

## Mesurer la pente d'un champ pour la gestion des éléments nutritifs et la planification de la conservation

K. McKague, ing.

### INTRODUCTION

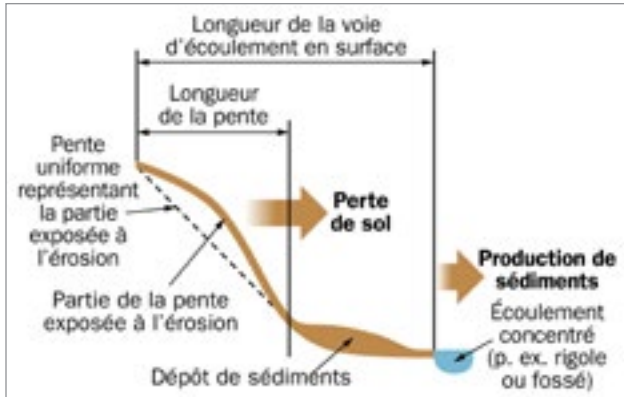
La topographie d'un champ détermine en grande partie dans quelle mesure le sol est exposé à l'érosion par l'eau. De façon générale, plus les pentes d'un champ sont longues et prononcées, plus le potentiel d'érosion est grand. Les sols érodés emportent la couche arable riche en matière organique et en importants éléments nutritifs culturaux. Pour estimer le potentiel moyen d'érosion d'un sol à long terme dans un champ, les planificateurs en conservation des sols et les agronomes se servent souvent de [l'équation universelle des pertes en terre](#) (USLE) ou de la version modifiée de cette équation, appelée l'équation universelle des pertes en terre révisée (RUSLE2). L'USLE est utilisée comme méthode par défaut dans divers outils de gestion des éléments nutritifs et de planification de la conservation du sol et de l'eau offerts dans le logiciel [AgriSuite](#) du MAAARO. Par exemple, [l'outil PLATO](#) (outil d'évaluation des pertes de phosphore pour l'Ontario), qui fait partie d'AgriSuite, offre aux utilisateurs une estimation des pertes relatives possibles en terre et en phosphore connexe pour un champ géré en se servant de diverses pratiques de culture et de gestion.

L'USLE et RUSLE2 se fondent sur la pente du champ comme donnée de départ. Cependant il peut être difficile d'obtenir une valeur précise à partir de nombreuses mesures de longueur et d'inclinaison des pentes pour un même champ. L'information suivante sera utile pour résoudre ce problème.

### DÉFINITIONS

Si on souhaite faire un calcul précis à partir des équations d'estimation de l'érosion, il importe tout d'abord de comprendre comment ces équations définissent la pente d'un champ. Pour toutes les définitions, on suppose que le ruissellement s'écoule perpendiculairement aux courbes de niveau du terrain. L'USLE définit la **longueur d'une pente** comme la distance entre le point d'origine le plus haut de l'écoulement en surface et le point où le dépôt de sédiments commence. C'est la définition traditionnelle de la longueur d'une pente, qui peut servir d'intrant dans les deux équations (USLE et RUSLE2).

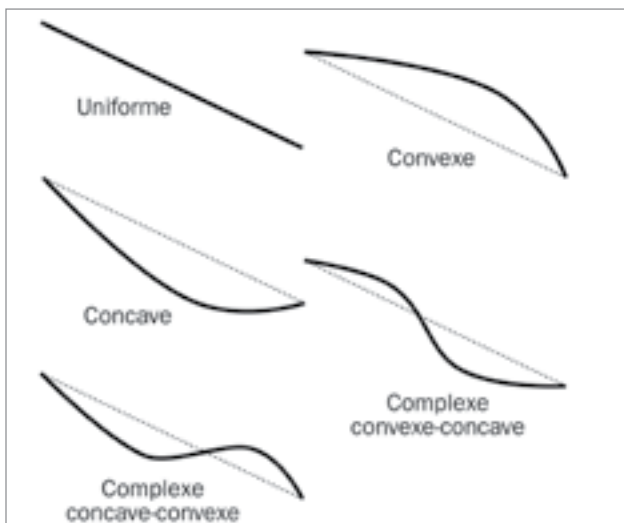
RUSLE2 permet également d'utiliser une description plus complexe de la pente appelée longueur de la voie d'écoulement en surface. La **longueur de la voie d'écoulement en surface** est la distance parcourue par le ruissellement dans un champ entre son point d'origine le plus haut et le point où il donne naissance à un écoulement concentré, comme dans les voies navigables gazonnées et les fossés ouverts.



**Figure 1.** Illustration de la différence entre la longueur de la pente (USLE) et la longueur de la voie d'écoulement en surface (RUSLE2). Source : [USDA-ARS, 2008](#).

La figure 1 illustre la différence entre la définition de la longueur de pente de l'USLE et celle de la longueur de pente de la voie d'écoulement en surface que l'on peut représenter dans RUSLE2. Selon la définition de l'USLE, la longueur de la pente se termine au point où le dépôt de sédiments commence. Dans un champ, le long d'une pente, le dépôt de sédiments commence généralement là où l'inclinaison est égale à la moitié de l'inclinaison moyenne de la pente en amont de ce point.

Normalement, on mesure la pente moyenne en ligne droite (voir la ligne pointillée sur chacun des schémas de la figure 2). Cependant, en réalité, les voies d'écoulement en surface peuvent avoir de nombreuses formes et inclinaisons, comme le montre la figure 2.



**Figure 2.** Types de profils de voies d'écoulement en surface. Source : [USDA-ARS, 2008](#).

RUSLE2 peut partir de la définition de la longueur de pente de l'USLE, mais elle peut aussi prendre en compte plusieurs formes de pente qui peuvent exister sur toute la longueur de la voie d'écoulement en surface, comme on le voit dans la figure 2. Ce calcul peut être plus représentatif de la forme actuelle de toute la voie d'écoulement en surface. Ainsi RUSLE2 peut estimer le taux d'érosion du sol ou de dépôt de sédiments à n'importe quel point le long de la voie d'écoulement en surface; par conséquent elle permet aussi d'estimer la quantité nette de sédiments qui sera déposée au pied d'une voie d'écoulement en surface et qui parviendra dans la zone d'écoulement concentré, que ce soit une rigole, un cours d'eau ou un bassin de sédimentation (voir la figure 3).



**Figure 3.** RUSLE2 peut estimer le taux d'érosion du sol ou de dépôt de sédiments à n'importe quel point le long de la voie d'écoulement en surface pour calculer la quantité nette de sédiments qui sera déposée derrière ce bassin de sédimentation et de rétention des eaux (WASCoB). Source : Office de protection de la nature de la rivière Grand, Ontario.

Pour les planificateurs de gestion des éléments nutritifs en Ontario, il est important de connaître la différence entre les définitions de « pente » et de « voie d'écoulement en surface » de l'USLE/RUSLE2, et les définitions de termes similaires dans le [règlement provincial sur la gestion des éléments nutritifs](#). Le [Règl. de l'Ont. 267/03](#) définit une « voie d'écoulement » dans le par. 1.1 comme suit :

« voie d'écoulement » Relativement à une installation, à un site, à une zone de confinement extérieure, à une zone d'entreposage temporaire ou à un système de bande de végétation filtrante, s'entend d'un chenal de surface ou d'une dépression qui éloigne les liquides de l'installation, du site, de la zone ou du système. »

Cette définition réglementaire met plutôt l'accent sur les « voies d'écoulement » associées aux sites où des matières prescrites, comme le fumier, sont produites ou entreposées. La définition de voie d'écoulement de l'USLE/RUSLE2 est plus vaste que celle du règlement parce qu'elle inclut toute voie d'écoulement dans un champ cultivé où les eaux de pluie ou de fonte s'écoulent ou se ramassent en transportant du sol érodé.

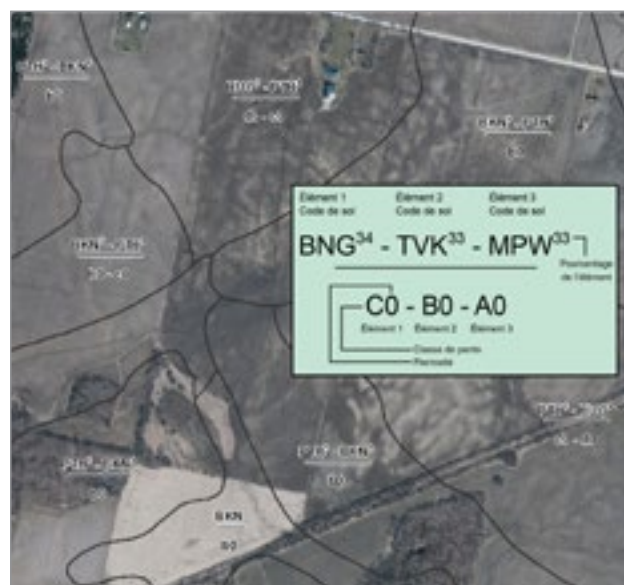
Le règlement sur la gestion des éléments nutritifs mentionne également la **pente soutenue maximale** qui est située à moins de 150 m (492 pi) d'un cours d'eau et la définit comme suit : « Variation de l'élévation entre le haut et le bas d'une pente divisée par la longueur de la pente, exprimée en pourcentage, dans le cas d'une pente d'une longueur minimale de 10 mètres se dirigeant vers une eau de surface ».

Cette définition décrit la pente soutenue maximale comme une pente en ligne droite simple ou « uniforme », comparativement à une forme de pente plus complexe (voir la figure 2). Contrairement à la pente uniforme standard de l'USLE qui finirait au point où commence la sédimentation (figure 1), la pente soutenue maximale est établie en moyenne sur toute la longueur de la voie d'écoulement jusqu'au point où elle atteint l'eau de surface. Une pente uniforme (USLE) ou une pente complexe (RUSLE2) se terminerait par ailleurs au point où la pente rejoint un élément comme une voie navigable ou un fossé temporaire creusé manuellement dans un champ.

### MÉTHODES POUR DÉTERMINER LA PENTE

Il existe divers outils et méthodes de mesure des pentes dans les champs. La méthode la plus simple pour estimer l'inclinaison d'une pente consiste à se procurer un exemplaire du rapport d'analyse des sols du comté où se trouve le champ. Le portail d'information géographique [AgriCartes](#) du ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario (MAAARO) fournit cette même information si une carte imprimée de ces sols n'est pas disponible. La figure 4 montre un extrait d'une carte d'un rapport d'analyse des sols du comté de Middlesex. On peut y voir l'information sur le code de sol, tel qu'indiqué dans AgriCartes. Ce code de

sol comprend un code pour la classe de pente dans le dénominateur du code. L'extrait présenté dans la figure 4 montre où se trouve la classe de pente dans le code de sol. Prenez note qu'un maximum de trois types de sol différents peuvent être identifiés dans un code de sol. Pour l'exemple dans le comté de Middlesex, seulement un ou deux types de sol étaient indiqués dans le code de sol pour chaque polygone de sol. Les classes de pente indiquées dans la plupart des rapports d'analyse des sols de l'Ontario sont définies au tableau 1.



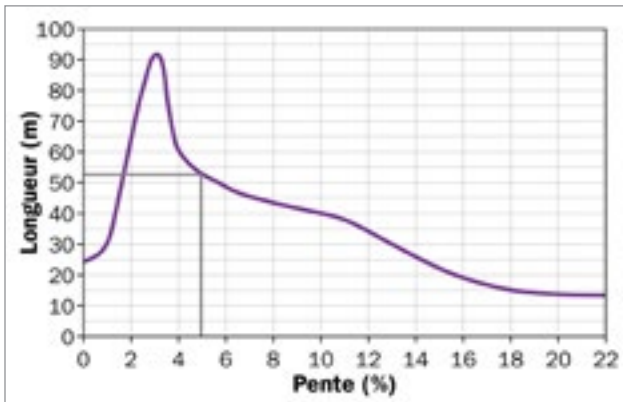
**Figure 4.** Exemple d'une couche de carte pédologique affichée dans AgriCartes qui indique le code de sol. L'extrait montre comment interpréter le code pour déterminer la classe de pente d'éléments du sol dans chaque polygone de sol cartographié.

**Tableau 1.** Classes de pente dans les rapports d'analyse des sols de l'Ontario

Classe	Pente (%)	Description
A	0–0,5	Plat
B, b	0,5–2	Presque plat
C, c	2–5	Très légère pente
D, d	5–9	Légère pente
E, e	9–15	Pente moyenne
F, f	15–30	Forte pente
G, g	30–45	Très forte pente

Il est difficile de déterminer la longueur d'une pente à partir d'une carte pédologique. Les lettres majuscules utilisées pour les classes de pente présentées au tableau 1 permettent de penser que le polygone de sol comporte des pentes de plus de 50 m (160 pi) de longueur. Les lettres minuscules désignent les pentes d'une longueur inférieure à 50 m (160 pi).

Aux États-Unis, les planificateurs en conservation des sols qui mesurent des longueurs et des inclinaisons de pente dans les champs depuis de nombreuses années ont élaboré une méthode fiable de calcul approximatif de la longueur de pente liée à l'USLE à partir d'inclinaisons (gradients) connues. La figure 5 montre la relation qu'ils ont établie entre la longueur de pente maximale et une inclinaison donnée. Dans cet exemple, si on a mesuré une inclinaison de 5 %, on s'attend généralement à trouver une longueur maximale de pente de 53 m (175 pi) avant la formation d'un écoulement concentré. Ceci est la méthode utilisée par défaut dans le logiciel [AgriSuite](#) du MAAARO.

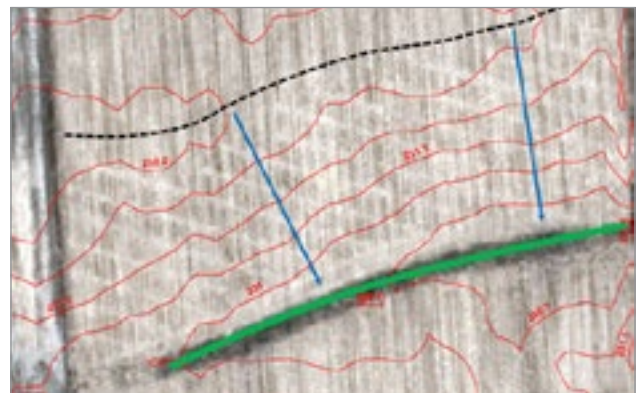


**Figure 5.** Calcul approximatif de la longueur de pente à partir de l'inclinaison pour les applications de l'USLE/RUSLE2.

On peut également calculer la longueur et l'inclinaison des pentes à partir d'une carte topographique détaillée des courbes de niveau du champ. Les cartes des courbes de niveau, ou du moins les points de données utilisés pour produire ces cartes, peuvent provenir de plusieurs sources, par exemple :

- carte de l'installation de drainage souterrain;
- données du modèle altimétrique numérique (MAN), qui peuvent elles-mêmes provenir de diverses sources de données altimétriques, notamment :
  - des outils d'agriculture de précision qui recueillent des données cinématiques en temps réel de positionnement de champ qui sont également exactes dans la direction verticale (Z);
  - des données publiées de modèles altimétriques numériques, comme celles disponibles dans le [CarrefourGéo Ontario](#);
- OU
- des mesures prises directement dans le champ à l'aide d'appareils LIDAR (détection et télémétrie par ondes lumineuses) ou d'équipement d'arpentage à laser traditionnel.

La figure 6 est un exemple de carte de courbes de niveau détaillée d'un secteur de champ préparée à partir de données LIDAR. Les lignes rouges fines sont les courbes de niveau du champ. L'élévation assumée du niveau est indiquée par le chiffre rouge au-dessus de chaque courbe de niveau. Plus les courbes de niveau sont rapprochées l'une de l'autre, plus la pente du champ est inclinée. Pour cet exemple, les niveaux sont à des intervalles de 0,3 m (1 pi).



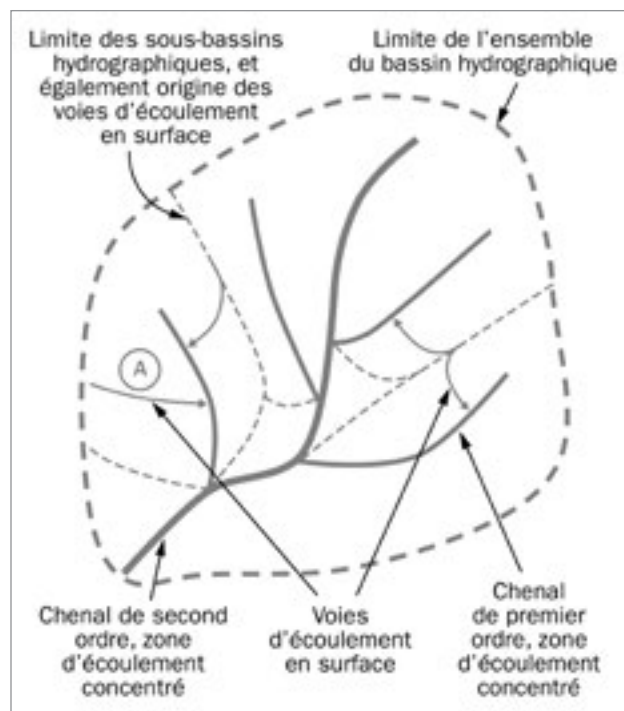
**Figure 6.** Recherche d'information sur les pentes et les inclinaisons sur une carte détaillée des courbes de niveau.



Les lignes vertes épaisses dans la figure 6 représentent les voies d'écoulement concentré – une voie navigable gazonnée dans ce cas-ci vers laquelle se fait le drainage. Les points élevés, ou limites des sous-bassins hydrographiques, sont révélés par la ligne noire en pointillés. Ceci indique le point de départ de la pente. Les flèches bleues sur la carte qui sont à peu près perpendiculaires aux courbes de niveau entre le point de départ et la voie navigable gazonnée représentent les voies d'écoulement en surface. La longueur et l'inclinaison de ces voies d'écoulement peuvent être utilisées comme intrants pour la longueur de pente avec l'USLE/RUSLE2. Dans cet exemple, les lignes bleues mesurent environ 90 m (295 pi) de long et la différence d'élévation entre le haut et le bas de la pente est d'environ  $232,2 - 230,7 = 1,5$  m (5 pi). La pente égale donc  $1,5/90 = 1,7$  %.

On peut aussi calculer la longueur et l'inclinaison d'une pente en prenant des mesures directement sur le terrain lorsqu'on ne dispose d'aucune carte. On peut alors utiliser des outils comme une roue de mesure de distance, un ruban en acier ou en fibre de verre, un compte de pas (pourvu que vous ayez calibré la longueur de vos pas avec une distance connue), un appareil GPS portatif ou un télémètre.

On peut mesurer l'inclinaison de la pente à l'aide d'un niveau Abney portatif ou d'un clinomètre. On peut les acheter en ligne. Le niveau Abney et le clinomètre ont deux échelles : pourcentage et degrés. La pente est calculée, aux fins d'estimation de l'érosion, en utilisant l'échelle de pourcentage. Il existe plusieurs applis gratuites de mesure des pentes pour les téléphones intelligents. Vérifiez bien vos mesures si vous utilisez un tel outil, car il peut être difficile de tenir le téléphone d'une manière qui mesure la pente et fournit une mesure exacte. Quel que soit l'outil de mesure portatif utilisé, établissez bien la hauteur de vos yeux et servez-vous de cette mesure comme d'un point repère au haut ou au bas de la pente mesurée.



**Figure 7.** Identification et sélection des voies d'écoulement en surface. Source : [USDA-ARS, 2008](#).

## OÙ MESURER LA PENTE DU CHAMP

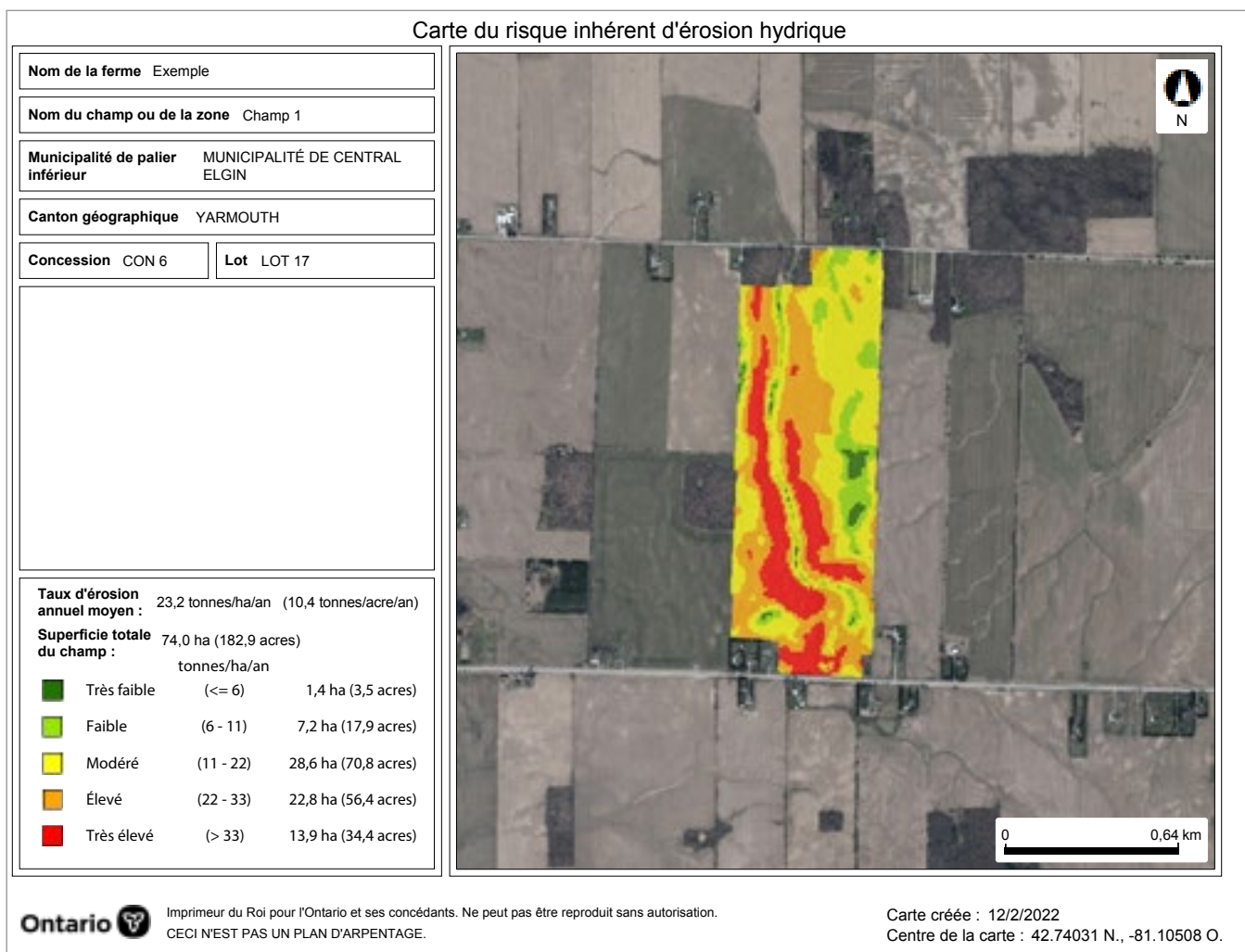
Étant donné la gamme de topographies qu'on peut trouver dans la plupart des champs, il peut être difficile de déterminer quelle pente on doit mesurer ou à partir d'où. Le [Règl. de l'Ont. 267/03](#) exige que la pente soutenue maximale qui est située à moins de 150 m (492 pi) d'une eau de surface soit celle qui est mesurée. Quant à l'estimation de l'érosion du sol liée à l'USLE/RUSLE2, le Natural Resources Conservation Service du ministère de l'Agriculture des États-Unis recommande de choisir le profil de la voie d'écoulement en surface qui reflète la topographie du tiers ou du quart de la partie du champ la plus exposée à l'érosion. La figure 7 illustre ce concept. Dans cette figure, bien qu'on puisse identifier de nombreuses voies d'écoulement, celle qui est désignée par la lettre A représente les voies qui caractérisent une bonne partie du bassin hydrographique à l'intérieur du champ. La longueur et l'inclinaison des zones d'écoulement concentré (chenaux de premier et de second ordre montrés dans la figure 8) ne sont pas considérées comme de bons représentants des pentes du champ en ce qui concerne l'estimation de l'érosion. Ceci est dû au fait que l'USLE et RUSLE2 estiment l'érosion en nappe et en rigoles à partir des pentes et non pas à partir

des taux d'érosion en rigoles provenant des voies d'écoulement concentré. Toutefois, pour ce qui est de la définition du règlement ontarien sur la gestion des éléments nutritifs visant la pente soutenue maximale, ces voies d'écoulement concentré peuvent faire partie de la pente soutenue maximale globale à moins de 150 m (492 pi) de l'eau de surface.

Finalement, pour aider davantage à caractériser la gamme de pentes et de voies d'écoulement présentes dans tout champ dont le sol a été cartographié en Ontario, le MAAARO a élaboré un outil en ligne dans [AgriCartes](#) pour cartographier les risques d'érosion. Cette méthode offre des grilles numériques pour estimer les facteurs de la longueur et de l'inclinaison de pente de l'USLE en se servant de données topographiques disponibles sur des cartes de la province. Vous trouverez cet outil dans la section

« Créer la carte » de l'onglet « Balisage et impression » dans [AgriCartes](#). La figure 8 donne un exemple du type de résultats qui peuvent être obtenus lors de l'estimation du risque d'érosion dans un champ ayant une topographie diverse. La carte montre la variabilité du risque d'érosion hydrique en nappe et en rigoles causée par des changements dans les caractéristiques du sol et la topographie du champ.

Remarquez la voie d'écoulement concentré au centre du champ-échantillon. Bien que cet élément du champ soit probablement vulnérable à l'érosion en rigoles, la carte ne montre pas que cette zone pose un risque élevé d'érosion en nappe et en rigoles. Les pentes plus raides sur le côté montrent toutefois qu'un ruissellement direct vers cette voie d'écoulement centrale peut poser un risque élevé de pertes en terre causées par l'érosion en nappe et en rigoles.



**Figure 8.** Exemple d'une carte du risque d'érosion générée par AgriCartes.

---

## CONCLUSION

La présente fiche technique constitue un guide sur l'utilisation d'outils tels que l'USLE et RUSLE2 :

- pour la définition des pentes;
- pour la détermination de l'emplacement du début et de la fin d'une pente;
- pour la recherche de méthodes de mesure de la longueur et de l'inclinaison des pentes d'un champ.

Cette fiche technique décrit également la différence entre la définition des pentes et des voies d'écoulement de l'USLE/RUSLE2 et celle du règlement ontarien sur la gestion des éléments nutritifs. Même avec beaucoup de pratique et d'expérience, il sera difficile pour deux personnes différentes d'obtenir les mêmes mesures de la longueur et de l'inclinaison d'une pente dans un même champ parce que la topographie d'un champ est complexe. Toutefois, avec de l'expérience et des connaissances, les valeurs choisies par différentes personnes devraient fournir des estimations moyennes à long terme des pertes en terre qui sont comparables. L'outil offert dans [AgriCartes](#) pour calculer le risque d'érosion hydrique peut aider à uniformiser la cartographie du risque d'érosion dans les champs de la province.

## RESSOURCES

United States Department of Agriculture – Agricultural Research Service. 2008. [User's Reference Guide – Revised Universal Soil Loss Equation Version 2](#) (ébauche). Washington D.C.

La version anglaise de la présente fiche technique a été mise à jour par Kevin McKague, ingénieur, qualité de l'eau, MAAARO.