

AMÉLIORER LE RÉSEAU HYDRAULIQUE, LE NIVELLEMENT ET LE DRAINAGE SOUTERRAIN D'UN CHAMP : DES SOLUTIONS AU MAUVAIS RENDEMENT

**Par : Victor Savoie,
ingénieur agricole
MAPAQ, Centre-du-Québec
Nicolet**



Photo: Véronique Gagnon



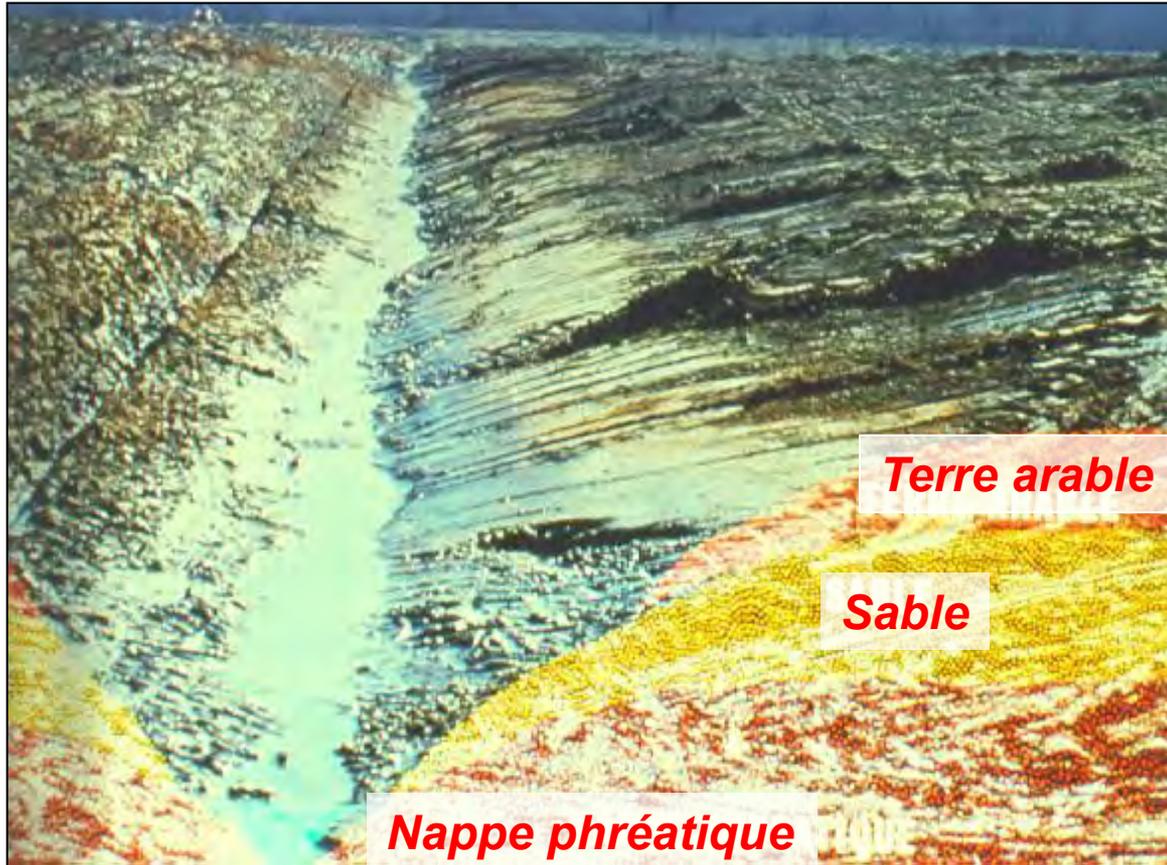
Photo : Victor Savoie

Cours offert par la Direction de la formation continue, le 17 février 2017
ITA Québec - Campus Saint-Hyacinthe
Partie 2- Drainage de surface: Normes et règles pour réaliser un plan

Plan du cours

- Historique du drainage de surface au Québec
- Drainage de surface
- Réalisation d'un plan
- Règles de conception du drainage de surface et du réseau hydraulique
- Exécution des travaux
- Exemples
- Conclusion

Historique du drainage au Québec



Photos: MapaQ Centre du Québec

Historique du drainage au Québec



Historique du drainage au Québec



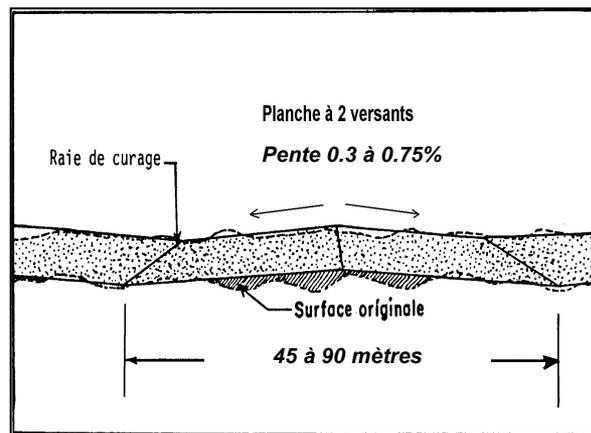
Drainage de surface

Objectifs

- Éliminer les accumulations d'eau de surface dans un délai raisonnable pour la santé des plantes (1 journée)
- Répartir uniformément l'eau de précipitation et favoriser l'infiltration pour apporter l'eau utile aux plantes
- Permettre l'entrée plus rapide, le passage et l'efficacité de la machinerie



Photo: MAPAQ, Centre du Québec



Drainage de surface

- Récupérer des superficies non cultivées ou non productives
- Évacuer l'eau de surface sans créer d'érosion



Photos: Victor Savoie

Drainage de surface

Erreurs:

- Projet réalisé sans planification (improvisation)
- Aplanissement de trop grande superficie, sans planifier le réseau hydraulique
- Remblayage de dépression trop profonde (déplacement de trop grande quantité de sol)
- Agrandissement de dépression par du remblayage partiel (lac plus grand moins profond)
- Travaux dans des sols humides, (trop tôt au printemps ou tard à l'automne)



Photo Alain Gagnon

Drainage de surface

Risques lorsque mal fait ...

- Décapage du sol arable
- Variabilité spatiale de la fertilité, pH et m.o.
- Déstructuration et diminution de l'infiltration
- Compaction et érosion
- Zones imperméables sous les dépressions, fossés, raies, rigoles remblayés (lac souterrain)
- ↘ des rendements
- Pollution de l'eau



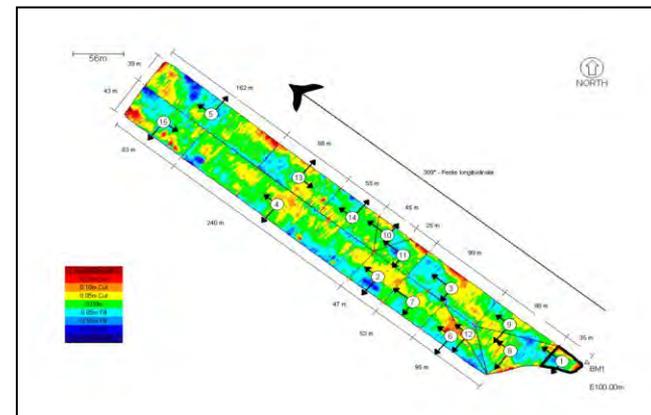
Photos MAPAQ Centre du Québec



Réalisation d'un plan

Pourquoi?

- Évaluer et planifier la solution la plus efficace pour évacuer l'eau d'un champ (réseau et nivellement) en fonction des:
 - propriétés du sol (texture, épaisseur et perméabilité)
 - cultures (vivaces vs annuelles)
 - pentes, longueurs de pentes et risque d'érosion
- Déplacer le minimum de sol arable
- Évaluer la quantité de sol déplacé et les coûts
- **Meilleure qualité et efficacité des travaux**
- **Meilleur retour sur l'investissement**

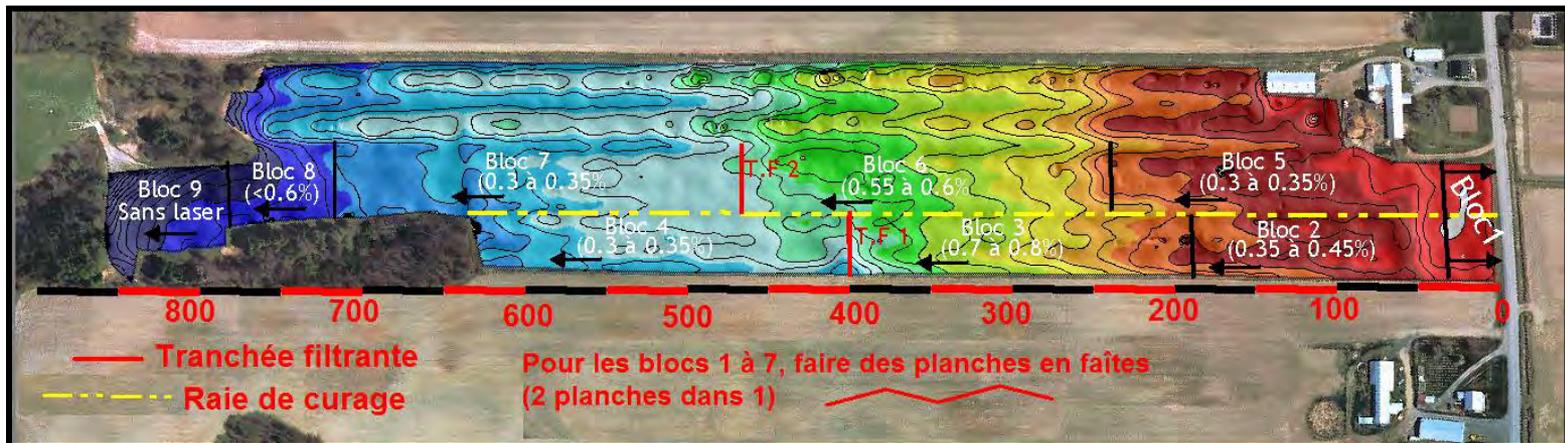


Le plan comprend...

- Arpentage
- Design

Cas de nivellement artisanale (Lidar-MNS):

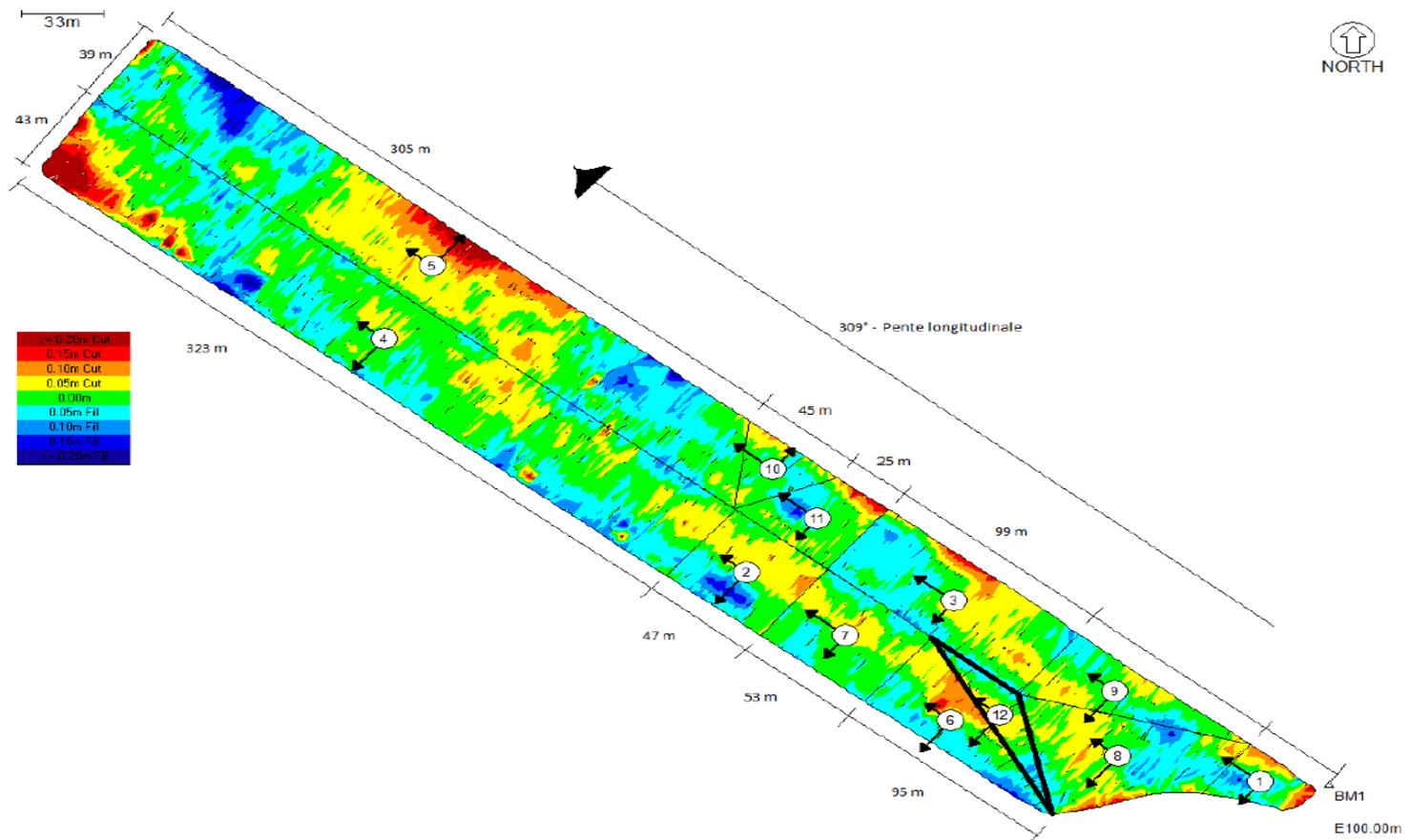
- Longueurs, largeurs et tendances des pentes de secteur similaire
- Guide pour l'opérateur



Cas de nivellement au laser:

- Les largeurs, longueurs et pentes des secteurs

Section #	Area	Cut vol.	Fill vol.	Max. cut	Max. fill	Vol/Area	Im./Ex.	Slope 1 :	Slope 2 :
1	0.19ac	21m ³	21m ³	0.214m	0.145m	109m ³ /Ac	0m ³ Im.	0.951%	0.680%
2	0.50ac	47m ³	47m ³	0.126m	0.176m	95m ³ /Ac	0m ³ Im.	0.400%	0.615%
3	0.93ac	77m ³	77m ³	0.186m	0.116m	83m ³ /Ac	0m ³ Im.	0.900%	0.300%



Cas de nivellement GPS:

- Les données pour guider la niveleuse GPS



Photo Alain Gagnon

- Avant de réaliser le plan, vérifier:
 - le type de niveleuse utilisée (artisanale, laser ou GPS)

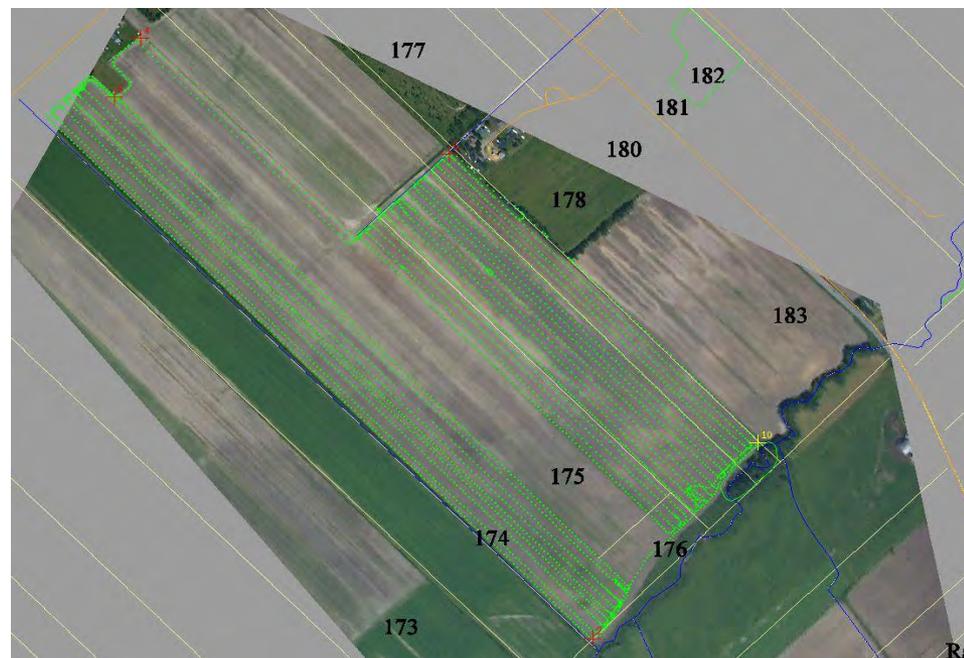


Photo : Victor Savoie, MAPAQ

- Ligne de relevé, entre 7 et 15 mètres selon:
 - la topographie du champ
 - l'aménagement existants, centre, milieu et rebords des planches existantes
 - les buttes et dépressions

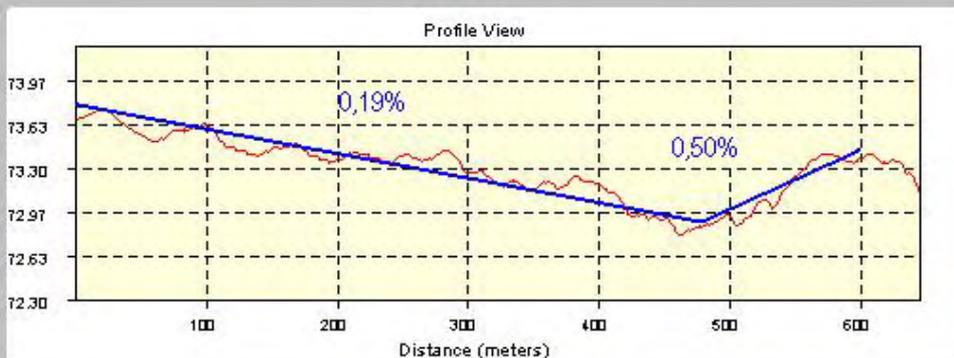
➤ Fonds des émissaires

➤ Localisation d'avaloirs existants etc.



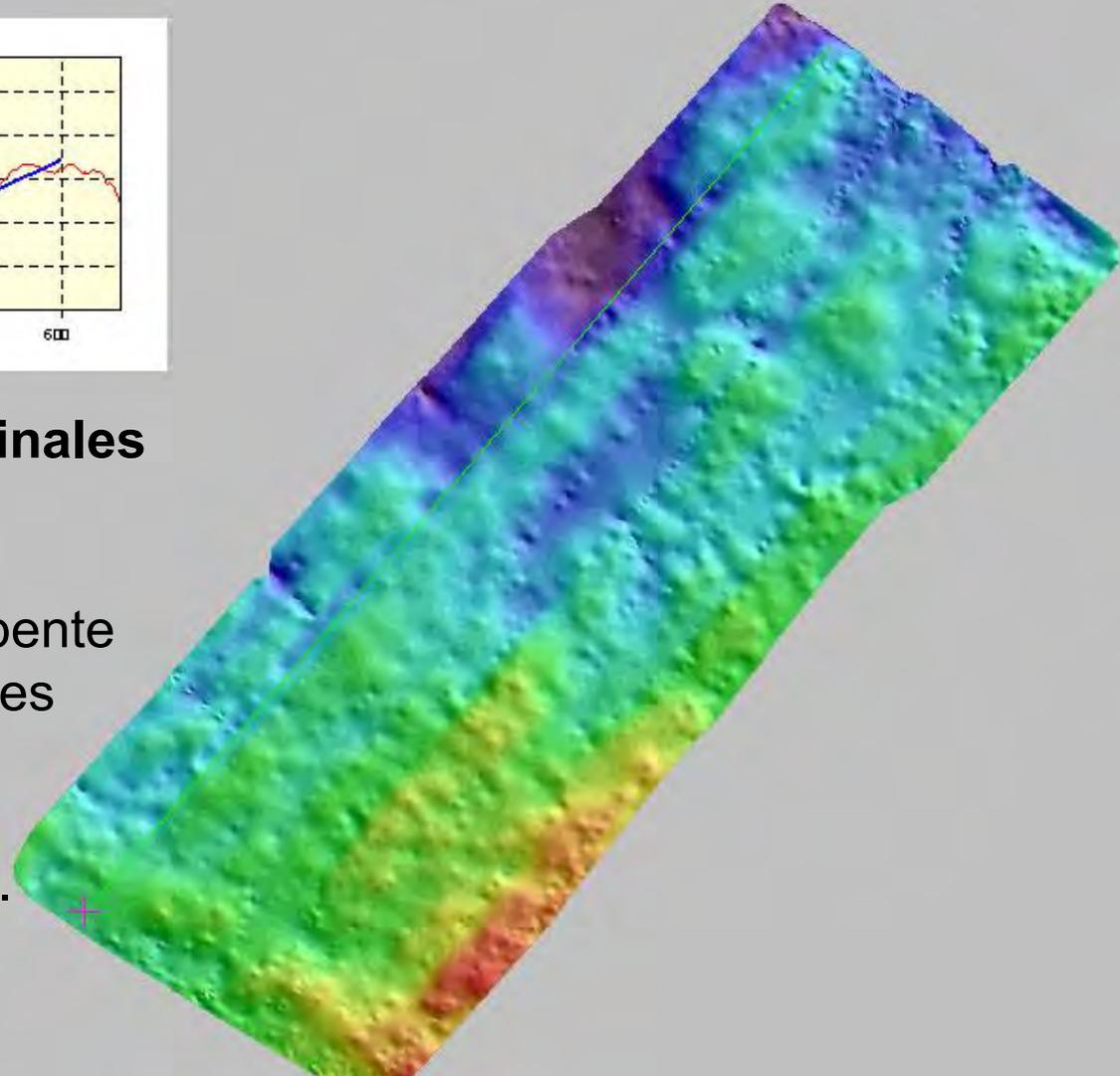
Réalisation d'un plan

Approche pour la conception d'un projet de drainage de surface



Analyser les profils longitudinales et transversales et localiser:

- le degré, la longueur de la pente
- les secteurs ayant des pentes similaires
- Les point hauts (buttons) les dépressions, replats etc.
- Les endroits pour évacuer l'eau



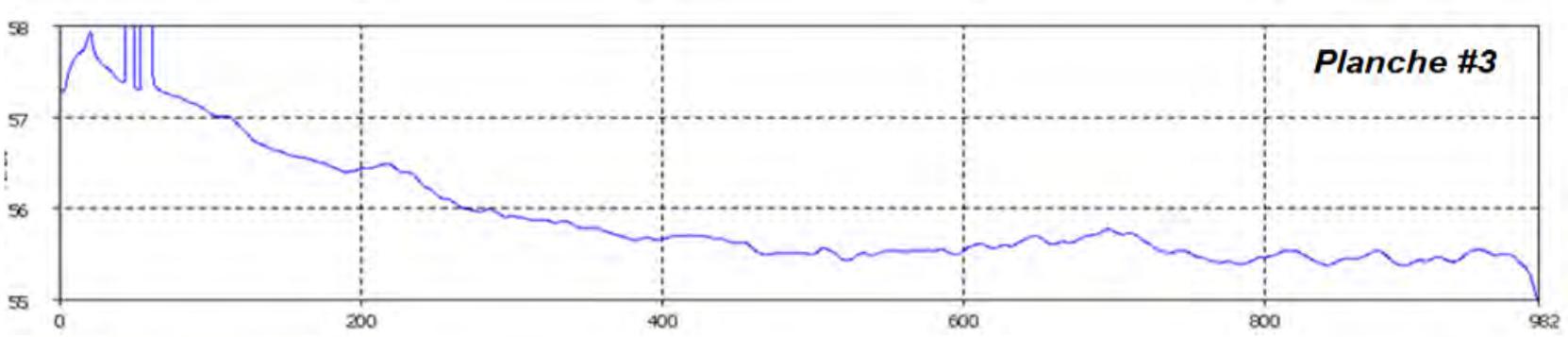
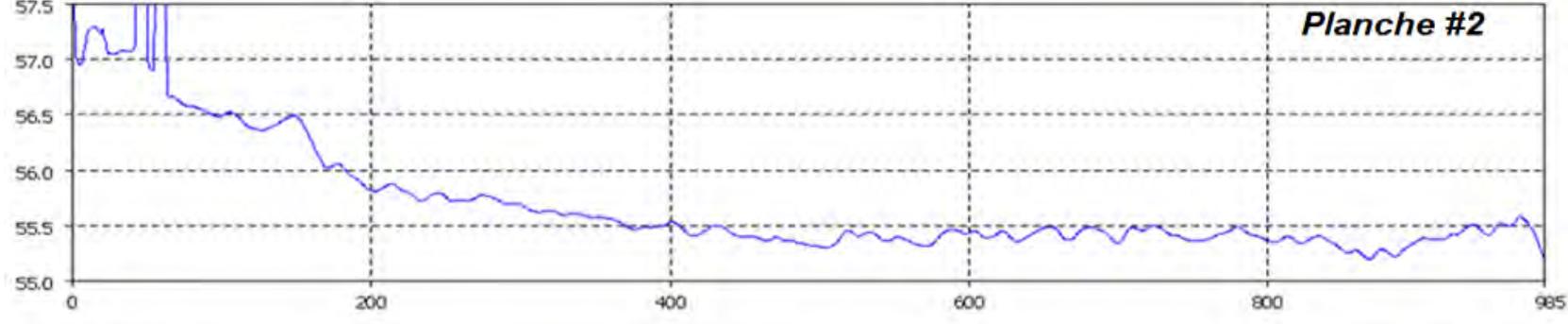
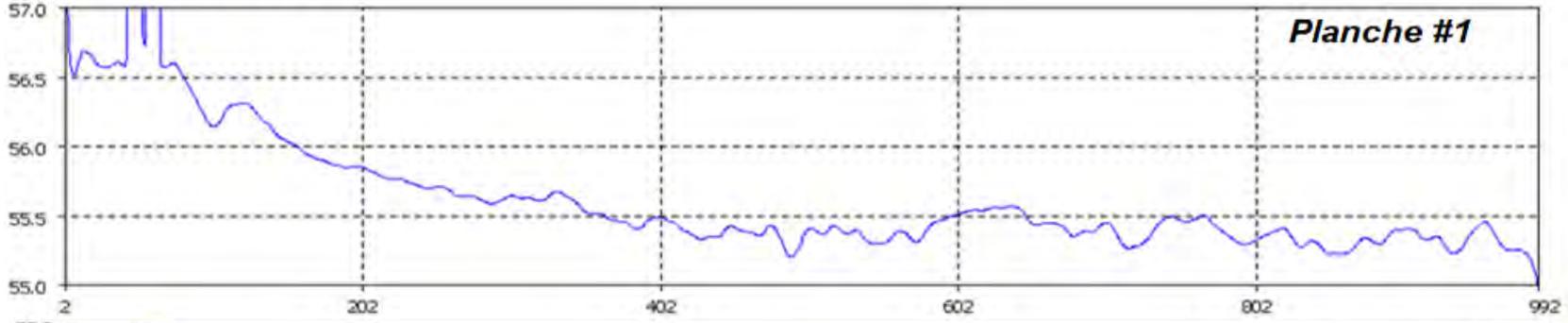
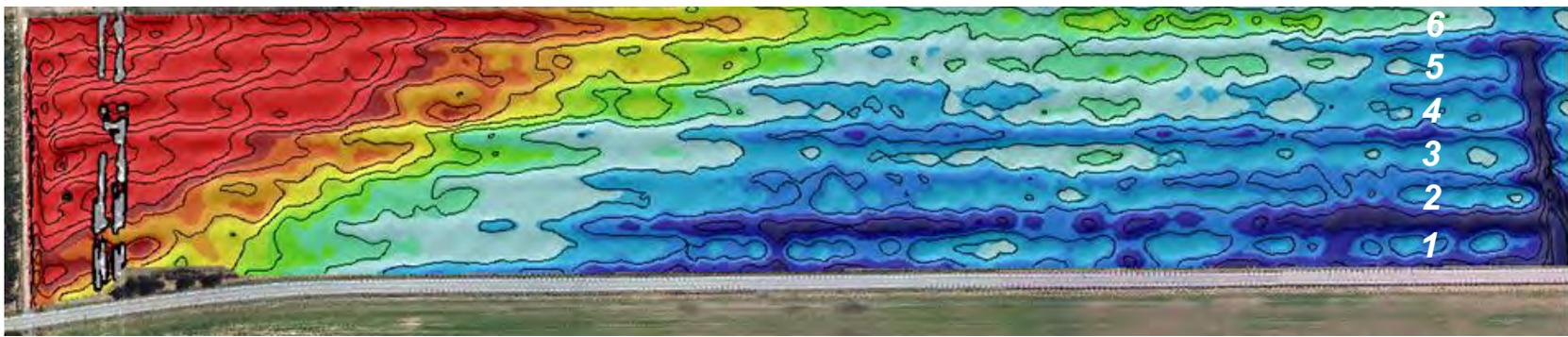
Réalisation d'un plan

Les profils longitudinaux sont les plus importants à analyser, pourquoi?

- Sens des opérations culturales (micro drainage, écoulement hypodermique)
- Les billons créés font obstacles à l'écoulement de l'eau latéralement
- Les dépressions ou replats longitudinaux sont les causes des plus grands problèmes d'égouttements
- Les pentes longitudinales ne peuvent être modifiées considérablement



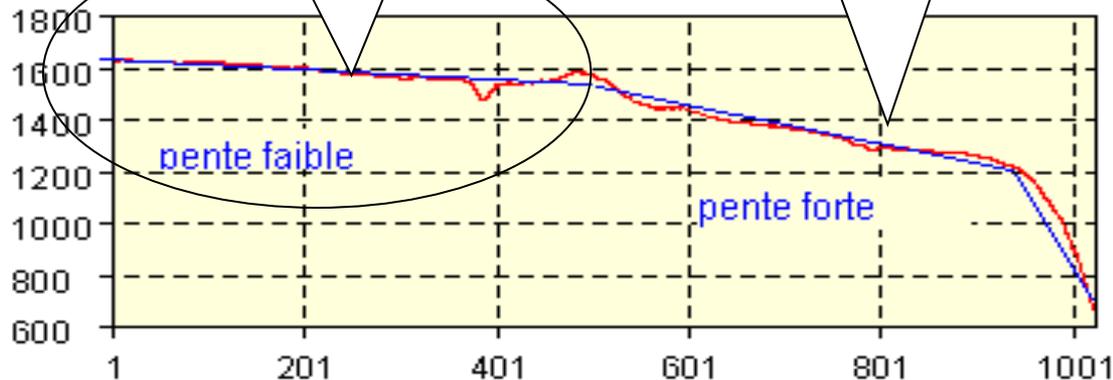
Photo: MAPAQ Centre du Québec



Observations suite à l'analyse des profils longitudinaux

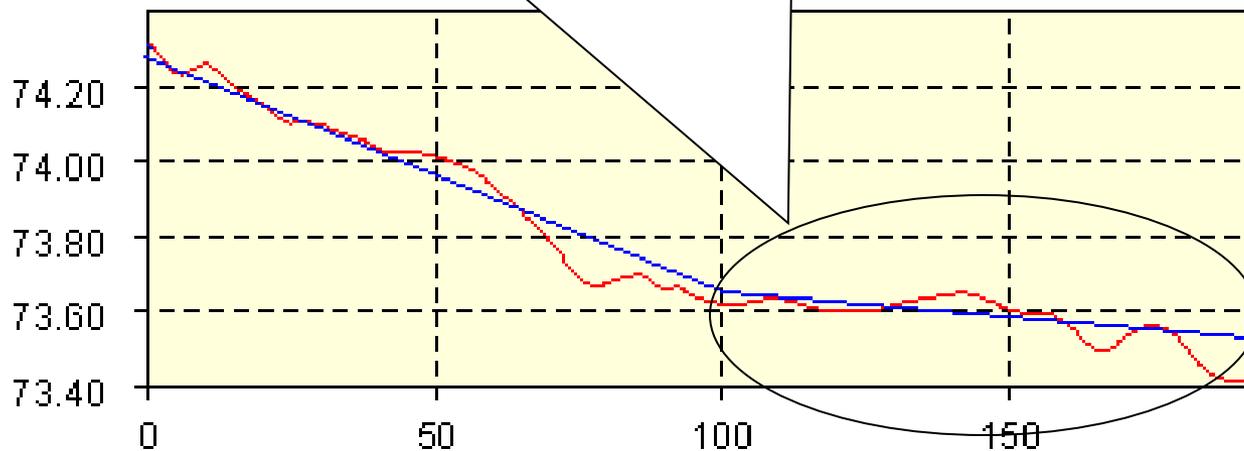
Un secteur en pente faible au début d'un champ, suivi d'un secteur de pente plus forte s'égoutte généralement mieux que l'inverse

Un secteur en pente forte situé en aval d'un secteur en pente faible est plus à risque d'érosion que l'inverse



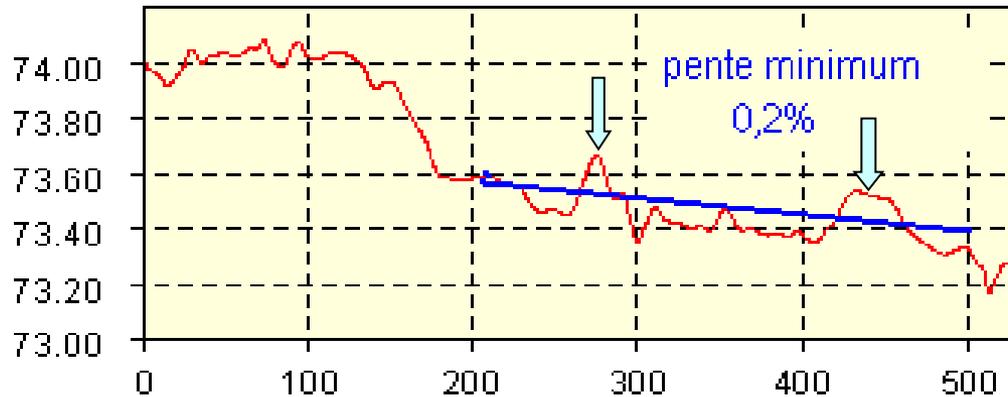
Observations suite à l'analyse des profils longitudinaux

Un secteur en pente faible situé en aval d'un secteur en pente plus forte, risque d'être plus problématique pour l'égouttement (eaux de surface et hypodermique)



Observations suite à l'analyse des profils longitudinaux

Secteur composé de plusieurs dépressions, évaluer selon la longueur du secteur et le déplacement de sol s'il est possible de les combler

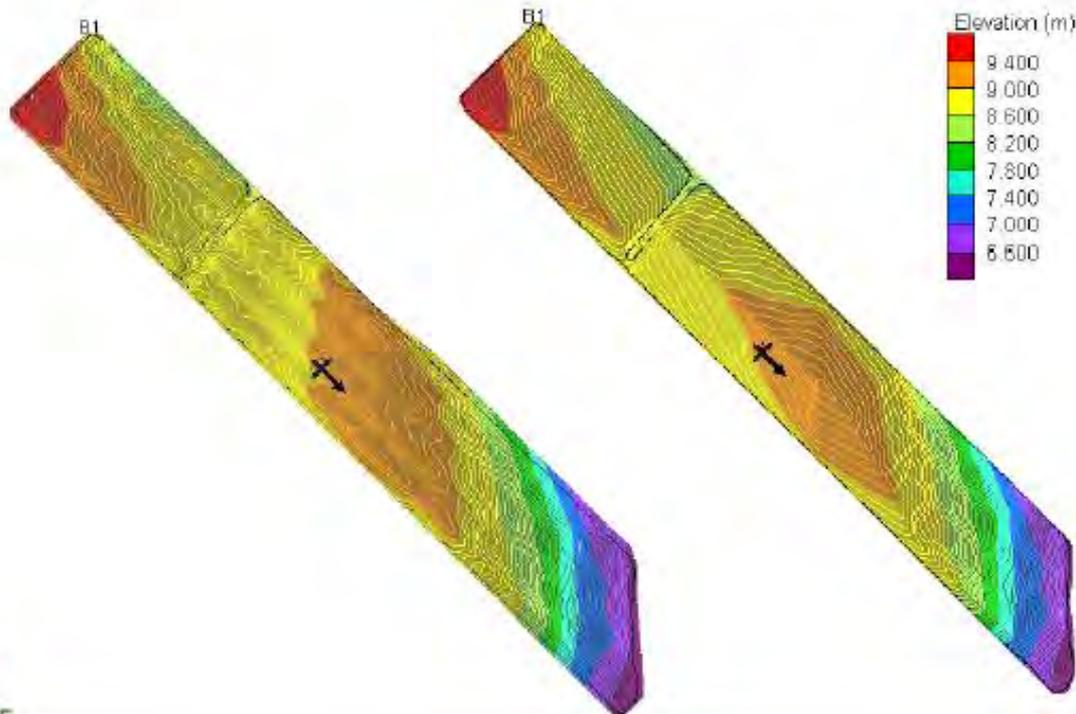


- Il existe des logiciels performants pour les niveleuses (GPS, laser) afin d'optimiser le travail et le déplacement de sol.
- Les logiciels ne font pas de design. C'est au concepteur de réaliser une analyse fine pour recommander des travaux efficaces et optimaux selon les besoins.
- Des cartes de déplacements de sol peuvent aussi être très intéressantes à analyser avant de faire un choix final
- Le concepteur devrait discuter avec le producteur et l'opérateur de la niveleuse pour expliquer le design proposé

- Concepteur doit faire une analyse fine pour recommander des travaux efficaces selon les besoins.
- Des cartes de déplacements de sol intéressantes à analyser avant de faire un choix final
- Discuter avec le producteur et l'opérateur de la niveleuse pour expliquer le design proposé

OPTISURFACE™

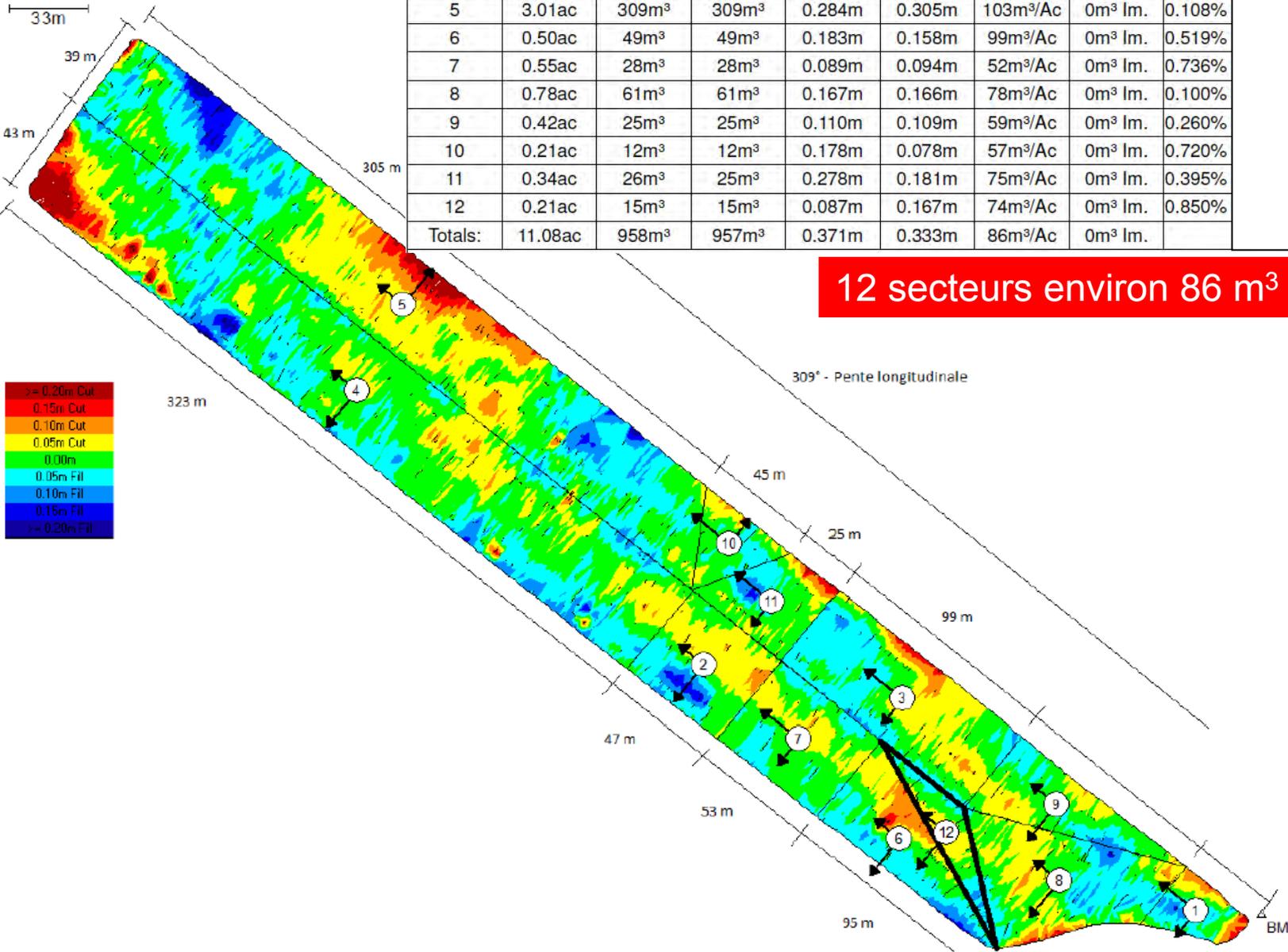
Champ
Avant - Après



Exemple:

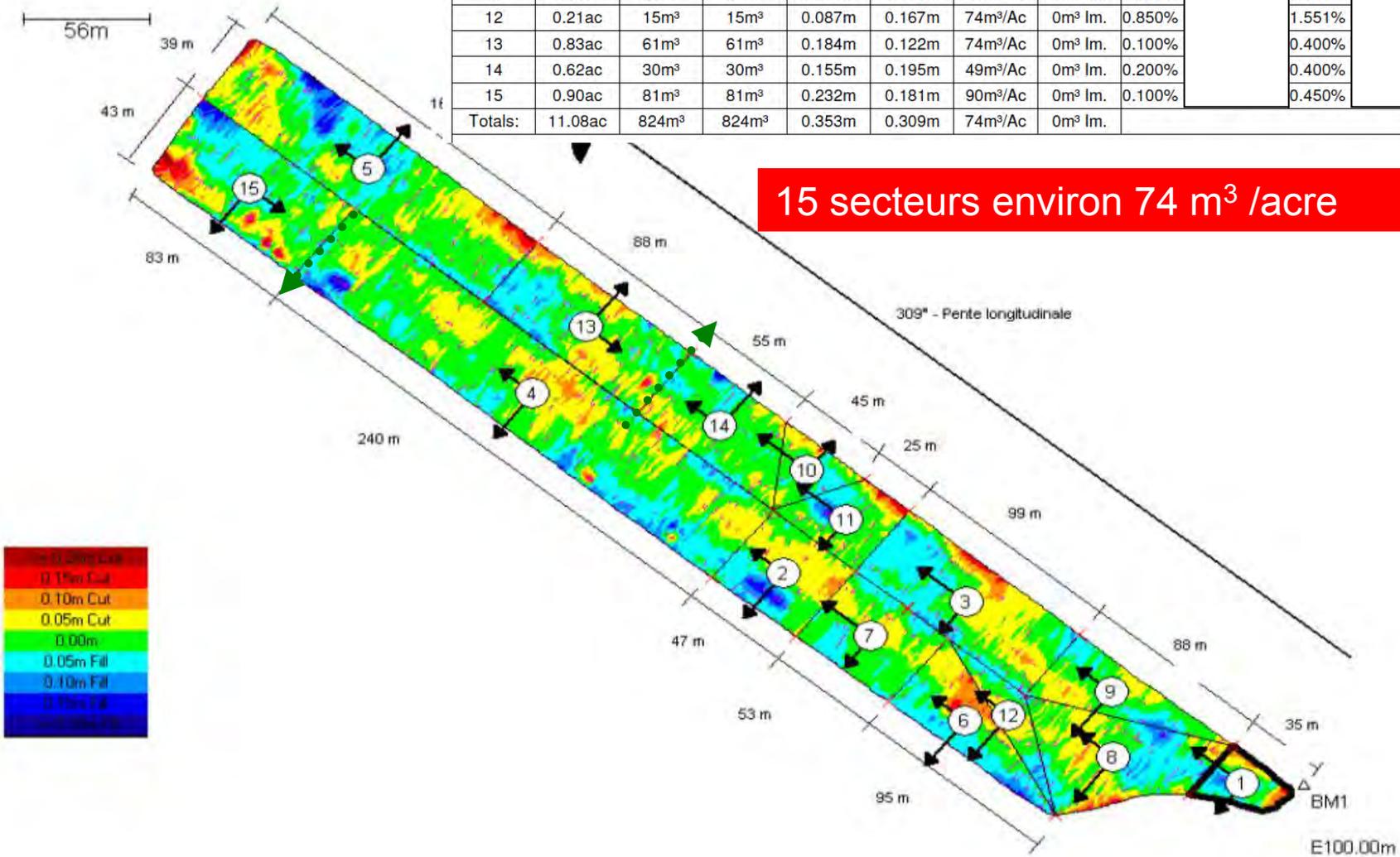
Section #	Area	Cut vol.	Fill vol.	Max. cut	Max. fill	Vol/Area	Im./Ex.	Slope 1 :	Slope 2 :
1	0.19ac	21m ³	21m ³	0.214m	0.145m	109m ³ /Ac	0m ³ Im.	0.951%	0.680%
2	0.50ac	47m ³	47m ³	0.126m	0.176m	95m ³ /Ac	0m ³ Im.	0.400%	0.615%
3	0.93ac	77m ³	77m ³	0.186m	0.116m	83m ³ /Ac	0m ³ Im.	0.900%	0.300%
4	3.45ac	287m ³	287m ³	0.371m	0.333m	83m ³ /Ac	0m ³ Im.	0.100%	0.623%
5	3.01ac	309m ³	309m ³	0.284m	0.305m	103m ³ /Ac	0m ³ Im.	0.108%	0.440%
6	0.50ac	49m ³	49m ³	0.183m	0.158m	99m ³ /Ac	0m ³ Im.	0.519%	0.700%
7	0.55ac	28m ³	28m ³	0.089m	0.094m	52m ³ /Ac	0m ³ Im.	0.736%	0.650%
8	0.78ac	61m ³	61m ³	0.167m	0.166m	78m ³ /Ac	0m ³ Im.	0.100%	0.654%
9	0.42ac	25m ³	25m ³	0.110m	0.109m	59m ³ /Ac	0m ³ Im.	0.260%	0.310%
10	0.21ac	12m ³	12m ³	0.178m	0.078m	57m ³ /Ac	0m ³ Im.	0.720%	0.070%
11	0.34ac	26m ³	25m ³	0.278m	0.181m	75m ³ /Ac	0m ³ Im.	0.395%	0.140%
12	0.21ac	15m ³	15m ³	0.087m	0.167m	74m ³ /Ac	0m ³ Im.	0.850%	1.551%
Totals:	11.08ac	958m ³	957m ³	0.371m	0.333m	86m ³ /Ac	0m ³ Im.		

12 secteurs environ 86 m³ /acre



Section #	Area	Cut vol.	Fill vol.	Max. cut	Max. fill	Vol/Area	Im./Ex.	Slope 1 :	Slope 2 :
1	0.19ac	21m³	21m³	0.214m	0.145m	109m³/Ac	0m³ Im.	0.951%	0.680%
2	0.50ac	48m³	48m³	0.128m	0.176m	95m³/Ac	0m³ Im.	0.392%	0.615%
3	0.93ac	77m³	77m³	0.186m	0.116m	83m³/Ac	0m³ Im.	0.900%	0.300%
4	2.54ac	163m³	163m³	0.179m	0.309m	64m³/Ac	0m³ Im.	0.112%	0.620%
5	1.55ac	126m³	126m³	0.353m	0.251m	81m³/Ac	0m³ Im.	0.198%	0.466%
6	0.50ac	49m³	49m³	0.183m	0.158m	99m³/Ac	0m³ Im.	0.519%	0.700%
7	0.55ac	28m³	28m³	0.089m	0.094m	52m³/Ac	0m³ Im.	0.736%	0.650%
8	0.78ac	61m³	61m³	0.167m	0.166m	78m³/Ac	0m³ Im.	0.100%	0.654%
9	0.42ac	25m³	25m³	0.110m	0.109m	59m³/Ac	0m³ Im.	0.260%	0.310%
10	0.21ac	12m³	12m³	0.178m	0.078m	57m³/Ac	0m³ Im.	0.720%	0.070%
11	0.34ac	26m³	25m³	0.278m	0.181m	75m³/Ac	0m³ Im.	0.395%	0.140%
12	0.21ac	15m³	15m³	0.087m	0.167m	74m³/Ac	0m³ Im.	0.850%	1.551%
13	0.83ac	61m³	61m³	0.184m	0.122m	74m³/Ac	0m³ Im.	0.100%	0.400%
14	0.62ac	30m³	30m³	0.155m	0.195m	49m³/Ac	0m³ Im.	0.200%	0.400%
15	0.90ac	81m³	81m³	0.232m	0.181m	90m³/Ac	0m³ Im.	0.100%	0.450%
Totals:	11.08ac	824m³	824m³	0.353m	0.309m	74m³/Ac	0m³ Im.		

15 secteurs environ 74 m³ /acre



Réalisation d'un plan

Paramètres à tenir en compte lors du choix du design:

1) Propriétés physiques du sol

- Sol peu profond, couche imperméable situé à moins de 1 mètre (changement textural, schiste, roc etc.)
- Sol peu perméable (< 0.1 m/jour)
- Sol à structure instable (sable fin limoneux)

2) Cultures

- Culture vivace (risque de gel dû à la glace) vs annuelle

3) Érosion

- Pente et longueur de pente selon le type de sol

Réalisation d'un plan

Par exemple un champ dont le sol :

- Infiltration lente ($< 0,1$ m/ jour)
- Pentes longitudinales et transversales faible ($< 0,3$ %)

à plus de risque de problème d'égouttement

qu'un champ dont:

- Infiltration modérée (1,0 m/ jour)
- Pentes longitudinales et transversales sont plus forte ($> 1\%$)

Réalisation d'un plan

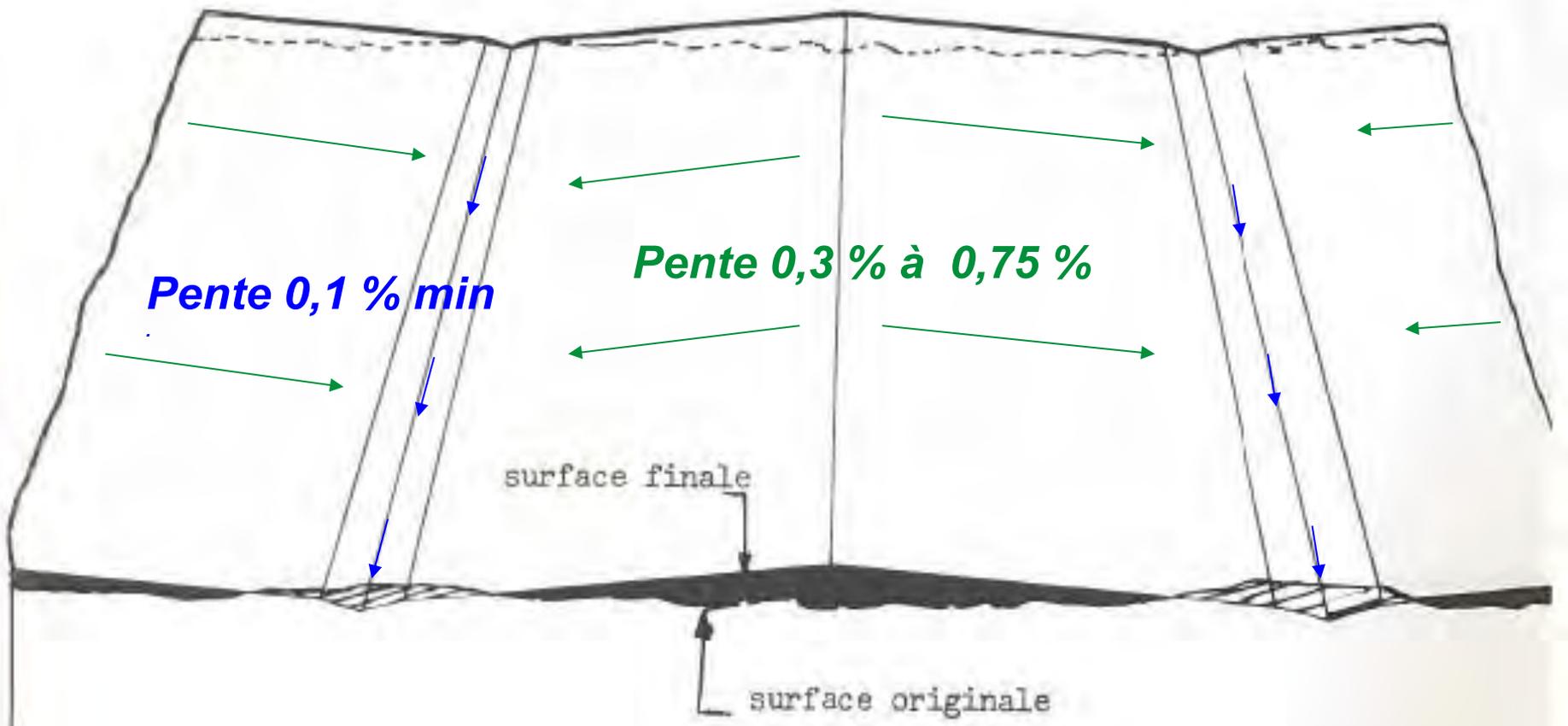
On peut distinguer 3 types d'aménagements:

1) Le modelage en planches

Travaux consistant à modeler un terrain en **créant** des pentes latérales pour permettre un égouttement de surface. (Former des planches en faîtes, déphasées ou à 1 versant)

- Réaliser en terrain plat (pente longitudinale $< 0,3\%$) dans:
 - Un sol peu profond (couche imperméable situé à moins de 1 mètre exemple changement textural, schiste, roc etc.)
- ou
- Un sol peu perméable (< 0.1 m/jour)
- ou
- Un sol à structure instable (limon et sable fin)
- ou
- Des cultures pérennes (redoux d'hiver)

45 à 100 m



Pente 0,1 % min

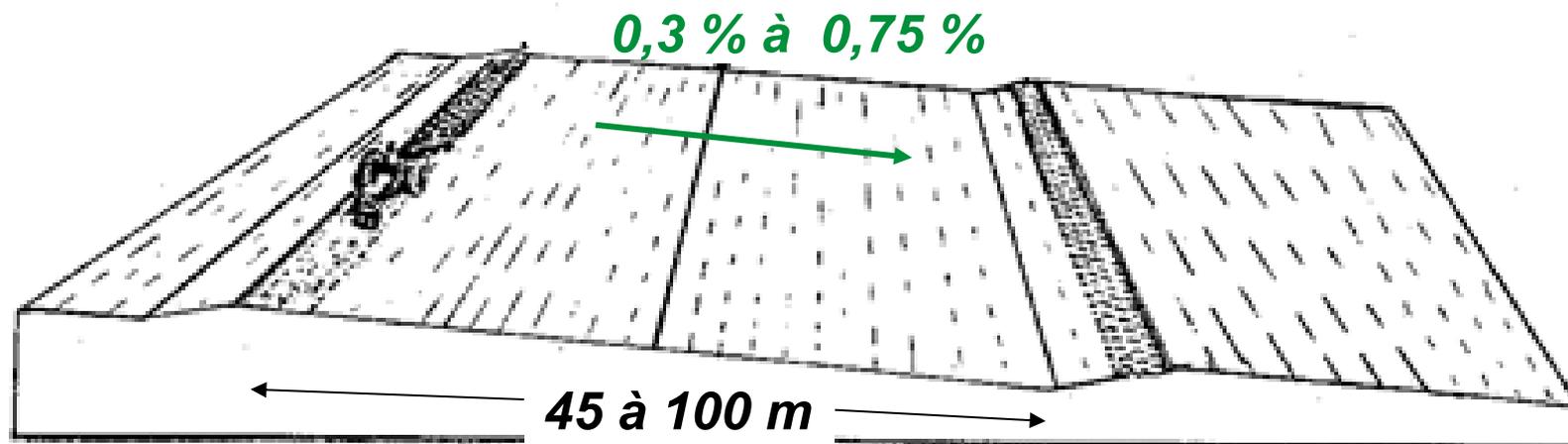
Pente 0,3 % à 0,75 %

surface finale

surface originale

Modelage en planche = égouttement de surface

Modelage en planche à versant



Réalisation d'un plan

Construire des raies de curage entre les planches pour évacuer l'eau:

- Pente min. 0,10% (si possible)
- Profondeur min. 0,3 mètre.
Talus : 1 dans 1,5 (argile)
1 dans 3 (sable et limon)
- Planifier des avaloirs pour éviter de creuser des raies trop profondes



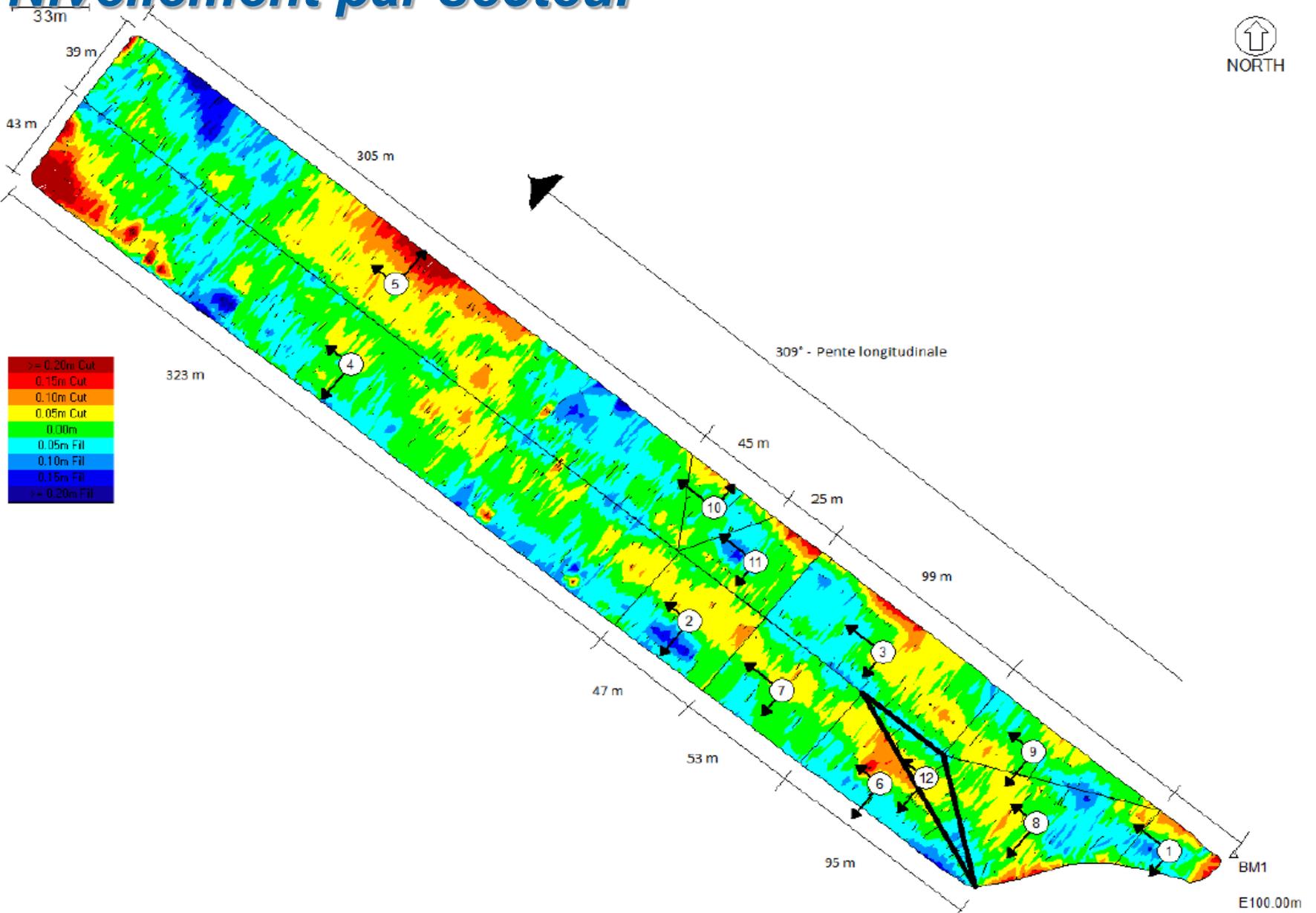
Réalisation d'un plan

2) Le nivellement par secteur (type laser)

Travaux consistant à niveler la surface d'un terrain en conservant les **pentés naturelle** d'un champ par secteur similaires (longitudinale et transversale)

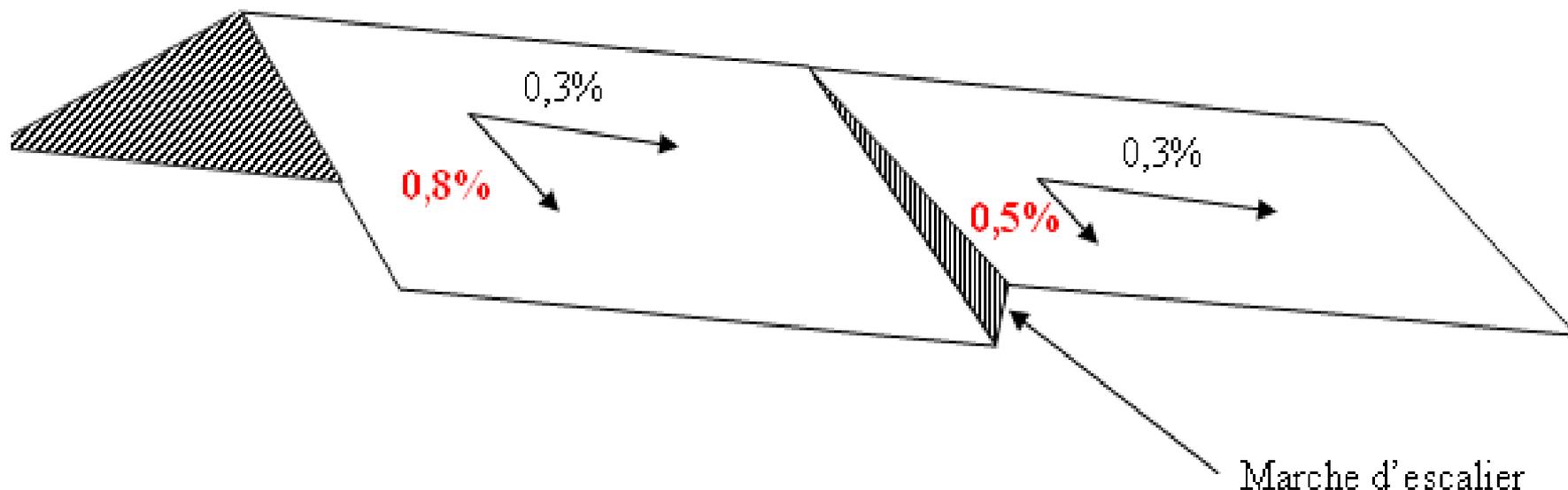
On utilise généralement une niveleuse laser ou GPS.

Nivellement par secteur



Attention : cas d'une contre-pente latérale

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



Dessin réalisé par Mikael Guillou

Type d'aménagement de drainage de surface

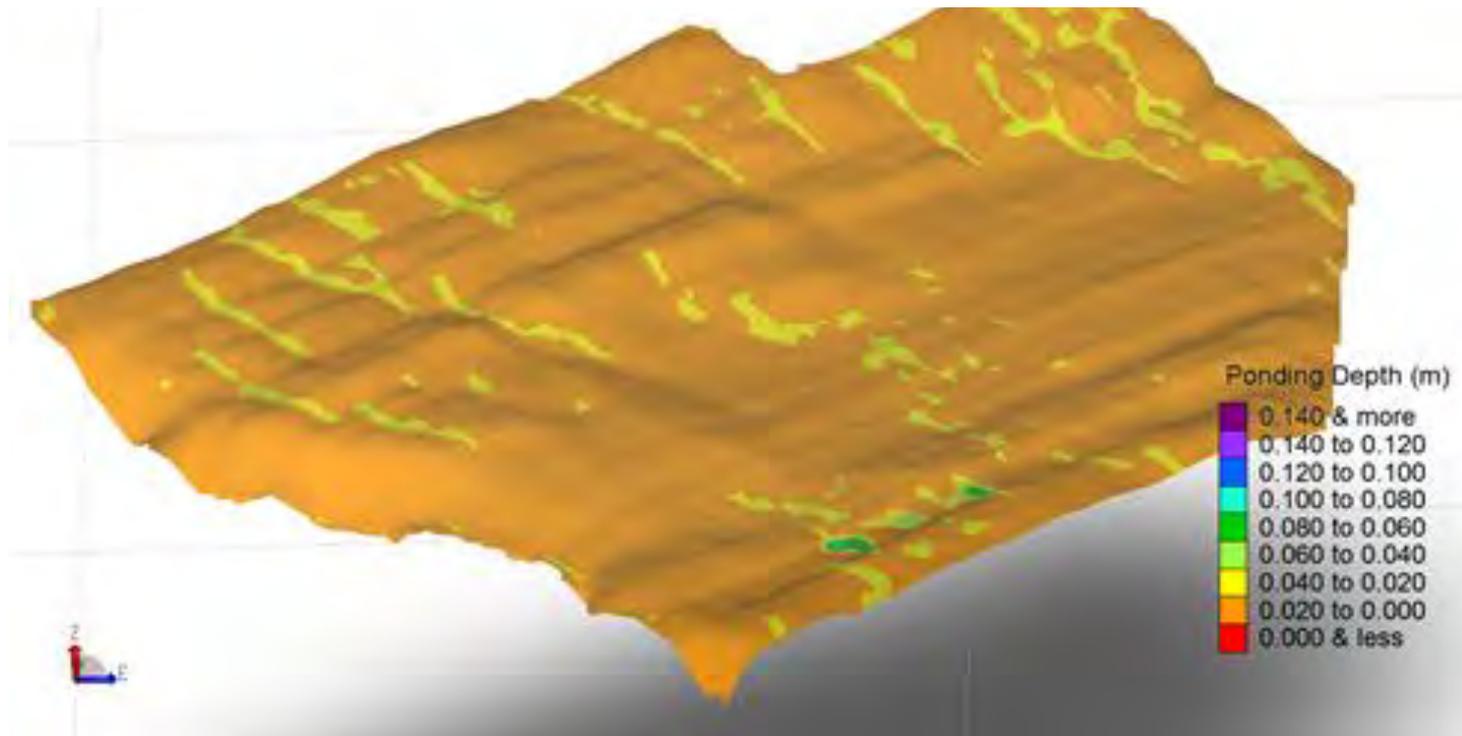
3) L'aplanissement

Travaux visant à éliminer les irrégularités du terrain favorisant l'infiltration uniforme des précipitations, tout en conservant les pentes naturelles d'un champ.

- Planifier les structures hydro-agricoles pour évacuer l'eau
- Couper les longueurs de pentes pour améliorer l'égouttement et diminuer les risques d'érosions
- Utiliser la niveleuse GPS (déplacement min. de sol arable, ↘ \$, logiciel performant pour la conception)

Aplanissement

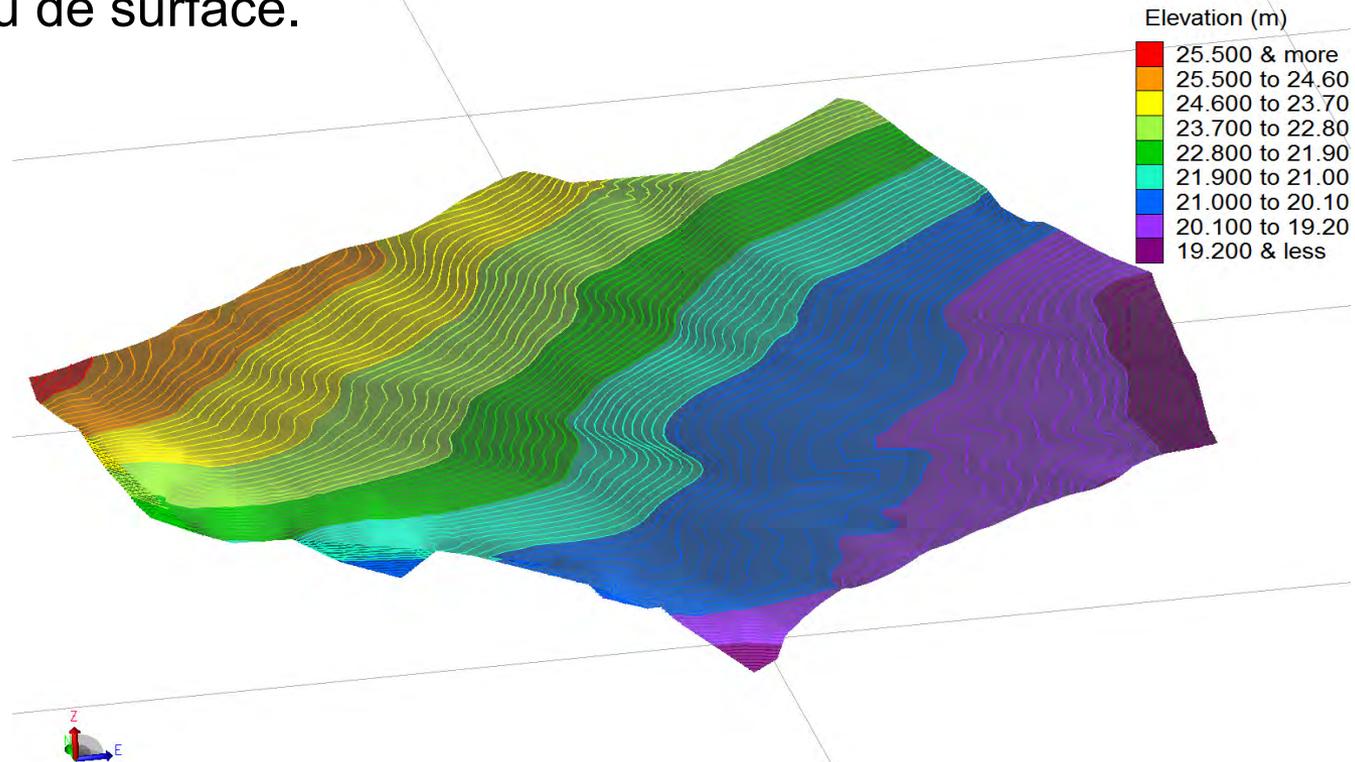
Régularisation de la surface d'un champ, en s'assurant de faire sortir l'eau de surface.



conférence de Billy Beaudry ITA St-Hyacinthe 2013

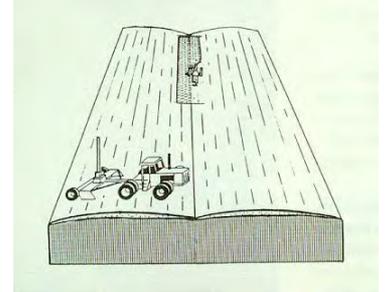
Aplanissement

Régularisation de la surface d'un champ, en s'assurant de faire sortir l'eau de surface.



conférence de Billy Beaudry ITA St-Hyacinthe 2013

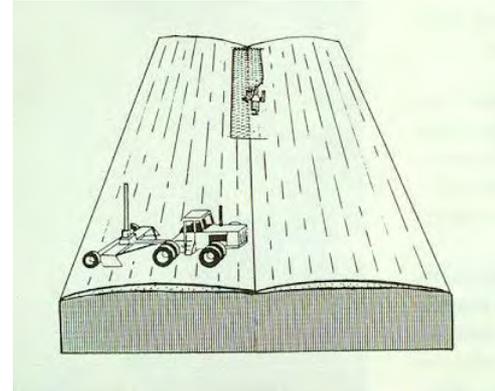
Exécution des travaux



Planification et exécution des travaux

- Débuter dans la partie haute du champ (éviter de bloquer l'écoulement de l'eau)
- Lors du nivellement les zones de déblais ne changeront pas en élévation et les zones remblayées vont refouler et pourrait demander un autre nivellement pour conserver leur pente optimale.
- Selon Coote & Zwerman, 1974, le refoulement à prévoir est de :
 - Argile 30 à 40 %
 - Loam 20 à 25 %
 - Sable 10 %

Exécution des travaux



- Travaux faits sur sol sec (labouré et hersé)
- Si planches existantes,
Labourer vers les raies existante (atténuer le déplacement du bon sol)
- Après vérification, si nécessaire sous-soler avant de niveler les raies, rigoles et dépressions (éviter les lacs souterrains)

Après un nivellement, les pertes de sol peuvent être très élevées

Projet d'étang de Saint-Samuel avec M. François Chrétien, AAC, démontre l'effet négatif d'un nivellement réalisé tard à l'automne sans plante de couverture.

Impacts sur les ressources eau-sol

- Effet du drainage de surface :
 - Analyses d'eau des étangs de Saint-Samuel :
 - [MES] = 20 à 300 mg/l en semis direct (2009-2011)
 - [MES] = 300 à 2000 avec pics à 9000 mg/l après travaux de nivellement (automne 2011 et printemps 2012)

(F. Chrétien, AAC, 2012)



Conférence de Mikael Guillou, agr. colloque Bassins versants Agri-vision 2013

Exécution des travaux

Après les travaux de drainage de surface:

- Évaluer s'il y a de la compaction...
- Améliorer la structure de vos sols...
 - Amendements (chaux, fumier, etc.)
 - Planter des engrais verts
 - Sous-soler
 - Améliorer les pratiques, rotation, régie de travail (moins de passage)
 - Diminuer le nombre de passage et le poids de machinerie



Photo : Victor Savoie

Exécution des travaux

Dans la pratique, la correction des problèmes de drainage exige une approche par étape... Tout d'abord:

- Mettre en place le réseau hydraulique
- Réaliser l'aménagement de surface
- Réaliser le drainage souterrain (Si nécessaire)

- Généralement les coûts d'aménagement sont:
 - le réseau hydraulique: 200 à 500 \$/hectare
 - l'aménagement de surface: 300 à 800 \$/hectare
 - le drainage souterrain: 1500 à 3500 \$/hectare

Exécution des travaux

- Planifier les aménagements et les cultures pour exécuter les travaux en conditions sèches
 - Travaux au printemps lorsque le terrain est sec
 - Après la première ou deuxième coupe de foin
 - Après une céréale
 - Abandon de la culture et travaux en été

Niveleuse artisanale-sole

- Outil plus adapté pour les champs avec beaucoup de pente (pente qui se voit à l'œil)



Photos : Victor Savoie

Niveleuse au laser



Photo: Benoit Laferrière

- Deux pentes (longitudinale, transversale)
- Utiliser les logiciels laser (nivellement par secteur ou modelage en planche)
- Outil plus adapté et performant pour les champs avec des pentes faibles ($< 0.3\%$)
- Plus de temps pour la planification (doit évaluer et créer plusieurs secteurs homogènes)
- Déplace parfois plus de terre

Niveleuse dirigée avec GPS



Niveleuse diriger avec GPS

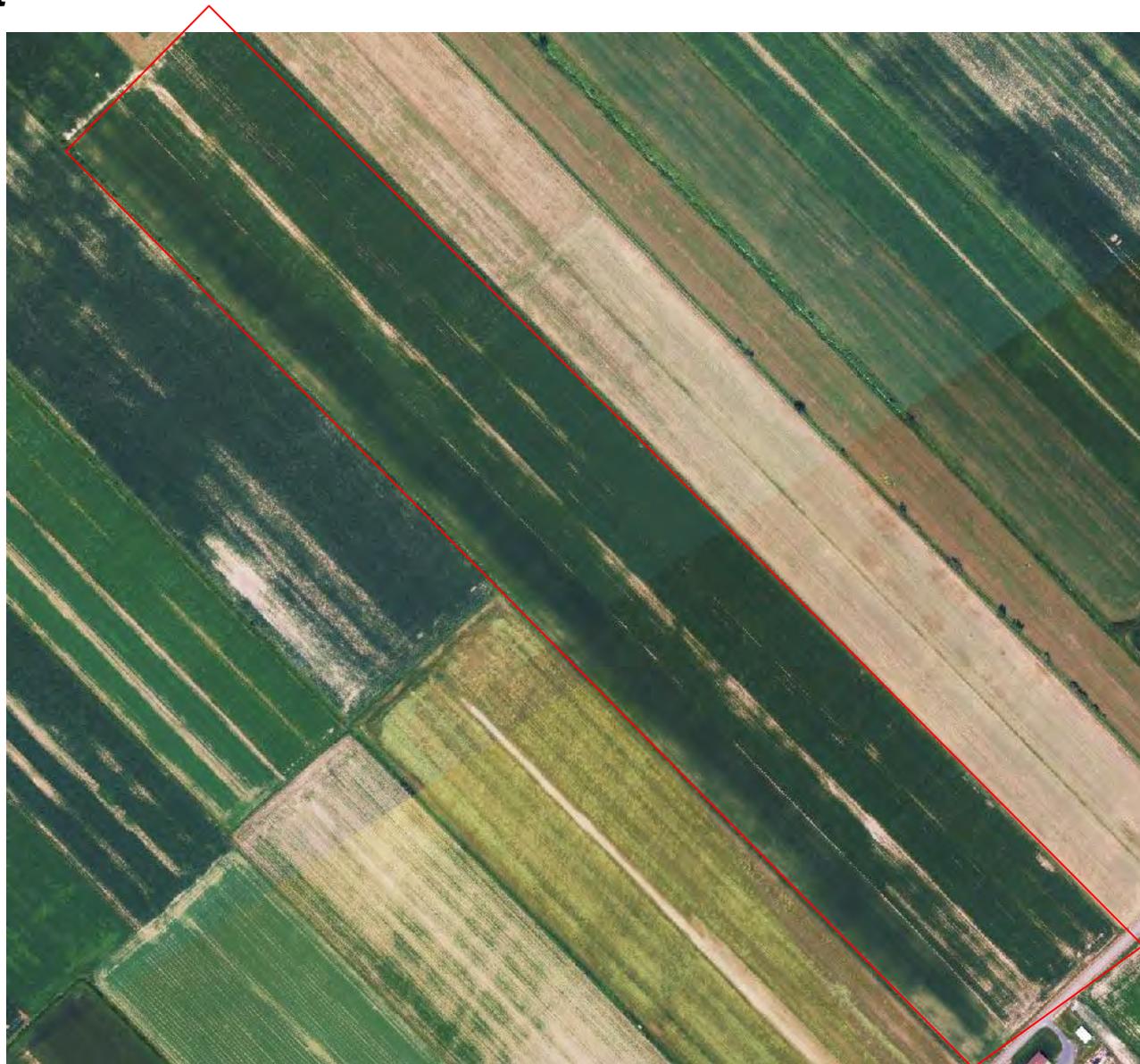
- Pentes qui change continuellement
- Doit utiliser les logiciels GPS
- Outil plus adapté et performant pour les champs avec pentes plus fortes et vallonnés
- Réalise plus de sorties d' eau latérales
- Peu de temps pour la planification GPS.
- Donner des balises au logiciel-pente minimum, épaisseur de décapage max etc.
- Déplace normalement moins de terre qu'au laser

Exemple 1 (champ 1)

**Drainage souterrainement
existant**

**Problème drainage de
surface**

Photo été 2011



Modèle numérique de surface

(2010)

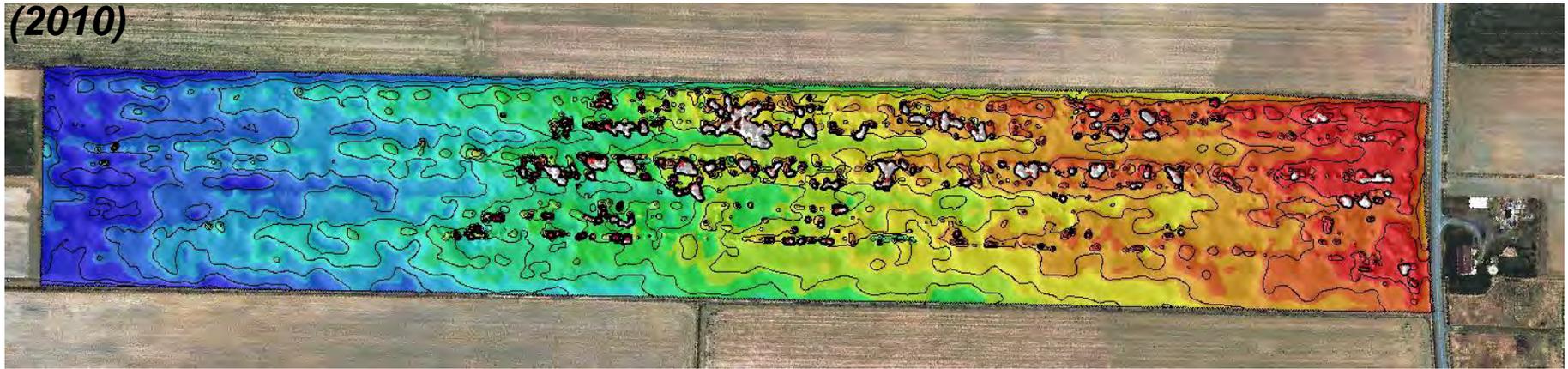
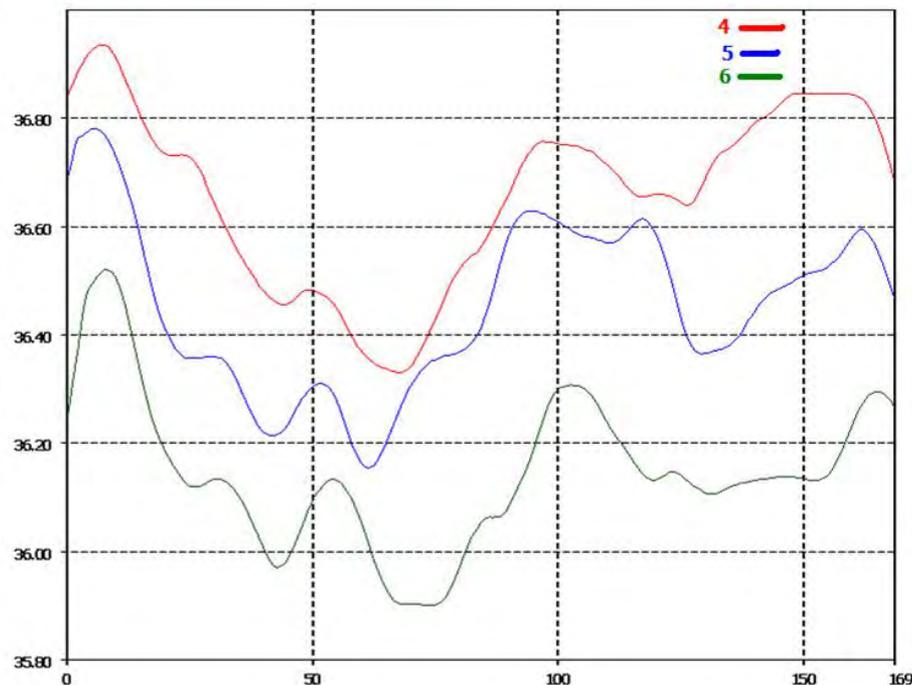
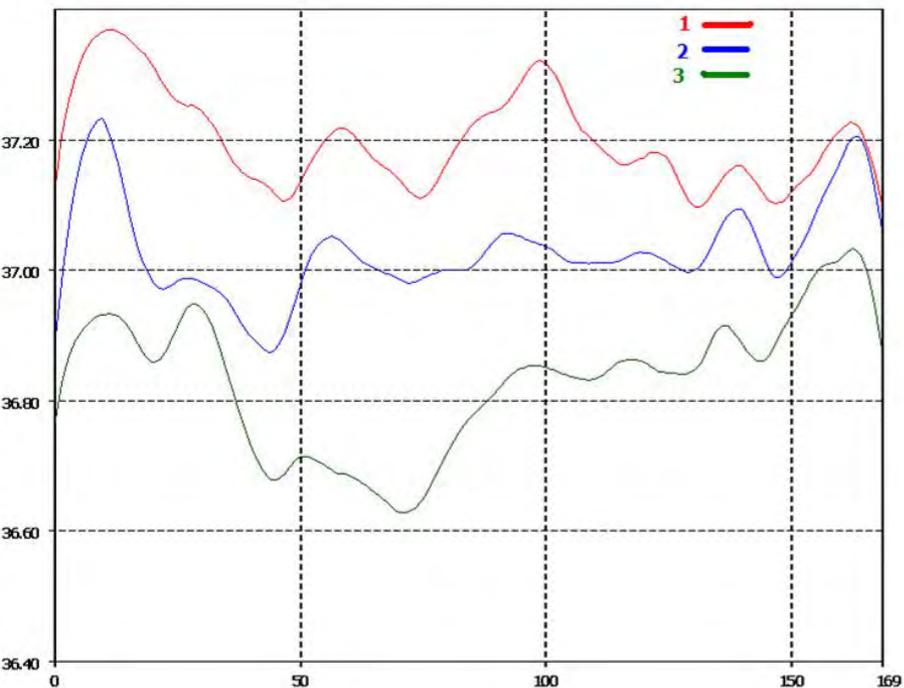
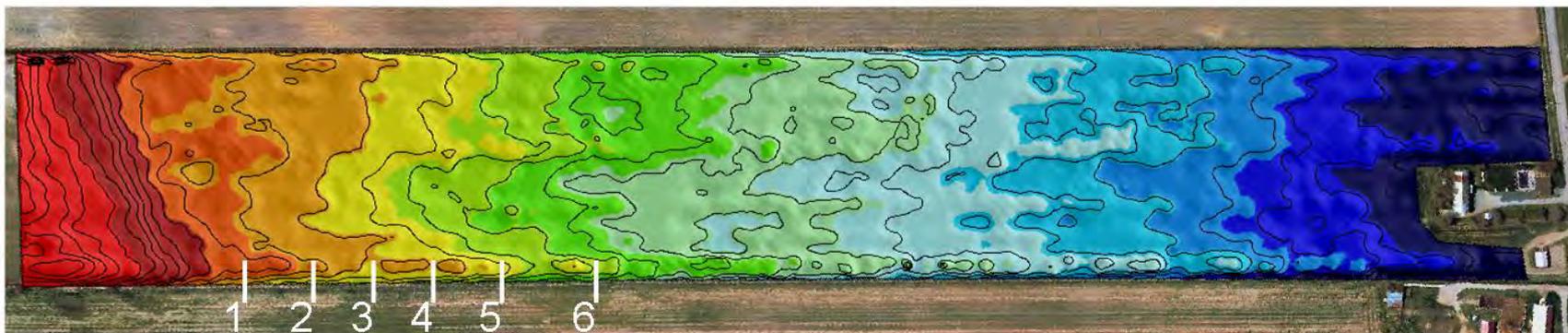
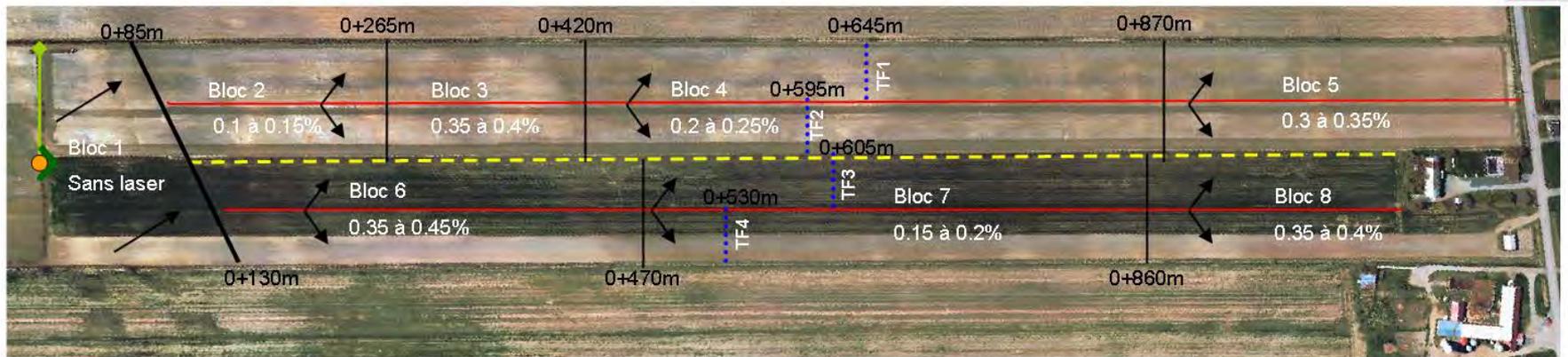
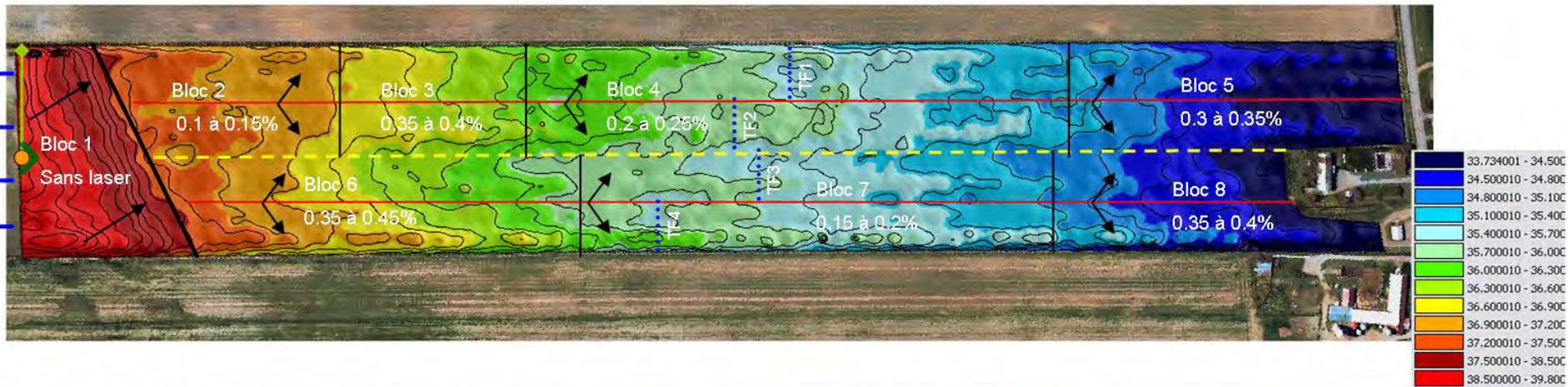


Photo printemps 2010



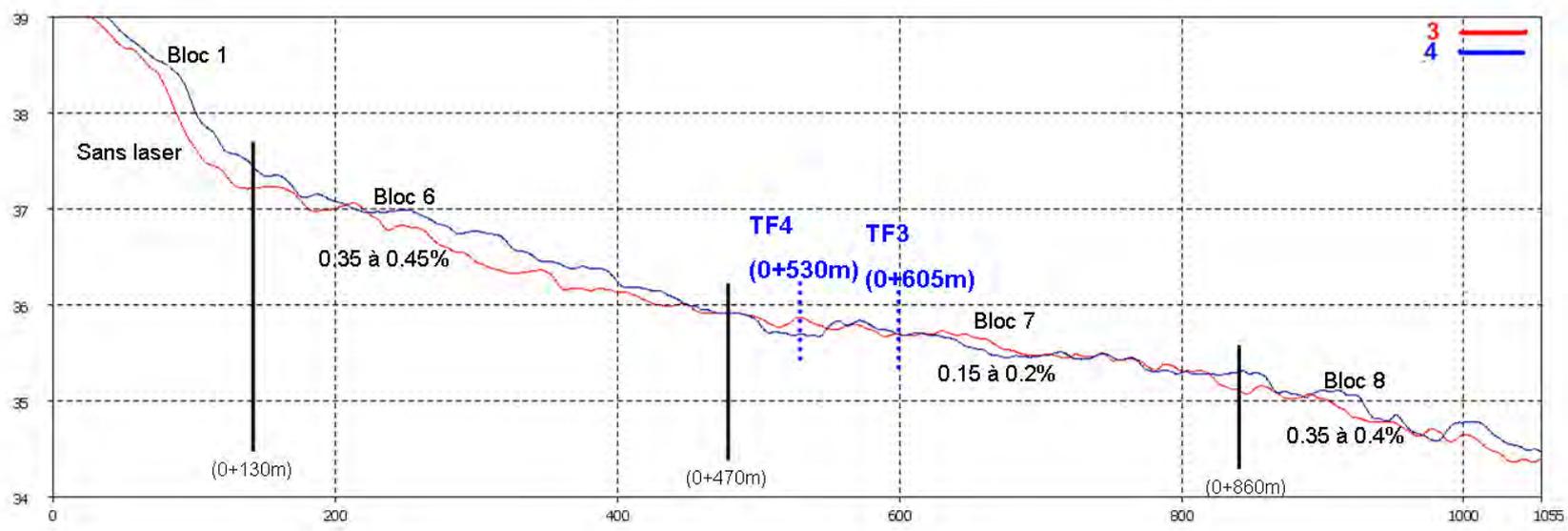
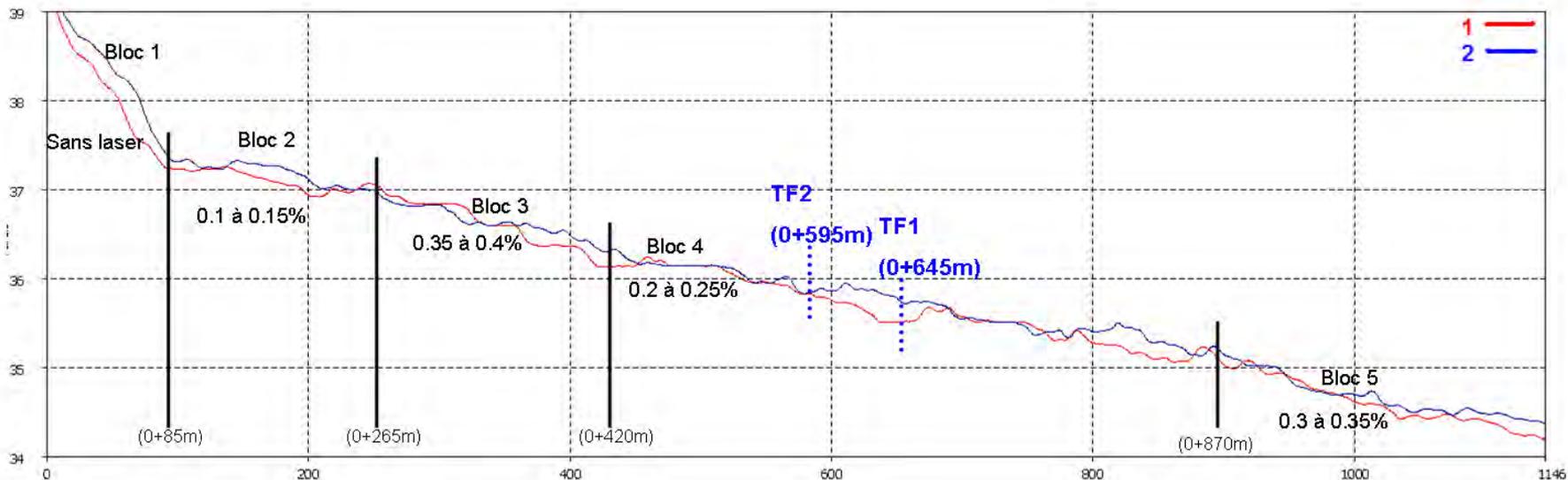
Exemple 1: champ 2



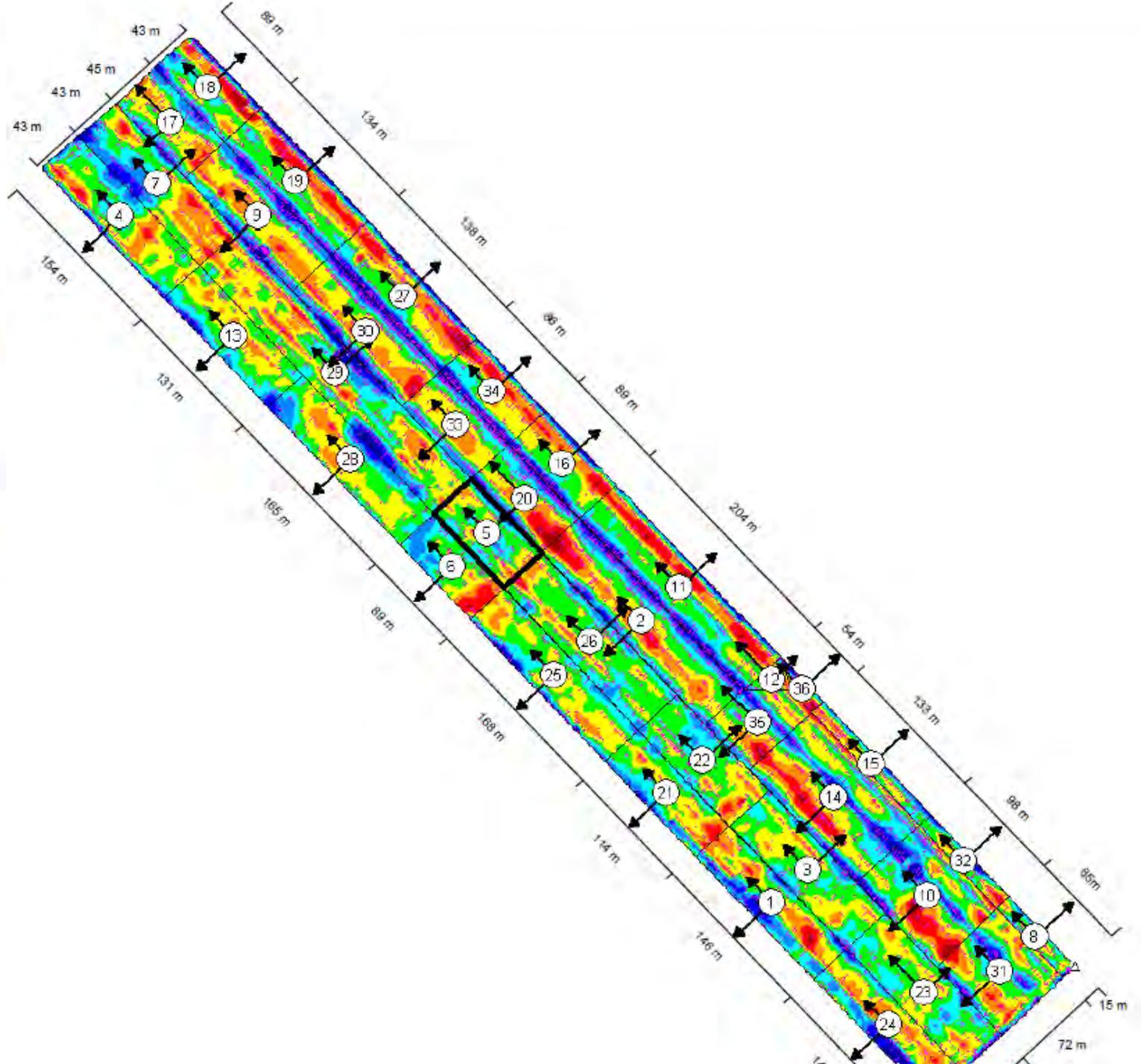


- Avaloir
- Raie de curage
- Faîte
- Tranchée filtrante

Croquis de nivellement
 Source : Modèle numérique de surface
 Échelle 1:3000
 Courbe de niveau: 20cm (8po)
 Fait par: Alexandre Arel / Victor Savoie (MAPAQ)



92m



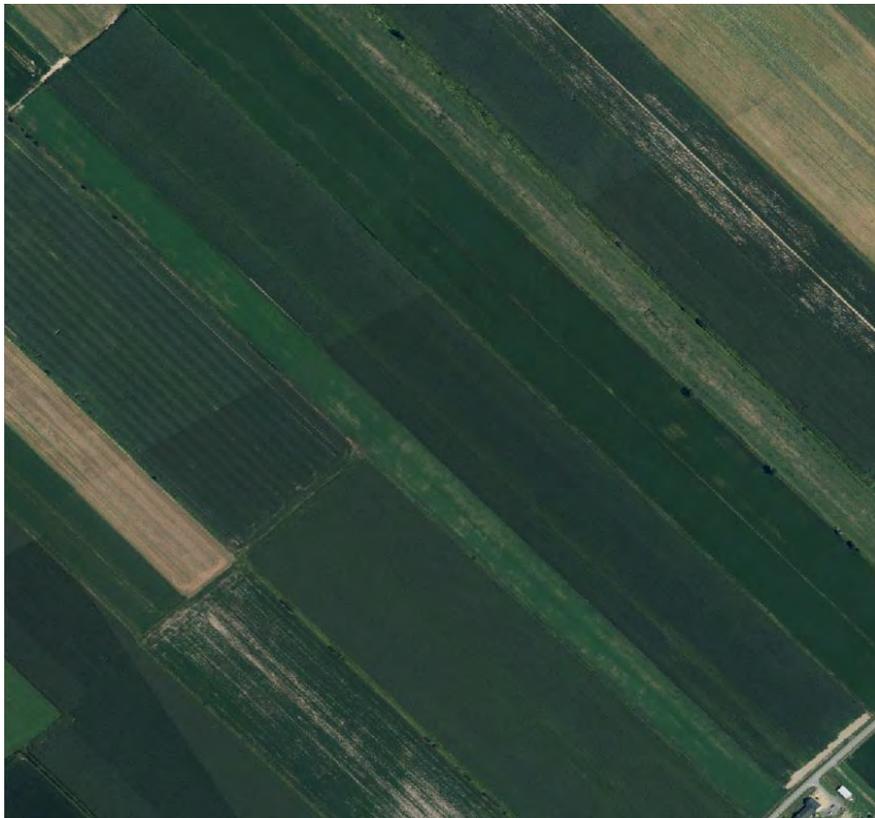


m: 894

Azimuth: 133

Elevation: 17





Coûts pour 37,8hectares :

Drainage souterrain : 0\$

•Déjà drainé

•Écartement 15-16 mètres

Drainage de surface (n. laser)

2012 et 2014 : 37,8 ha en planche

en faîte (600\$/ ha) 26500\$

Tranchées filtrantes : 2000\$

Sous-solage : 1500\$

TOTAL: 30000\$

environ 800\$ \$/hectare

Rendement de maïs;

➤ avant 2013: 10,5 t/ ha

✓ 2014:11,8 t/ ha, 2015; 11t/ha et 2016 12.4 t/ha

Rendement de soya

➤ avant 2013: environ 3 t/hectares

✓ 2015; 3,8 t/ha et 2016 3,7 t/ha (Maladie)

Exemple 2 Drainage souterrainement existant

Photo été 2011

Diagnostic :

- **Mauvais drainage de surface**
- **Écoulement hypodermique non intercepté**

