du sol.

Exemple de petites contrepentes longitudinales qui peuvent être éliminées

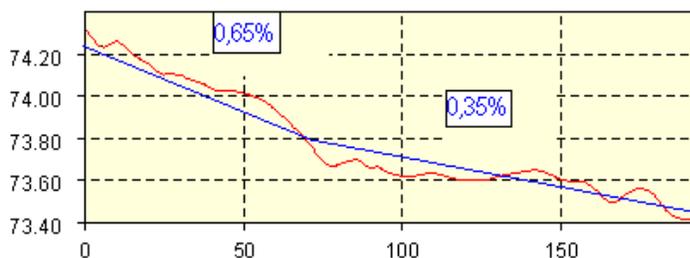
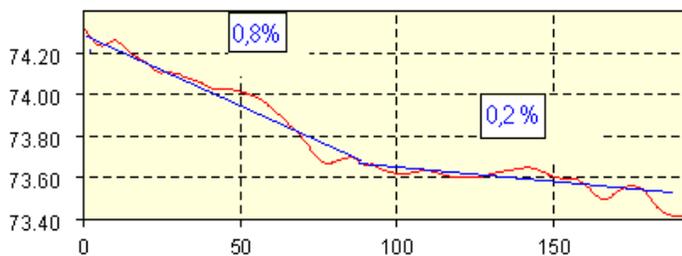


Pour limiter les problèmes d'accumulation d'eau entre deux secteurs, dont celui qui est en amont a une pente plus forte que le suivant, il est préférable de diminuer l'écart des pentes longitudinales entre ces secteurs. Ceci permettra d'éliminer une rigole et de permettre un meilleur égouttement.

Exemple d'égalisation de pentes : il est possible, sur de courte distance, de grouper des secteurs avec une pente moyenne



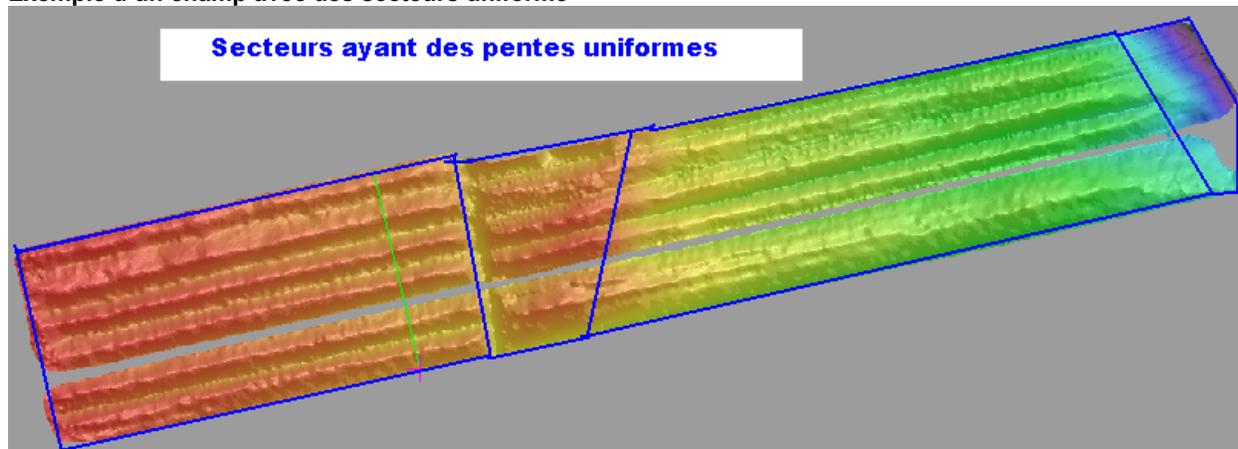
Exemple d'atténuation de pentes : Si une pente forte est suivie d'une pente plus faible, il est possible de modifier les pentes longitudinales des 2 secteurs pour atténuer la différence de pente entre les deux secteurs et limiter les problèmes d'accumulation d'eau au pied de la pente la plus forte.



De façon générale, lorsque les secteurs sont longs, il est difficile et même impossible de changer les pentes longitudinales d'un champ. Il faut suivre alors les pentes moyennes du terrain afin de minimiser le déplacement de sol et les coûts d'aménagement.

Un secteur peut parfois être plus long si la répartition des déblais/remblais est bien répartie sur toute la longueur et la largeur d'un champ et que ses pentes sont uniformes. Par contre, afin de tenir compte du rayon de braquage du tracteur avec la lame niveleuse, un secteur ne pourra être de moins que 30 mètres de largeur et de longueur.

Exemple d'un champ avec des secteurs uniforme



ANALYSE DES PROFILS TRANSVERSAUX

Réaliser plusieurs profils latéraux dans chacun des secteurs ayant des pentes longitudinales similaires. Généralement, des coupes à tous les 50 mètres sont suffisantes.

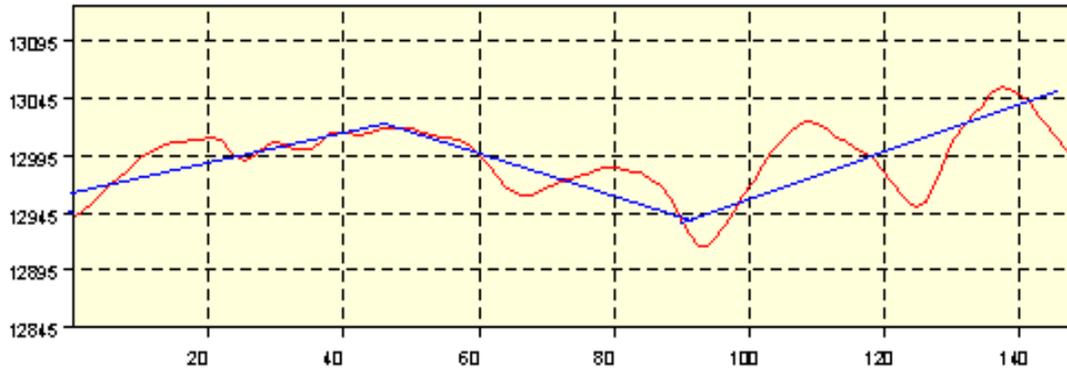
À partir de ces coupes, il est intéressant de porter une attention :

- à la largeur et la forme du champ et des planches existantes,
- sur la localisation des buttes et dépressions,
- la tendance des pentes latérales.

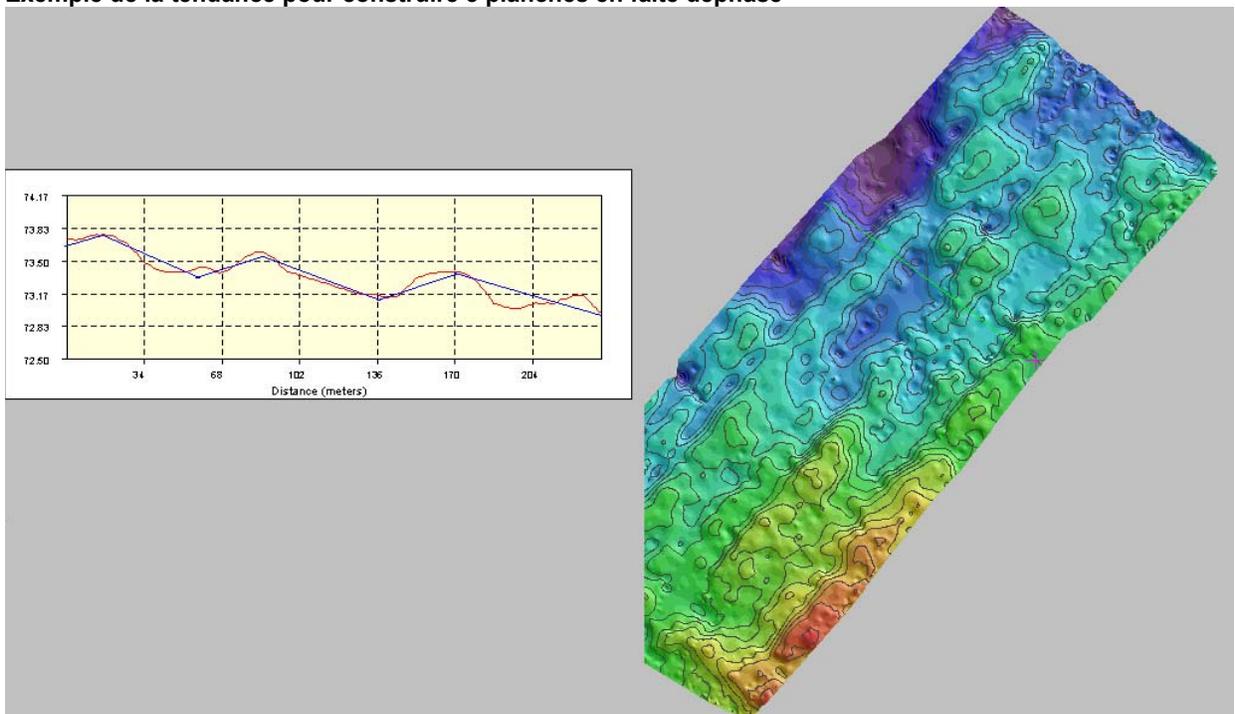
Conseil : Aligner les profils un au dessus de l'autre par secteur de pente longitudinale similaire. Ceci permet d'évaluer le type de planches et d'aménagements possibles et de délimiter les surfaces de champs qui pourront être regroupées en secteur homogène ayant les mêmes pentes longitudinale et transversale.

Remarquer que, dans l'aménagement des champs ayant plusieurs petites planches, il est préférable pour minimiser le déplacement de sol, de regrouper un nombre impair de planches, (exemple 3 planches ou 5 planches). Surtout lorsque l'on a aménagé des planches en faîtes, ou déphasées.

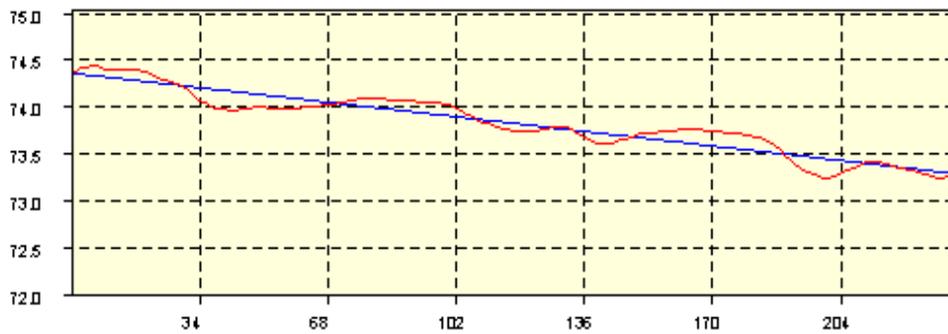
Exemple de 3 planches regroupées pour la construction d'une planche en façade et la construction d'une planche à versant regroupant 2 anciennes planches rondes



Exemple de la tendance pour construire 3 planches en façade déphasé



Exemple d'une tendance à construire une planche à versant



Suite à l'analyse des profils et la localisation des secteurs homogènes (pentes longitudinales et transversales semblables), le producteur et son conseiller devront prendre une décision sur le type et les largeurs d'aménagement les plus appropriés en fonction des propriétés du sol et des cultures. Nous verrons plus loin des critères qui peuvent nous aider à prendre des décisions sur le type d'aménagement et des pentes recommandées.

Il existe des logiciels pour optimiser le déplacement de sol. Ces logiciels ne font pas un design, c'est en faisant une analyse fine pour localiser des secteurs homogènes que le conseiller et le producteur pourront réaliser des travaux efficaces et optimaux.

Bien qu'il soit intéressant d'utiliser ces logiciels, le conseiller et son client peuvent quand même avec les cartes d'élévation, planifier un aménagement. Délimiter les secteurs homogènes (longueur et largeur), décider du type d'aménagement et pente optimal pour les cultures et le type de sols et concevoir un réseau hydraulique pour évacuer l'eau en surplus. Ce qui dans bien des cas sera suffisant pour des niveleurs expérimentés et des entreprises qui désirent réaliser le travail à l'aide d'une niveleuse sans laser.

INTÉGRATION DES SECTEURS

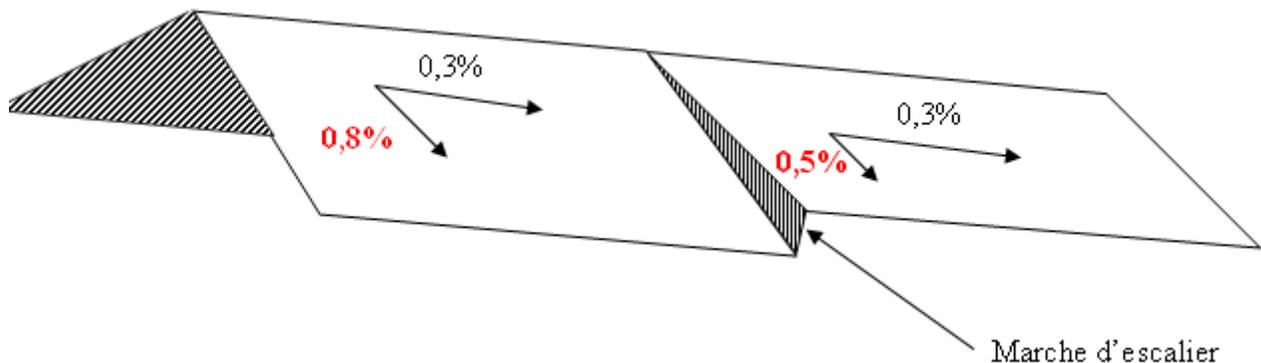
Lorsque l'on crée un design, il faut s'assurer que les pentes longitudinales et transversales choisies des secteurs adjacents donnent une continuité de l'écoulement de l'eau. C'est-à-dire qu'il ne faut pas créer des marches d'escalier à la jonction des secteurs. Cela pourrait bloquer l'écoulement de l'eau de surface et l'écoulement hypodermique.

Cas d'une contre-pente longitudinale

Dans ce cas, il suffit de modifier légèrement les pentes des secteurs adjacents afin d'éliminer cette contre-pente.

Cas ou une contre-pente latérale

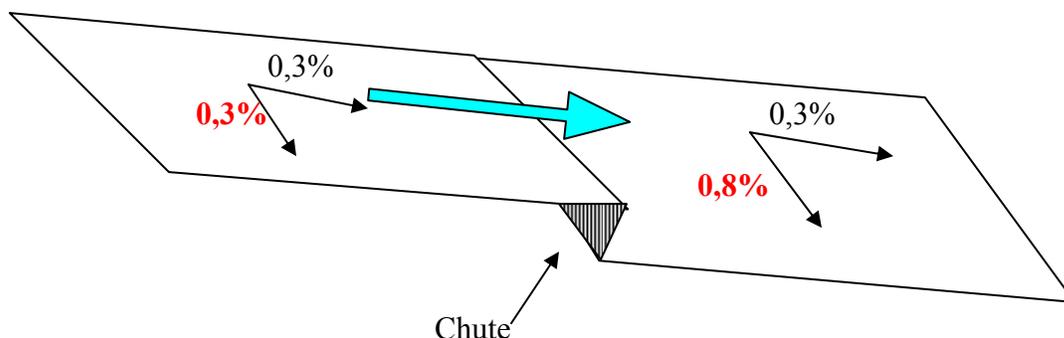
Lorsque le secteur en amont a une pente latérale plus forte que celle du secteur en aval, il se produit une « marche d'escalier » qui peut nuire à l'écoulement de l'eau de surface et surtout hypodermique.



(Dessin réalisé par Mikael Guillou, agronome MAPAQ)

Dans ce cas, on peut soit égaliser les pentes latérales des deux secteurs pour faire disparaître cet écart et avoir un bon écoulement de l'eau ou bien, si cet endroit se situe à un endroit stratégique pour construire une rigole d'interception et/ou tranchée filtrante, on peut alors conserver les pentes du secteur et aménager ces structures pour évacuer l'eau.

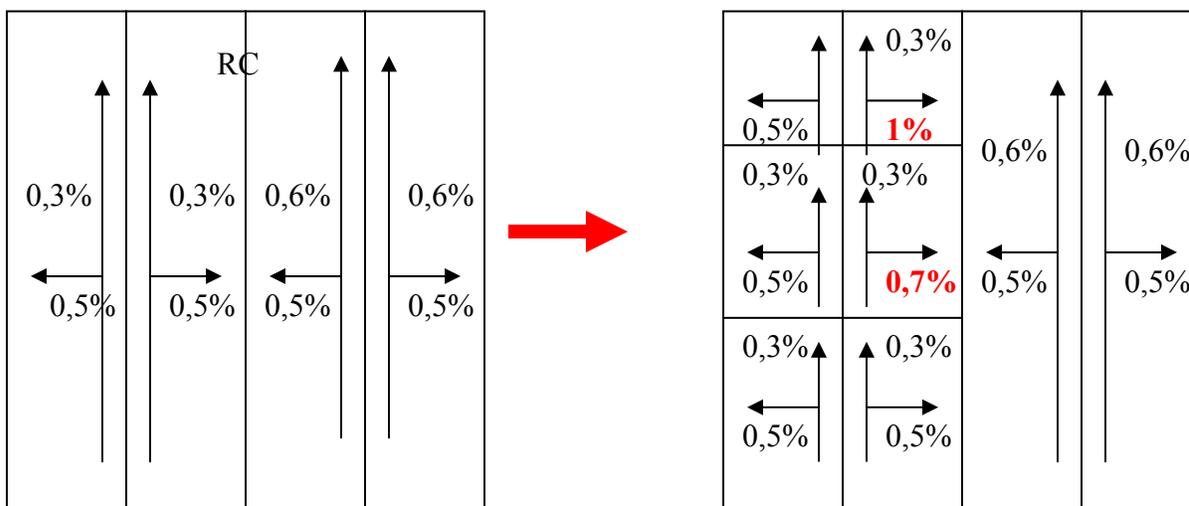
Quand un secteur à pente latérale faible est suivi d'un secteur à pente latérale forte, une dénivellation peut apparaître. Elle ne nuit pas à l'écoulement de l'eau et ne demande pas d'ajustement des pentes latérales. Par contre lors du nivellement le niveleur viendra atténuer cet écart.



(Dessin réalisé par Mikael Guillou, agronome, MAPAQ)

Il se peut aussi dans certain cas, que de part et d'autre d'une raie de curage, deux secteurs aient des pentes longitudinales différentes. Les talus de la raie de curage seraient alors plus élevés sur le côté où le secteur a une pente plus faible. Si l'on veut ajuster cet écart, il faudra augmenter progressivement la pente latérale de la planche dont la pente longitudinale est la plus faible pour ajuster le niveau de sol de chaque côté de la raie de curage et ne pas créer de marche d'escalier.

Par exemple :



(Dessin réalisé par Mikael Guillou, agronome, MAPAQ)

CHOIX ET DESIGN

Règles de base

Le design d'aménagement de surface doit être choisi en fonction des paramètres intrinsèques du champ énumérés ci-après, des risques de pertes des cultures (asphyxie dans les zones humides, gel pour les plantes pérennes) et des risques d'érosion.

Les paramètres à considérer :

- les pentes longitudinales et transversales,
- les propriétés du sol,
 - porosité
 - perméabilité
 - granulométrie du sol
- les aménagements existants,
 - les largeurs de planches existantes, les structures hydroagricoles (avaloirs, rigoles, etc.)
 - la présence d'un système de drainage souterrain
- les opérations culturales projetées par l'entreprise (travail primaire, semis, etc.),
- les cultures prévues,
 - cultures annuelles : maïs, céréales
 - cultures pérennes : luzerne, blé d'automne, prairies, etc.

Ces derniers paramètres peuvent varier selon les besoins de l'entreprise. À défaut de connaître l'avenir, il serait préférable de considérer les conditions les plus à risque lors du choix d'aménagement.

De plus, il faudra respecter aussi certains principes de base tels que :

- conserver et minimiser le déplacement du sol arable,
- la possibilité de refoulement (reprise de densité des sols) dans les zones de remblais,
- le budget de l'entreprise.

Le concepteur doit évaluer le type d'aménagement en fonction des risques associés aux propriétés physiques du sol, des risques de perte des cultures vivaces due au gel et cultures annuelles dans les zones d'accumulations d'eau et des risques d'érosion en fonction sol, du degré et la longueur de pente du champ.

Types d'aménagements

Il existe différents types d'aménagements en drainage de surface, qui selon la situation pourront être utilisés.

Nous distinguons 3 types d'aménagements qui sont définis comme suit :

- Le **modelage en planche** est désigné lorsque l'on modifie les pentes latérales et/ou longitudinales d'un terrain pour former des planches en façade, déphasées ou à 1 versant.
- Le **nivellement par secteur** est lorsque l'on nivelle un champ en conservant les pentes longitudinales et latérales moyennes de la section à aménager sans créer de nouvelles pentes.
- L'**aplanissement** est lorsque l'on régularise la surface d'un champ en remblayant les dépressions et en atténuant les buttes.

Généralement le modelage en planche et le nivellement par secteur doivent être réalisés à l'aide de niveleuses munies d'un laser à deux pentes. L'aplanissement par contre peut être fait à l'aide de niveleuse artisanale, d'une sole et parfois même d'un bulldozer, puisque dans ces cas les pentes sont fortes et visibles à l'œil.

Normes de drainage de surface

Voici à titre indicatif des règles qui sont basées sur l'expérience et la pratique réalisées dans la région Centre-du-Québec. Elles tiennent du niveau de risque associé aux propriétés physiques des sols (perméabilité, type de sol, etc.), des risques de perte de culture due au gel (culture vivace) et des risques d'érosion. Dans le choix final d'aménagement, le concepteur devrait tenir compte d'autres facteurs, tels que la qualité de la structure du sol, le rendement actuel des cultures, la présence d'un système de drainage efficace. Bref, ces règles ne sont pas des normes absolues et peuvent être nuancées et modifiées en fonction de l'ensemble des informations recueillies par le concepteur et du niveau de risque que l'entreprise est prête à prendre. C'est au concepteur avec le producteur de juger l'aménagement final.

Tableau : Choix d'aménagement de surface en fonction de la topographie et de la perméabilité du sol

Pente longitudinale (sens de la culture)	Pente transversale (⊥ au sens de la culture)		
	Faible < 0,3 %	moyenne 0,3 à 1,0 %	Forte > 1,0 %
Pente longitudinale < 0.3%	<p>①</p> <ul style="list-style-type: none"> Dans tous les cas de cultures pérennes, des sols peu profonds, des sols à structure instable (limoneux et sableux très fin souvent sensibles à la battance) ou dans le cas de cultures annuelles dont la perméabilité des sols est < 0,5 m/jour, modeler en planches en faites ou faites déphasés ou à 1 versant avec des pentes latérales de 0,3 à 0.75 %. Si nécessaire drainer souterrainement selon les besoins. De plus, on recommande de limiter la largeur des planches à 90 mètres. <p>④</p> <ul style="list-style-type: none"> Dans le cas de cultures annuelles situées dans les sols profonds et dont la perméabilité est > 0,5 m/jour, niveler par secteur selon les pentes moyennes du champ et drainer souterrainement si nécessaire. 	<p>②</p> <ul style="list-style-type: none"> Dans tous les cas de cultures pérennes, des sols peu profonds, des sols limoneux et/ou sableux très fin ou dans le cas de cultures annuelles dont la perméabilité des sols est < 0,5 m/jour, modeler des planches à 1 versant ou en faite déphasé avec des pentes latérales minimales de 0,3 %. et si nécessaire drainer souterrainement selon les besoins. De plus, on recommande de limiter la largeur des planches à 90 mètres. <p>• Idem à ④</p>	<p>③</p> <ul style="list-style-type: none"> Dans tous les cas, niveler par secteur selon les pentes moyennes du champ et drainer souterrainement si nécessaire.

Pente longitudinale (sens de la culture)	Pente transversale (⊥ au sens de la culture)		
	Faible < 0,3 %	moyenne 0,3 à 1,0 %	Forte > 1,0 %
Pente longitudinale < 0.3% à 1%	<p>②</p> <ul style="list-style-type: none"> Dans tous les cas de cultures pérennes, des sols peu profonds, des sols à structure instable (limoneux et sableux très fin souvent sensibles à la battance) ou dans le cas de cultures annuelles dont la perméabilité des sols est < 0,5 m/jour, modeler des planches à 1 versant ou en faite déphasé avec des pentes latérales minimales de 0,3 %. et drainer souterrainement si nécessaire. De plus, on devrait limiter la largeur des planches à 90 mètres. <p>④</p> <ul style="list-style-type: none"> Dans les sols profonds, dont la perméabilité est > 0,5 m/jour, niveler par secteur selon les pentes moyennes du champ et drainer souterrainement si nécessaire. 	<p>③</p> <ul style="list-style-type: none"> Dans tous les cas, niveler par secteur selon les pentes moyennes du champ et drainer souterrainement si nécessaire. 	<ul style="list-style-type: none"> Idem à ③
Pente longitudinale entre 1 et 2,0 %	<ul style="list-style-type: none"> Idem à ③ 	<ul style="list-style-type: none"> Idem à ③ 	<p>⑤</p> <ul style="list-style-type: none"> Dans tous les cas, faire de l'aplanissement sans laser
Pente longitudinale >2,0 %	<ul style="list-style-type: none"> Idem à ⑤ 	<ul style="list-style-type: none"> Idem à ⑤ 	<ul style="list-style-type: none"> Idem à ⑤

- Lorsque la pente transversale est moins de 1 %, prévoir dans les champs longs, des rigoles avec des puits filtrants et/ou des tranchées filtrantes à des endroits stratégiques pour intercepter et canaliser l'eau de ruissellement et hypodermique
- Lorsque la pente transversale est plus de 1%, prévoir dans les champs longs des rigoles avec des puits filtrants et/ou des voies d'eau engazonnées à des endroits stratégiques pour intercepter et canaliser l'eau de ruissellement et hypodermique

N.B. À titre d'information, un tableau des perméabilités, dans la couche 20-40 cm, de différents sols au Québec est présenté en annexe. Ceci nous donne un aperçu des sols ayant de bonne ou faible perméabilité. Pour plus d'information, il faudra se référer directement au document : **Inventaire des problèmes de dégradation des sols agricoles. Régions Bois-Francs et Richelieu Saint-Hyacinthe. 1990.**

Souvent il existe chez l'entreprise et au centre de service agricole du MAPAQ des études de perméabilité réalisées lors de la préparation d'un projet de drainage souterrain. Il faut alors utiliser la perméabilité 0-1 mètre c'est-à-dire les K1.

Scénario #1

Dans ces cas, puisque les pentes sont faibles et les risques associés aux propriétés physiques sont élevés (sols peu profonds ou des sols ayant une perméabilité < 0,5 m/jour et/ou des sols à structure instable), il est préférable de modéliser en planches en faîtes ou faîtes déphasées ou à 1 versant avec des pentes latérales de 0,3 à 0,75 %, pour évacuer l'eau de surface et hypodermique. Ces recommandations valent aussi pour les cultures pérennes (luzerne, blé d'automne, prairies, etc.), puisqu'en hiver les plantes peuvent geler tout particulièrement lors des redoux.

Les sols à structure instable sont composés de sable fin et/ou limon à plus de 60 % avec peu d'argile (moins de 12 %). Ces sols se structurent difficilement et perdent rapidement leur percolation de surface après une pluie. De plus, ils emmagasinent beaucoup d'eau nuisible aux plantes sensibles à l'anoxie.

Un sol est considéré comme profond et homogène, lorsque sa texture et sa perméabilité sont uniformes sur une profondeur de plus de 2 mètres. Ces sols, lorsqu'ils ont une bonne perméabilité sont intéressants à drainer souterrainement par des drains agricoles puisqu'ils ont un bon taux d'infiltration et la charge hydraulique force l'eau à pénétrer tout autour du drain.

Un sol est désigné « peu profond » lorsque sa texture et sa perméabilité sont uniformes à une profondeur inférieure à 1 mètre et/ou limitée par la présence du roc ou un horizon très peu perméable restreignant l'écoulement au drain. Il est difficile de drainer souterrainement ces sols, en raison de la proximité de la couche imperméable et/ou de texture trop dure et lorsqu'il est possible de le faire le coût serait trop grand dû aux écartements rapprochés des drains.

Si l'on a besoin de drainer les sols peu profonds et/ou les sols dont la perméabilité est < 0,1 m/jour il serait judicieux d'aménager des fossés d'environ 1 mètre de profondeur espacés entre 45 mètres et 90 mètres.

Afin de diminuer le déplacement de terre. Il faudrait opter pour confectionner des planches en faîte de 45 mètres à 90 mètres de largeur.

Scénario #2

Puisque les pentes transversales ou longitudinales sont plus fortes (0,3 à 1,0 %), il est recommandé pour les mêmes raisons mentionnées auparavant pour les sols à risques (sols peu profonds, des sols à structure instable ou sol profond dont la perméabilité est < 0,5 m/jour), ou pour les cultures pérennes, de modéliser des planches à 1 versant ou à faîte déphasé avec des pentes latérales minimales de 0,3 % ou plus selon la pente transversale existante. Noter qu'il est recommandé de ne pas excéder 90 mètres de largeur pour ces aménagements.

Scénario #3

Puisque dans ces cas les pentes latérales et longitudinales sont supérieures à 0,3%, il n'est pas nécessaire de modéliser des planches. Il est recommandé de niveler les champs par secteur selon les pentes moyennes du champ afin de déplacer le minimum de sol.

Scénarios 4

Dans ces cas, puisque nous sommes dans des champs ayant des pentes longitudinales supérieures à 0.3% ou les risques associés aux propriétés physiques du sol et des cultures sont faibles :

- soit des sols ayant une perméabilité élevée, (> 0.5 m/jour),
- des sols profonds qui peuvent se drainer souterrainement,
- des sols non sensibles à la battance,
- des cultures annuelles,

Il est recommandée niveler les champs par secteur selon les pentes moyennes du champ. Noter que si ces champs sont déjà drainés souterrainement ils répondront encore mieux à l'aménagement proposé. S'ils ne sont pas déjà drainés souterrainement, ils pourront l'être de façon efficace et rentable si nécessaires associés aux propriétés physiques du sol et des cultures sont faibles :

Scénarios 5

Puisque dans ces champs les pentes latérales et longitudinales sont supérieures à 1%, il est recommandé un aplanissement sans laser.

Par contre, le concepteur devrait prévoir dans les champs longs des rigoles avec des puits filtrants et/ou des voies d'eau engazonnées à des endroits stratégiques pour intercepter et canaliser l'eau de ruissellement et hypodermique des rigoles d'interception afin de diminuer la longueur des champs, intercepter et canaliser l'eau de ruissellement et hypodermique.

Largeur des aménagements

La largeur des aménagements est en fonction des propriétés des sols et des pentes choisies pour minimiser le déplacement de sol.

Planches en façade

- ☞ Il est préférable de construire des aménagements de 45 à 90 mètres de largeur dans les champs qui produiront des cultures vivaces (luzerne, blé d'hiver, etc.) et dans les sols à structure instable (sable fin ou limon moins de 12 % d'argile). Plus la pente latérale sera forte et plus on diminue la largeur.

Planches à versant

- ☞ Les planches à versant devraient être d'une largeur minimale de 45 mètres et le maximum selon les sols, les cultures et les pentes latérales d'un champ. Pour les sols structure instable, les cultures pérennes et les sols peu perméables, il est préférable de se limiter à 90 mètres.

Aplanissement

- ☞ Il n'y a pas de largeur d'aménagement lorsque l'on fait de l'aplanissement. Il faudra par contre prévoir des voies d'eau perpendiculaire aux pentes fortes. Il faut noter que lorsque l'on aplanit un champ, si nous ne prévoyons pas ces structures pour évacuer l'eau de ruissellement, l'eau s'évacuera dans des chemins préférentiels et cela produira de fortes érosions.

RIGOLES D'INTERCEPTION AVEC OU SANS PUIITS FILTRANTS OU TRANCHÉE FILTRANTE

L'aménagement de surface dans un champ devrait être généralement combiné à des structures de contrôle de ruissellement et de l'écoulement hypodermique, telles que des rigoles d'interception avec puits filtrants et/ou des tranchées filtrantes.

Avant de poursuivre, revenons sur l'écoulement hypodermique.

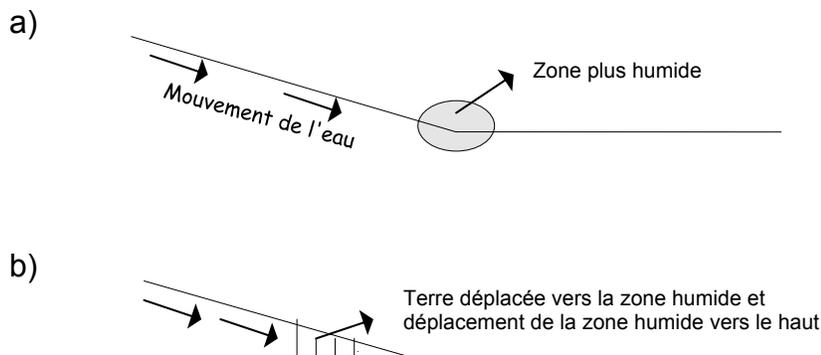
ÉCOULEMENT HYPODERMIQUE ET CORRECTIFS

L'eau hypodermique a la particularité de migrer même lorsque la pente du champ est faible ($\leq 0,5\%$) et d'apparaître au pied de ces pentes, sur les replats ou sur une partie de champ à pente longitudinale encore plus faible. Lorsque cette pente longitudinale est régulière, il est facile de voir que la partie amont d'un champ se ressuie normalement, alors que l'humidité du sol de surface augmente vers la partie basse du champ.

Puisqu'il s'agit parfois de pente non discernable à l'œil nu, les zones de résurgence, c'est-à-dire celles où l'eau tend à faire surface, sont souvent confondues avec des dépressions. Les tentatives que l'on fera pour combler ces dépressions seront inutiles, car la zone de résurgence ne fera que se déplacer un peu plus en amont de la zone antérieure.

Le croquis suivant illustre ce qui constitue la source la plus fréquente de confusion dans le diagnostic et d'erreur dans les aménagements. Il s'agit des zones de résurgence au pied des pentes très faibles qui sont confondues avec des dépressions que l'on essaiera en vain de combler.

Vue schématique d'une rencontre de deux pentes (même faible) qui peut être confondue avec une dépression



Le croquis suivant montre les quatre endroits où la résurgence liée au phénomène d'écoulement hypodermique est la plus susceptible de se manifester. Les pentes verticales représentées sur les graphiques sont fortement exagérées

Localisation des zones de résurgences liées au phénomène d'écoulement hypodermique



- 1) Contact d'une pente avec un replat.
- 2) Contact d'une pente avec une pente plus faible.
- 3) Pente régulière. L'humidité augmente à mesure que l'on se rapproche du bas de la pente.
- 4) Rencontre de pentes de direction opposée.

Ces zones de résurgence entraînent généralement des baisses de rendement qui sont souvent visibles sur les cartes de rendement géoréférencées.

Les pentes latérales qui peuvent être données à certains aménagements, telles les planches en faîte ou les planches à un versant, ne corrigent pas convenablement le phénomène d'écoulement hypodermique qui est surtout longitudinal. On observera souvent que le bas d'une longue pente sera humide, et ce, même sur l'ados d'une planche en faîte.

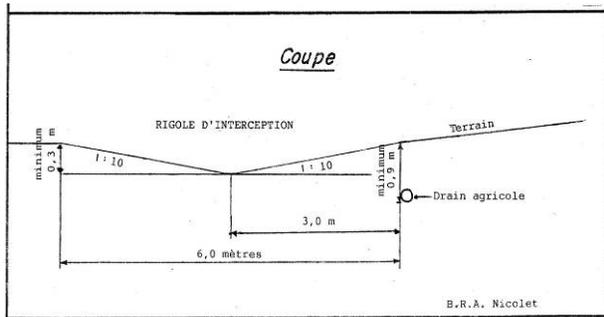
Cependant, il est à noter que ces phénomènes d'écoulement hypodermique sont atténués sinon éliminés par la bonne perméabilité que l'on retrouve dans certains sols. À l'inverse, toute diminution de la perméabilité (compaction, etc.) se traduira par une augmentation d'écoulement hypodermique.

Correctifs

La mise en place de rigoles d'interception constitue un des moyens les moins coûteux et les plus efficaces de contrer l'écoulement hypodermique. Les rigoles d'interception sont des rigoles de 30 à 45 centimètres de profondeur comportant des côtés très évasés, c'est-à-dire avec des pentes de 10:1 pour une largeur totale de 6 à 9 mètres. Ces côtés évasés ont pour but de faciliter le passage de la machinerie. Cette rigole se pose perpendiculairement à la longueur du champ et se déverse dans un émissaire (raie de curage ou fossé). Le centre de cette rigole sera préférablement engazonné (surtout dans des zones où les pentes sont fortes et avec un risque d'érosion), sur une largeur de 2 à 4 mètres. On devra s'assurer que la rigole ne soit pas remplie par les travaux cultureux.

De plus, il est souvent très utile d'installer un drain souterrain de façon à rabaisser la nappe et faciliter le passage des instruments aratoires dans la rigole. Ce drain se place à une profondeur minimale de 0,9 mètre. Il se situe du côté d'où provient la plus grande partie de l'eau de surface, à une distance d'environ 3 mètres du centre de la rigole. Ces rigoles d'interception se placent à la rencontre des pentes où l'on observe une zone humide. Il est aussi recommandé de réaliser des puits filtrants dans ces rigoles afin que cette dernière s'assèche plus rapidement et mieux permettre le passage des machineries.

Coupe d'une rigole d'interception.



Au lieu d'une rigole d'interception, une tranchée filtrante peut être placée en travers de la pente. Celle-ci consiste en un canal de drainage rempli de matériaux poreux, généralement des résidus de l'industrie forestière (copeaux, etc.). Une conduite perforée doit être installée dans le fond du canal pour évacuer l'eau interceptée vers un émissaire (fossé, cours d'eau).

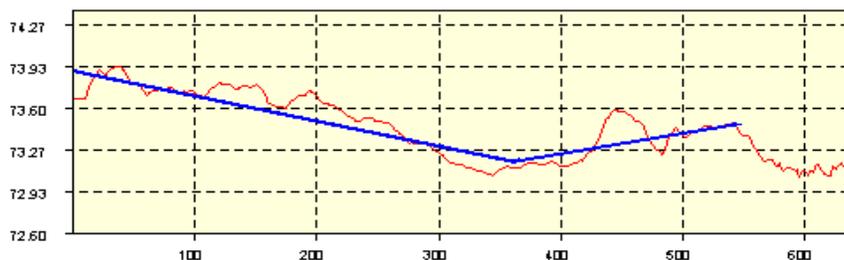
Ces structures hydroagricoles ont aussi pour objectif de raccourcir la longueur de la pente et d'éviter l'érosion des sols.

À partir de profils longitudinaux d'un champ, nous pouvons localiser ces structures à des endroits stratégiques comme mentionnés auparavant à l'endroit où il peut y avoir de la résurgence et aussi aux endroits de longue dépression qui sont difficiles et coûteux à combler.

LOCALISATION

Voici des exemples où l'on peut installer une rigole et/ou tranchée filtrante.

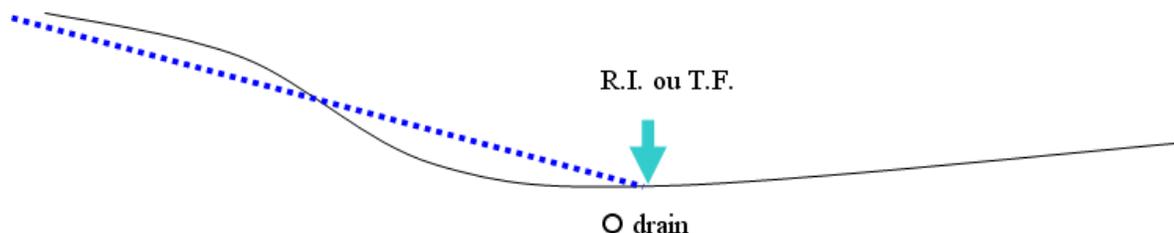
1. À la jonction de deux contre-pentes longitudinales.



Lorsque la dépression est supérieure à 0,3 mètre et sur une longueur de plus de 50 mètres, il n'est pas toujours souhaitable d'essayer de la combler, en raison du décapage de sol arable, du grand déplacement de sol et du risque que la dépression se reforme après la reprise de densité du sol.

La rigole ou tranchée filtrante pourra être aménagée en plein centre de la dépression et le terrain sera nivelé pour y conduire le ruissellement.

Si la pente du terrain est très faible d'un seul côté, la rigole ou tranchée sera placée le plus près du pied de cette pente pour favoriser l'égouttement. L'autre versant, plus pentu, sera nivelé pour y conduire le ruissellement. Un drain agricole est recommandé du côté de la pente forte afin d'intercepter la nappe phréatique.

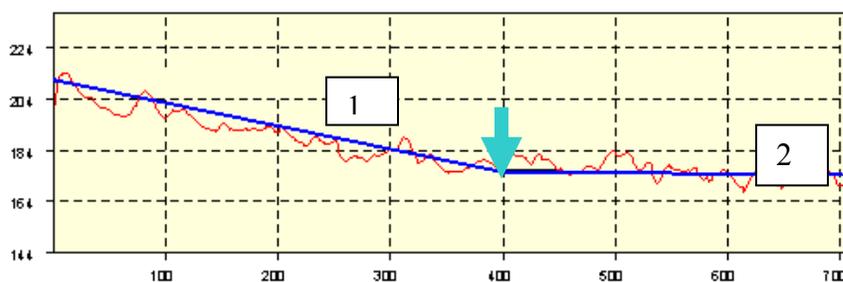


(Dessin réalisé par Mikael Guillou, agronome, MAPAQ)

Dans le cas où il y a des puits filtrants ou des tranchées filtrantes, le drain peut être placé au milieu de la rigole. Il faut que le drain agricole soit dans tous les cas à une profondeur minimum de 0,7 mètre du fond de la rigole. (Voir coupe de la rigole ci-dessus)

2. À la jonction d'une pente forte suivie d'une pente faible

Exemple : Le secteur 1 a une pente d'environ 1 % suivie du secteur 2 ayant une pente de moins de 0,5 %. À la jonction des deux pentes, même en nivelant, la pente forte (secteur 1) sera toujours suivie d'une pente faible (secteur 2) qui occasionnera une accumulation d'eau si aucun aménagement complémentaire n'est réalisé. Cela est plus visible dans les sols moins perméables. En règle générale, lorsque nous avons un rapport de pente de 2 et plus (exemple 1 %/0,5 %), on peut regarder à installer une rigole. Bien entendu selon une grande longueur de pente forte et de la perméabilité des sols.

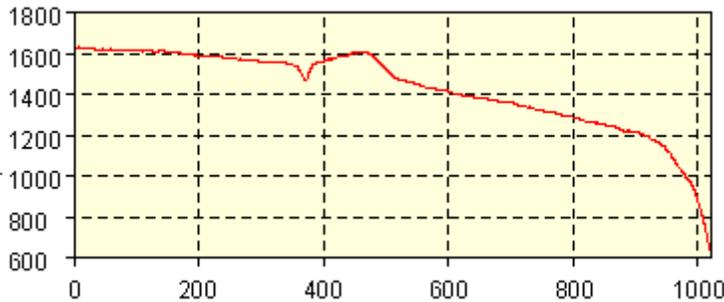


Dans ce cas, la rigole ou tranchée sera placée entre les deux pentes. Le drain sera placé sur le côté de la pente la plus forte pour intercepter la nappe phréatique.

Il est possible d'éliminer une rigole d'interception. Il faut que la pente finale du terrain, une fois la rigole comblée, soit supérieure à 0,2 % pour s'assurer de ne pas créer une vaste dépression ou une zone à pente nulle. Si la pente finale du terrain est trop faible, il faut conserver cette rigole.

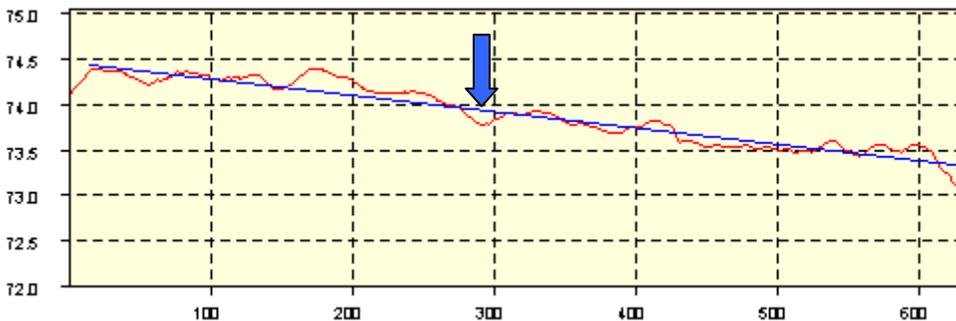
En général, il est préférable de conserver les dépressions principales et les convertir en rigole d'interception pour minimiser le déplacement de terre. Il est recommandé de plutôt combler les dépressions secondaires pour faciliter le travail du sol et limiter les emplacements à égouttement lent.

3. En travers du champ en haut d'un coteau



Cela a pour but d'éviter que l'eau, provenant du ou des secteurs les plus élevés, viennent créer de l'érosion dans le secteur en aval.

4. En travers du champ long et régulier afin de raccourcir la longueur des pentes.



La longueur permise entre deux rigoles peut être aussi déterminée en se servant de l'équation des pertes de sol. En général, l'espacement recommandé entre les rigoles est d'environ 300 à 600 mètres selon le type de sol, sa perméabilité et la pente du terrain.

RÉALISATION DES TRAVAUX

Dans la pratique, la correction des problèmes de drainage exige une approche plus globale. Il faut intégrer le réseau hydraulique à l'aménagement de surface selon les problèmes rencontrés sinon il peut en résulter des insatisfactions. Des interventions mal planifiées et qui ne répondent pas aux caractéristiques du champ risquent d'aboutir, par exemple, à des planches trop larges ou trop étroites où l'eau risque de s'accumuler.

APROCHE PAR ÉTAPE

Suite à la réalisation du diagnostic, qui identifie les causes de mauvais rendement et à l'aménagement proposé, comprenant le réseau hydraulique, il est préférable de suivre une chronologie pour réaliser les travaux. Quoiqu'il soit préférable de réaliser les étapes sur plusieurs années, le tout est possible sur une seule.

Voici ces étapes :

1. Mettre en place le réseau hydraulique
2. Réaliser l'aménagement de surface
3. Si nécessaire, réaliser le drainage souterrain

Généralement les coûts d'aménagement se situent dans les écarts suivants :

- le réseau hydraulique : 200 à 400 \$/hectare
- l'aménagement de surface : 300 à 600 \$/hectare
- le drainage souterrain : 1 500 à 2 500 \$/hectare

Si vous remarquez les coûts d'investissement pour chacune des étapes, constatez qu'il est moins coûteux de réaliser le réseau hydraulique, qui parfois est suffisant pour résoudre le problème de drainage sur l'entreprise. Il en va de même pour la seconde étape qui est le drainage de surface qui est moins dispendieuse que le drainage souterrain.

Malheureusement, beaucoup d'entreprises utilisent le drainage souterrain pour résoudre les problèmes de drainage. En plus d'avoir investi une forte somme d'argent, dans certains cas, cela ne règlera pas la problématique de l'entreprise. Il est préférable d'obtenir avec peu d'investissement, de meilleur rendement qui par la suite permettront d'investir à l'étape suivante.

PLANIFICATION ET EXÉCUTION DES TRAVAUX

- Tous les travaux de drainage doivent être faits en condition de sol sec, préalablement labouré et hersé.
- Idéalement, dans le cas où il existe des planches étroites, les travaux de nivellement devraient être précédés par un labour en adossant dans les raies de curage ou fossés que l'on veut refermer. Une année de labour pour les champs dont le dessus de la planche et le rebord sont inférieurs à 0,3 mètre, deux années de labour ou plus selon les besoins pour les dénivelés de plus de 0,3 mètre. Il faut alors, si le labour se fait à l'automne, adosser dans la raie de curage en conservant au centre de cette dernière, la largeur d'une roue de tracteur non labourée pour faciliter l'écoulement de l'eau le printemps suivant. Par la suite au printemps, un hersage permettra de combler cet espace libre.
- Dans le cas de gros déplacement de sol, il est possible d'utiliser une lame sans laser ou un bulldozer pour faire ce travail. Une fois le refoulement du sol réalisé, un nivellement au laser pourra être réalisé.
- Le nivellement à l'aide d'une lame au laser est nécessaire si les pentes à aménager sont inférieures à 1 %.
- Pour améliorer l'efficacité du travail, il est recommandé de herser entre les passages de la lame niveleuse pour ameublir le sol.
- Les travaux doivent toujours débuter dans la partie haute de la parcelle, pour éviter de bloquer l'écoulement de l'eau dans la partie basse du champ et permettre au champ de s'égoutter facilement s'il arrivait une pluie avant la fin des travaux.

- Selon les besoins et suite à un diagnostic, décompacter à 3 pouces sous la zone compacte avec un chisel ou une sous-soleuse. Noter qu'il serait recommandé d'épandre les amendements, les fumiers, etc. avant d'effectuer l'opération de décompactage.
- Après les travaux de nivellement, il est préférable de semer un engrais vert (s'il n'est pas trop tard dans la saison) afin de restructurer et couvrir le sol pour contrer l'érosion. Il est aussi conseillé de semer l'année suivante des travaux, une céréale pour niveler, si nécessaire, suite au refoulement des zones remblayées.

Généralement, les zones déblayées ne changeront pas en élévation et les zones remblayées vont refouler et demanderont un autre nivellement pour conserver leur pente optimale. Le tableau donne un aperçu du refoulement selon le type de sol.

Type de sol	Refoulement à prévoir
Argile	30 à 40 %
Loam	20 à 25 %
Sable	10 %

(Coote & Zwerman, 1974)

CONCLUSION

Le mauvais drainage des sols est le facteur qui cause le plus de problèmes aux entreprises. Un égouttement efficace est essentiel à la valorisation de la fertilité du sol et ne peut être compensé par un supplément de fertilisation.

C'est pourquoi si un de vos clients a un problème d'excès d'eau créant de mauvais rendements, il faut avoir une approche rigoureuse et être très méthodique. Prendre le plus de renseignements sur le champ problématique. Utiliser les photos aériennes, infrarouges et cartes de rendements disponibles. Comparer ces cartes avec un relevé topographique et le problème souvent vous sautera aux yeux. Par la suite, il faut aller sur le terrain. Réaliser un diagnostic dans les zones affectées, pour connaître les causes et savoir si le problème est en haut ou en bas. C'est-à-dire, est-ce que c'est un problème de surface, de compaction ou souterrain.

Le rôle le plus important d'un conseiller est de porter un bon diagnostic juste et précis. Par la suite ce dernier pourra apporter les solutions gagnantes et rentables pour l'entreprise.

Pour réaliser un bon drainage, nous aurons besoin à tout coup d'un relevé topographique. C'est l'investissement le plus rentable pour une entreprise. Il permet de réaliser une analyse méticuleuse du champ, et de réaliser un design qui sera fonction des risques associés aux propriétés du sol (perméabilité, granulométrie, etc.), aux cultures et à l'érosion.

Enfin, il est important de planifier les étapes du drainage en commençant tout d'abord par un réseau hydraulique fonctionnel afin d'avoir une gestion de l'eau efficace et sécuritaire. Car souvent il est oublié et cause de grave érosion.



Victor Savoie, ingénieur
MAPAQ - Centre-du-Québec, Nicolet

P.S. Je voudrais remercier, Rémi Asselin ingénieur et agronome, André Brunelle agronome, Mikael Guillou agronome, et Roger Rivest agronome pour leur collaboration à cette exposé.

TABLEAU : PERMÉABILITÉ DES SOLS

Source : Inventaire des problèmes de dégradation des sols agricoles.
Régions Bois-Francs et Richelieu Saint-Hyacinthe. 1990

Série de sols	Texture	Perméabilité couche 20 - 40 cm en m/jour		
		Prairie	Maïs	Céréale
Ange Gardien	Loam sableux	0.65	0.59	
Bedford	loam	0.24	0.14	
Courval	Loam sableux	0.78	0.24	
Henryville	Loam argileux	0.59	0.64	
Lévrard	loam argileux	0.18	0.13	
Melbourne	loam sableux	0.52	0.30	
Milby	loam limoneux	0.23	0.24	1.00
Milby	Loam	0.13		0.00
Providence	argile	1.76	1.28	0.96
Rideau	argile	0.22	1.41	0.41
Rideau érodée	argile	1.15	0.56	1.08
Sabrevois	Loam	0.16	0.18	
Saint-Aimé	Loam sableux	0.21	0.08	
Saint-Hyacinthe	Loam argileux	0.66	0.56	2.39
Saint-Laurent	loam argileux	0.83	0.47	0.41
Saint-Urbain	argile	4.63	1.59	3.72
Sainte-Brigide	Loam	0.15	0.11	
Sainte-Rosalie	argile	0.12	0.69	0.40
Sainte-Rosalie	argile limoneuse	0.60	1.30	
Sainte-Rosalie	Loam argileux	1.67	0.37	
Sainte-Rosalie	Loam limoneux	0.37	0.29	0.34
Sheldon	Loam sableux	0.37	0.41	
Sheldon	Loam limoneux	0.50	0.91	
Suffield	loam	0.14	0.59	0.02
Yamaska	Loam limoneux	0.89	0.71	
Aston	Loam sableux	0.25	0.12	
Beaurivage	Loam sableux	0.74	1.20	0.62
Colton	Loam sableux	1.44	0.52	
Danby	Loam sableux	0.47	0.14	
Des Orignaux	Loam sableux	0.28	0.22	
Des Saults	Loam	0.30	0.06	
Dujour	Loam argileux	0.36	0.80	
Fleury	Loam sableux	0.55	0.45	
Fourchette	Loam sablo argileux	0.23	0.38	0.37
Joseph	Sable loameux	0.37	0.53	
Massueville	Sable loameux	0.17	0.21	
Pierreville	Sable loameux	0.37	0.35	
Rubicon	Loam sableux	0.18	0.29	0.18
Saint-Amable	Sable	0.68	0.46	
Saint-François	Sable loameux	1.79	1.90	
Saint-Jude	Sable loameux	0.79	0.97	
Saint-Samuel	Sable	0.64	0.88	0.54
Saint-Sébastien	Loam	1.93	1.45	
Sainte-Hélène	Loam sableux	0.60	0.41	
Sainte-Philomène	Loam sableux	0.99	0.53	
Sainte-Sophie	Sable	1.73	2.08	
Valère	Loam sableux	0.15	0.20	
Brompton	Loam sableux	0.10	0.10	
Mawcook	Loam sableux	0.51	0.91	0.27
Raimbault	Loam sableux	0.15	0.16	
Sainte-Marie	Loam	0.14	0.21	0.11
Savoie	Loam sableux	0.39	0.39	
Woodbridge	Loam sableux	0.24	0.23	
Woodbridge	Loam	0.42	0.15	0.23

(réalisé par Mikael Guillou, agronome, MAPAQ)

Référence

ASSELIN, Rémi et Victor Savoie, Feuille technique. Agdex 554 Drainage de surface CPVQ1995

BRUNELLE, André et Victor SAVOIE, Feuille 7-B Problèmes de drainage, Diagnostic et correction, Guide des pratiques de conservation en grandes cultures, CPVQ 2000

BRUNELLE, André et Victor SAVOIE, Utilisation à la ferme des outils d'information géoréférencés en vue d'une optimisation des intrants et une diminution des pertes environnementales, Projet N° 24-810-255-04069, Entente auxiliaire Canada-Québec, Janvier 2000

SAVOIE, Victor Le drainage agricole et les machineries utiles pour aménager vos champs, session sur le développement durable 1997

SAVOIE, Victor, Conférence " Les causes d'un mauvais drainage, diagnostic et corrections", CRAAQ 2007

Document non publié

Guillou, Mikael et Victor Savoie, Conception d'un plan de nivellement,

Guillou, Mikael, Extraction des données du logiciel TNT vers Grade Plan

Guillou, Mikael et Victor Savoie, Session formation club agro de la région centre du Québec. août 2007