



## Carte du risque d'érosion du sol en Suisse\*

V. PRASUHN, Station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, 8046 Zurich

H. LINIGER, H. HURNI et S. FRIEDLI, Geografisches Institut Universität Bern, Centre for Development and Environment CDE, 3008 Berne

@ E-mail: [volker.prasuhn@art.admin.ch](mailto:volker.prasuhn@art.admin.ch)  
Tél. (+41) 44 37 77 145.

### Introduction

En Suisse, l'érosion du sol est reconnue comme un problème public au moins depuis 1991, après l'étude que Mosimann *et al.* (1991) ont menée dans le cadre du programme national de recherche «Sol». L'érosion du sol entraîne non seulement une diminution à long terme de la fertilité du sol cultivé (fig. 1), mais aussi des effets indésirables hors des terres assolées, comme la charge des eaux en phosphore ou des dégâts aux bâtiments et aux infrastructures. Elle entraîne ainsi des frais à l'économie publique. Afin de réduire ce type d'érosion, des bases légales ont donc été créées, comme l'Ordonnance sur les paiements directs (art. 8 et 9) ou l'Ordonnance sur les atteintes portées aux sols (OSol, art. 6 et annexe 3). Ces bases, réglementées au niveau national, sont plus détaillées en Suisse que dans tous les autres pays européens (Vandekerckhove *et al.*, 2004). Leur application incombe aux cantons qui ont besoin de cet instrument compatible avec la pratique. Comme il n'existe pas de prescriptions communes et juridiquement contraignantes, ou de procédure validée pour toute la Suisse en matière d'érosion, diverses approches cantonales ont été développées. Mais, à l'échelle du pays, le risque d'érosion du sol n'avait pas encore été représenté jusqu'ici sur une carte synoptique à haute résolution, comme l'ont fait tous les pays voisins (Vandekerckhove *et al.*, 2004). L'établissement d'une telle carte était également nécessaire pour servir de base à l'introduction prévue d'un indicateur agro-environnemental «Risque d'érosion» (Daniel *et al.*, 2003).

\*Traduction de l'article «Bodenerosions-Gefährdungskarte der Schweiz» paru dans *Agrarforschung* 14 (3), 2007.

### Résumé

La carte du risque d'érosion du sol présente une vue d'ensemble de ce danger en Suisse, notamment dans les terres assolées. A l'aide de l'équation universelle de la perte de sol (*Universal Soil Loss Equation USLE*) révisée selon Wischmeier, le risque à long terme d'érosion du sol a été calculé à grande échelle sur une grille hectométrique, après avoir adapté ce modèle aux conditions suisses. En admettant que toutes les terres assolées soient labourées, qu'aucune culture dérobée ne soit pratiquée et que le schéma des rotations reste le même qu'aujourd'hui, nous obtenons les résultats suivants: 61% de la surface des terres assolées sont susceptibles de perdre à long terme en moyenne moins de 2 t de sol/ha et par an, ce qui les classe parmi les surfaces peu menacées d'érosion. 22% se situent dans la marge critique entre 2 et 4 t/ha et par an; 17% dépassent le seuil des 4 t/ha et par an et se classent donc comme étant gravement menacées d'érosion. Selon un calcul modélisé dans lequel le labour du sol est entièrement remplacé par le semis direct et les jachères hivernantes par des cultures dérobées, le risque d'érosion du sol se réduit de deux tiers en moyenne.



Fig. 1. L'érosion du sol sur les terres assolées altère la fertilité du sol. Exemple: champ de pommes de terre dans la région de Frienisberg (BE) le 28 avril 2006.

## Le modèle *Universal Soil Loss Equation* (USLE)

A l'aide de l'équation universelle de la perte de sol, la perte de sol moyenne de plusieurs années (A) est calculée à partir du produit des six facteurs d'influence suivants:

A = R\*K\*L\*S\*C\*P, soit

R = érosivité des précipitations

K = érodibilité des sols

L = longueur de pente

S = inclinaison de pente

C = couverture végétale et travail du sol

P = prévention de l'érosion.

## Matériel et méthodes

L'équation universelle de la perte de sol, également appelée *Universal Soil Loss Equation* (USLE, cf. encadré) et révisée selon Wischmeier et Smith (1978), est le modèle d'érosion du sol le plus souvent utilisé au monde (Lafren et Moldenhauer, 2003). Il a été adapté pour être employable en Bavière (*Allgemeine Bodenabtragsgleichung* ABAG, l'équivalent de l'USLE; Schwertmann *et al.*, 1990). Il est également très prisé en Europe centrale, que ce soit sous cette forme ou une adaptation de celle-ci (DIN 19708; Mollenhauer *et al.*, 2006). Il existe donc de nombreux résultats et expériences concernant son application (Deumlich *et al.*, 2006). Le grand avantage de ce modèle empirique, c'est qu'il permet d'obtenir assez facilement les données de base nécessaires et de démontrer l'évolution des risques de pertes de sol en fonction des changements intervenus dans l'utilisation et la gestion des sols.

Dans le cadre d'un travail de diplôme, le risque d'érosion du sol en Suisse a été démontré à l'aide de l'USLE et d'un système d'information géographique SIG (Friedli, 2006). Les calculs ont été réalisés pour toute la surface de la Suisse, pour la surface agricole utile et pour les terres assolées uniquement. Ils ont aussi été représentés sur des cartes pour chaque variante. Nous présentons ici une palette de résultats concernant les terres assolées.

## Résultats et discussion

### Carte numérique des terres assolées

Etant donné qu'il n'existe aucune carte numérique des terres assolées actuellement cultivées en Suisse, il a fallu d'abord en établir une. Selon le relevé des structures agricoles de 2004, les terres assolées présentes en Suisse occupent 400 885 ha, prairies temporaires

incluses. Les données numériques figurant dans la grille hectométrique de la statistique de la superficie 1992/1997 indiquent une surface de 547 754 ha pour les terres assolées et prairies favorables ainsi que 289 375 ha pour le reste des terres assolées et prairies, soit 837 129 ha au total. Finger (2004) a délimité 462 173 ha de terres potentiellement assolables. Il a découpé dans cette surface les terres assolées et les prairies figurant dans la statistique de la superficie. Cette démarche a été réalisée à l'aide de la carte numérique des aptitudes des sols, de la carte numérique des aptitudes climatiques et du modèle numérique de terrain MNT25 en tenant compte de critères topographiques définis, soit une altitude inférieure à 900 m et une déclivité de moins de 20%. Les terres potentiellement assolables ont d'abord servi de base pour délimiter les terres assolées effectivement cultivées. Puis le résultat a été comparé avec les données par district du relevé des structures agricoles 2004 et dûment corrigé. Dans les districts où la surface assolable dépasse celle du relevé des structures agricoles, les hectares en trop ont été éliminés au moyen d'une répartition aléatoire effectuée dans le SIG. Dans les districts présentant un cas de figure inverse, les terres assolées et les prairies inscrites dans la statistique de la superficie ont encore été prises en compte et les hectares en trop ont également été éliminés par le même moyen. Ainsi, la carte suisse des terres assolées qui en résulte n'est qu'une approximation de la répartition

spatiale des terres effectivement cultivées. En raison de la répartition aléatoire et du choix des critères liés au relief et au sol des surfaces assolables, il est possible que l'une ou l'autre grille hectométrique se trouve au mauvais endroit.

### Erosivité des précipitations (facteur R)

Le facteur R décrit le pouvoir érosif (exprimé en newtons/h) de l'impact des gouttes de pluie et peut être estimé à partir des précipitations annuelles moyennes en procédant à une équation de régression. Les hauteurs de précipitations annuelles, extraites de l'Atlas hydrologique de la Suisse, figuraient sur une grille kilométrique. Elles ont été transférées sur une grille hectométrique par interpolation cubique. A la différence du modèle original, une réduction du facteur R a été calculée et prise en compte en procédant à une autre équation de régression du pourcentage de neige contenue dans les précipitations en fonction de l'altitude des régions. Par ailleurs, le facteur R a été augmenté sur la base de la hauteur horaire des pluies ponctuelles extrêmes avec une probabilité de récurrence de 2,3 ans, selon les données de l'Atlas hydrologique de la Suisse. Le facteur R moyen pour les terres assolées en Suisse compte 87 newtons à l'heure. Au niveau des cantons, les moyennes des facteurs R ne varient que faiblement (tabl.1).

**Tableau 1. Valeurs moyennes des facteurs R, K, LS, C et P pour les terres assolées, par canton (uniquement pour les cantons ayant plus de 5000 ha de terres assolées).**

Canton	Facteur R	Facteur K	Facteur LS	Facteur C	Facteur P
Schaffhouse	74	0,32	2,28	0,094	0,88
Argovie	89	0,28	1,90	0,074	0,88
Bâle-Campagne	83	0,34	2,40	0,055	0,88
Zurich	89	0,27	1,51	0,087	0,88
Berne	89	0,34	2,60	0,053	0,88
Vaud	84	0,32	1,30	0,082	0,88
Fribourg	85	0,34	1,46	0,063	0,88
Jura	86	0,33	1,81	0,052	0,88
Thurgovie	81	0,28	1,22	0,085	0,88
Neuchâtel	92	0,26	2,31	0,041	0,88
Soleure	87	0,30	1,45	0,062	0,88
Lucerne	97	0,30	1,70	0,038	0,88
Saint-Gall	104	0,33	0,60	0,068	0,88
Genève	82	0,27	0,61	0,087	0,88

## Erodibilité des sols (facteur K)

L'érodibilité des sols a été extrapolée des données concernant la granulométrie, la pierrosité, la teneur en humus et la perméabilité du sol, données extraites de la carte numérique des aptitudes des sols de la Suisse au 1/200 000. Les valeurs ont été comparées avec celles des cartes du sol disponibles au 1/25 000 et avec des indications bibliographiques. C'est sur cette base que les risques d'érosion ont été répartis en cinq classes, d'entente avec des experts en pédologie. Comme il n'existe aucune carte du sol à haute résolution couvrant toute la superficie de la Suisse, cette classification est assez sommaire. Ainsi, le facteur K est celui qui présente la résolution spatiale la moins bonne de tous les facteurs de ce modèle. Une érodibilité moyenne du sol a été attribuée à la majorité des terres assolées. Les moyennes des facteurs K des cantons ne présentent pas de grandes différences (tab.1).

## Topographie (facteur LS)

L'influence du relief sur l'érosion a été déterminée en fonction des facteurs d'inclinaison (S) et de longueur de pente (L). Le modèle numérique d'alti-

tude MNA100 a servi de base, car une carte hémométrique fondée sur la statistique suisse de la superficie a été choisie comme point de départ. Le facteur LS a été calculé en s'écartant du modèle original de Renard *et al.* (1997), car ce modèle n'est fiable que pour une déclivité allant jusqu'à 18% et il indique des valeurs trop élevées pour des pentes plus raides. Pour la longueur de pente, une valeur globale de 100 m a été supposée, par manque de données numériques couvrant tout le territoire pour des longueurs réelles. Dans les cantons de Berne, Bâle-Campagne, Neuchâtel et Schaffhouse, le nombre de terres assolées situées sur des pentes raides dépasse largement la moyenne, tout comme celui des terres sur terrains plats dans les cantons de Saint-Gall et de Genève (tab.1).

## Couverture végétale et travail du sol (facteur C)

Le facteur C indique la variation relative de la perte de sol sous l'effet d'une pratique culturale définie par rapport à la perte occasionnée sur un sol nu durant plusieurs années, mais dont les autres conditions stationnelles sont identiques. Les forêts et les prairies protègent le sol au mieux et présentent logiquement

des facteurs C peu élevés. Mais comme l'estimation du risque d'érosion du sol portait principalement sur les terres assolées et que les pertes ne sont pas chiffrées de manière fiable pour les diverses intensités d'exploitation des forêts et prairies suisses, on a assigné à ces dernières une valeur globale de 0,003. Pour les terres assolées, le facteur C se calcule normalement pour une rotation, culture dérobée incluse, et compte tenu du procédé de travail du sol.

A défaut de données adéquates à l'échelle de la Suisse, nous avons repris celles du relevé des structures agricoles des années 2002, 2003 et 2004, où les surfaces sont indiquées par commune pour chaque culture principale. Les facteurs C spécifiques au mode cultural de toutes les cultures principales soumises à un travail du sol conventionnel (labour) ont été déterminés en premier lieu. Ensuite, à l'aide d'un procédé additif, un facteur C spécifique aux communes a été calculé pour chacune d'elles en fonction du taux des cultures principales sur les terres assolées. Ce facteur a encore été revu à la hausse ou à la baisse. Il a été augmenté en fonction de la surface maximale de jachères hivernantes estimée sur la base des cultures semées au printemps par commune. Il a été diminué en présence d'une forte proportion de prairies temporaires, car

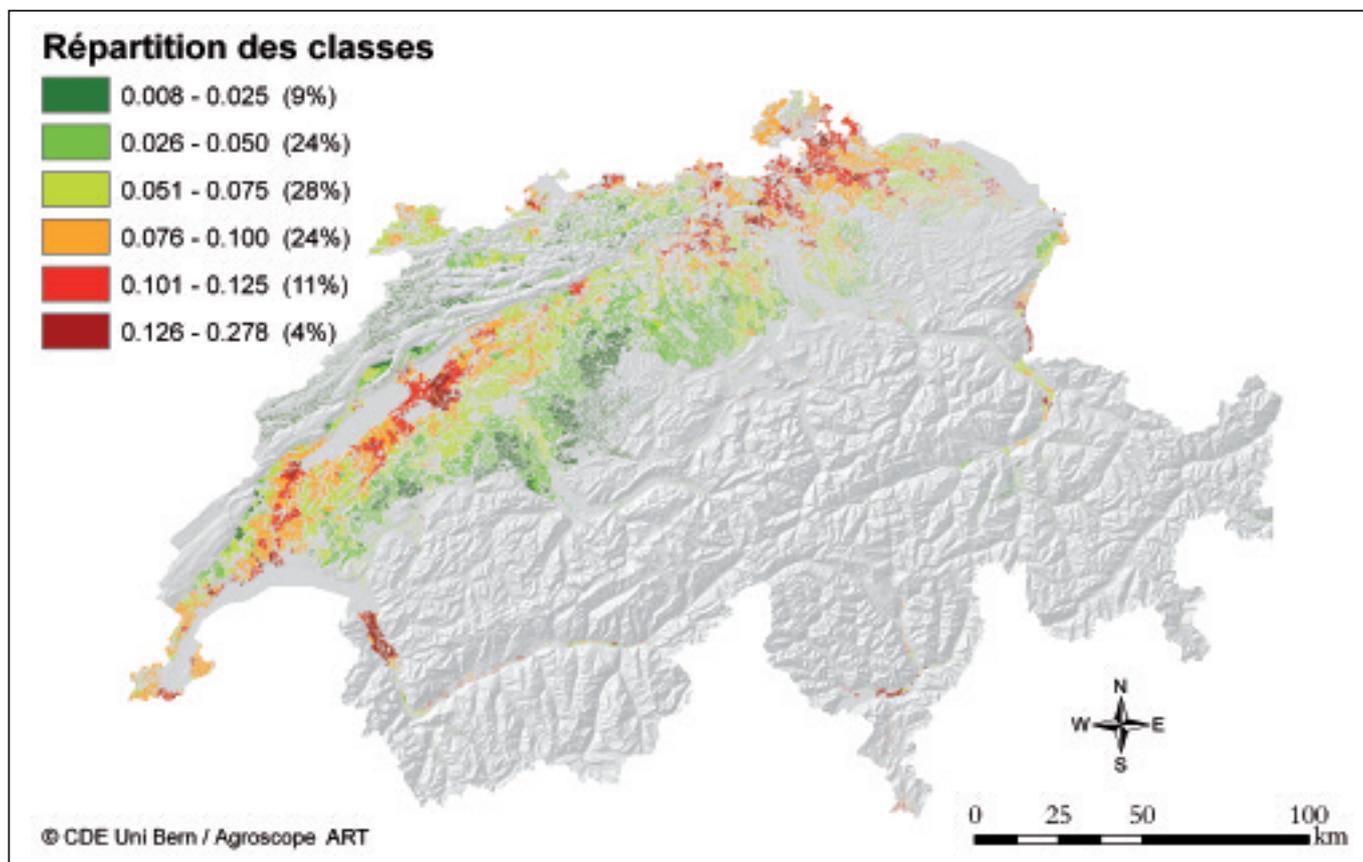


Fig. 2. Carte reflétant la couverture végétale et le travail du sol (facteur C, sans dimension) pour les terres assolées. (Friedli, 2006)

ces dernières ont un effet positif sur le sol au cours des ans (teneur en humus, stabilité des agrégats, activité biologique, etc.). Elles atténuent donc le risque d'érosion du sol lors des cultures suivantes (*Carry-over effect*; Wischmeier et Smith, 1978). Le même facteur C moyen spécifique aux communes a donc été attribué à chaque terre assolée de tel ou tel lieu en admettant que ces terres sont labourées et qu'aucune culture dérobée n'y est pratiquée. Ces facteurs oscillent entre 0,008, ce qui reflète une forte proportion de prairies temporaires, et 0,278, soit une forte proportion de cultures maraîchères et de cultures sarclées. La moyenne est de 0,068. Le Seeland, la vallée de l'Orbe, la vallée du Rhône dans le bassin lémanique ainsi que l'Unterland et le Weinland zurichois présentent des facteurs C élevés. Ces régions sont donc particulièrement exposées au risque d'érosion en raison des cultures pratiquées, abstraction faite du sol et du relief. Les Préalpes et le Jura se caractérisent par des facteurs C peu élevés (fig. 2).

### Prévention de l'érosion (facteur P)

Le facteur P sert à quantifier l'effet protecteur des cultures en bande et des semis le long des courbes de niveau. Par

manque de données numériques couvrant tout le territoire suisse pour les terres assolées, il a fallu reprendre les résultats d'une étude de cas (Prasuhn, 2005) ainsi que des indications bibliographiques (Mollenhauer *et al.*, 2006). Une valeur globale de 0,88 a été utilisée pour toutes les terres assolées car, en Suisse, un grand nombre d'entre elles sont disposées de manière plus ou moins parallèle à la pente ou en diagonale.

### Risque potentiel d'érosion du sol

Le risque potentiel d'érosion du sol est calculé à l'aide des facteurs R, K et LS (fig. 3). Il indique le potentiel de perte maximale de sol dans des conditions écologiques naturelles, sur un terrain dépourvu de végétation et il est généralement dix fois plus élevé que le risque actuel d'érosion du sol. 41% des terres assolées présentent une perte potentielle de sol inférieure à 20 t/ha et par an et sont classées parmi les terres peu menacées d'érosion. Il s'agit principalement de terres situées dans les vallées fluviales et les grandes plaines. 20% inscrivent une perte potentielle de 20 à 40 t/ha et par an et sont donc moyennement menacées. 39% dépassent les 40 t/ha et par an et sont jugées comme gravement menacées. Elles se trouvent

### Ordonnance sur les atteintes portées aux sols (OSol)

Selon l'Ordonnance sur les atteintes portées aux sols (OSol), annexe 3, la valeur indicative pour l'érosion sur les terres assolées est de deux tonnes par hectare et par an pour une épaisseur de sol de 70 cm (où peuvent pousser les racines). Au-delà de cette épaisseur, elle est de quatre tonnes par hectare et par an.

surtout sur les pentes raides des régions préalpines, comme dans l'Emmental ou le pays de Schwarzenbourg ainsi que dans le Jura. Si l'on tient compte de toutes les terres assolées, le risque potentiel d'érosion du sol est de 48,5 t/ha et par an en moyenne.

### Risque actuel d'érosion du sol

Le risque actuel d'érosion du sol s'obtient en compensant les valeurs du risque potentiel par celles des facteurs C et P. Actuellement, 61% des terres assolées présentent à long terme une perte

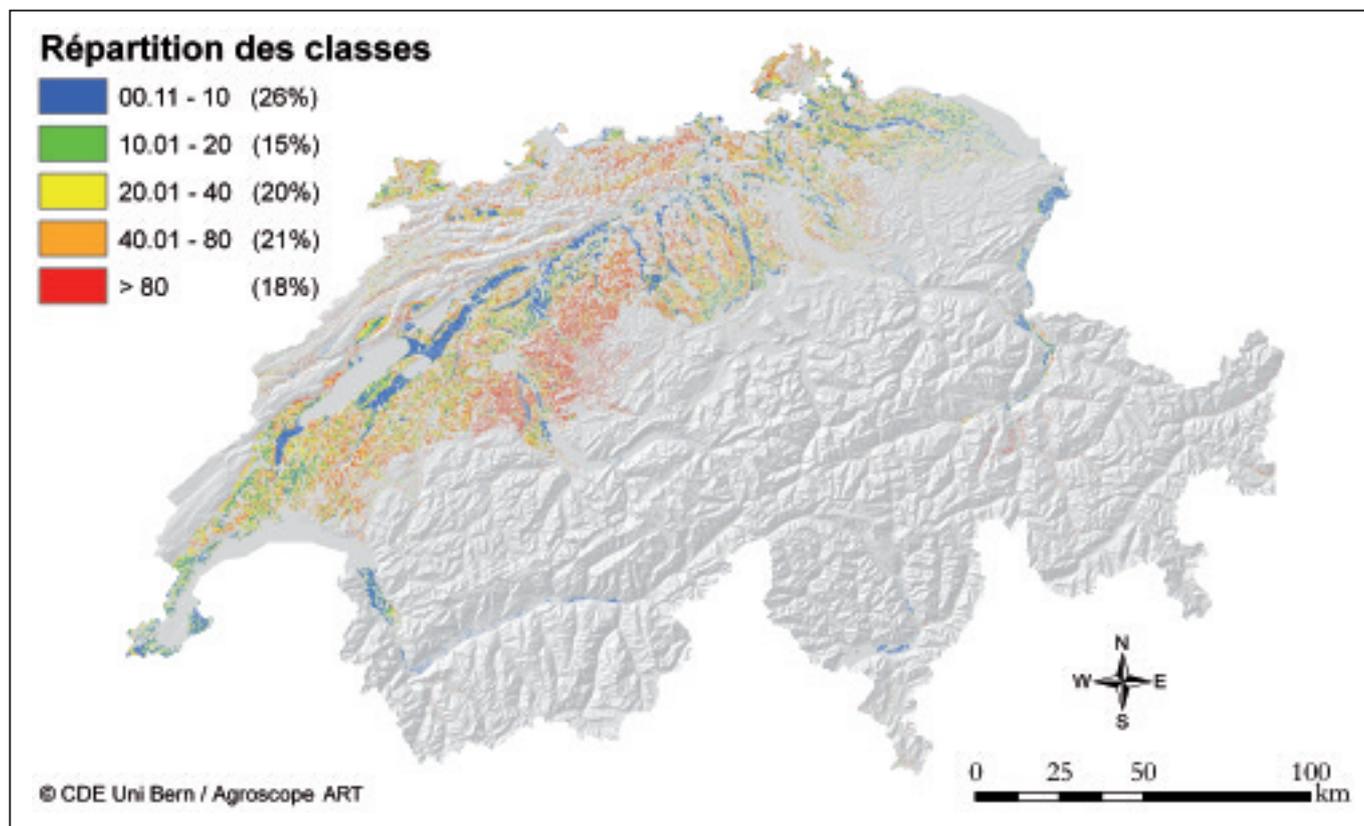


Fig. 3. Carte du **risque potentiel** d'érosion du sol des terres assolées, en tonnes par hectare et par an. (Friedli, 2006)

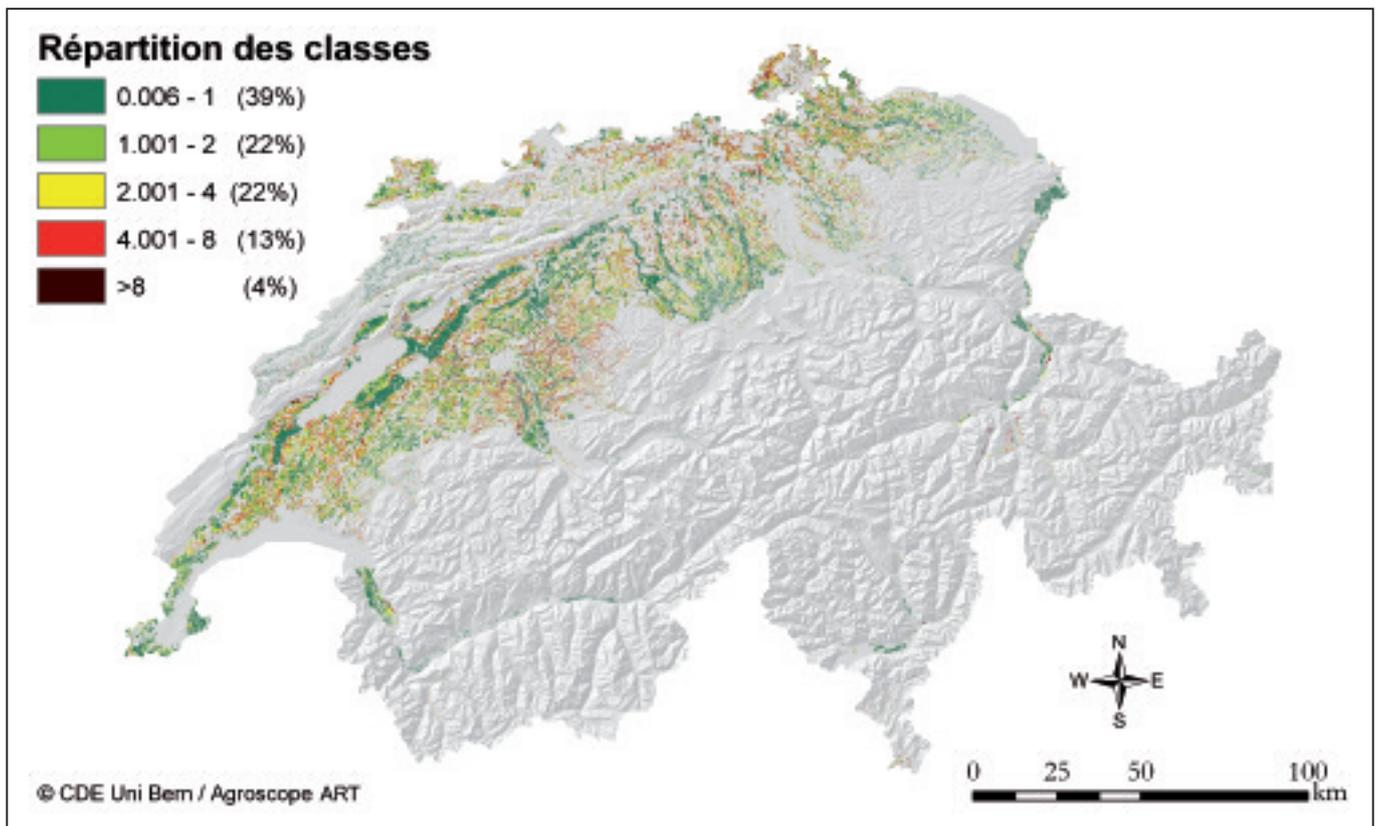


Fig. 4. Carte du **risque actuel** d'érosion du sol des terres assolées, en tonnes par hectare et par an. (Friedli, 2006)

moyenne de sol inférieure à deux tonnes par hectare et par an. Ce résultat les classe parmi les surfaces peu menacées d'érosion, si l'on considère les valeurs indicatives données pour l'érosion du sol dans l'OSol (voir encadré). 22% sont dans la marge critique, soit entre deux et quatre tonnes par hectare et par an; 17% dépassent dans chaque cas les valeurs indicatives de l'OSol et sont classées parmi les terres gravement menacées d'érosion (fig. 4). Dans presque tous les cantons se trouvent des terres assolées exposées à un haut risque d'érosion, souvent situées en bordure des zones de collines. On ne distingue pas de grandes régions où ce risque se concentre nettement. La perte actuelle de sol pour l'ensemble des terres assolées en Suisse est de 2,1 t/ha et par an en moyenne, soit 840 000 tonnes au total.

### Scénarios semis direct et culture dérobée

Les facteurs C ont été calculés dans un scénario simulant le remplacement de toutes les jachères hivernantes par des cultures dérobées. Cette solution réduirait le facteur C de 9% en moyenne. A cela s'est ajouté, dans un autre scénario, un remplacement intégral du labour

par le semis direct, tout en maintenant les mêmes rotations et proportions de cultures. Il en résulterait une réduction massive du facteur C, soit 70% en moyenne. Dans ce cas, la perte de sol des terres assolées en Suisse serait réduite de 60% et tomberait à 0,84 t/ha et par an, ou à 336 220 t par an pour l'ensemble des terres assolées (fig. 5).

### Perte de sol au niveau des cantons

Si l'on interprète les résultats des calculs modélisés au niveau des cantons, des différences apparaissent (tabl.1 et 2): Berne, Bâle-Campagne, Neuchâtel, Lucerne, Argovie et Schaffhouse présentent un haut risque potentiel d'érosion



Fig. 5. Le semis direct dans une culture dérobée protège au mieux le sol contre l'érosion. Exemple: culture de betterave sucrière semée dans de la moutarde blanche dans la région de Frienisberg (BE) le 16 mai 2003.

**Tableau 2. Valeurs moyennes modélisées des pertes de sol potentielles et actuelles des terres assolées, par canton (uniquement pour les cantons ayant plus de 5000 ha de terres assolées).**

Canton	Terres assolées (modélisées) (ha)	Perte de sol potentielle (t/ha/an)	Perte de sol actuelle (t/an)	Perte de sol actuelle (t/ha/an)
Schaffhouse	8954	51	36 186	4,04
Argovie	36 223	51	105 998	2,92
Bâle-Campagne	8834	68	25 235	2,86
Zurich	37 925	37	98 993	2,61
Berne	86 970	85	219 595	2,52
Vaud	71 106	35	164 979	2,32
Fribourg	36 233	44	75 459	2,08
Jura	17 152	50	35 215	2,05
Thurgovie	21 803	27	43 624	2,00
Neuchâtel	8368	60	16 371	1,96
Soleure	15 402	39	28 373	1,84
Lucerne	25 019	52	40 652	1,62
Saint-Gall	7229	19	7800	1,08
Genève	6978	14	7152	1,02

du sol – dépassant la moyenne – car beaucoup de leurs terres assolées se trouvent sur des pentes très inclinées. A l'inverse, ce risque est inférieur à la moyenne dans les cantons de Genève, Saint-Gall et Thurgovie, la plupart des terres assolées de ces régions étant situées sur des terrains plats. Concernant le risque actuel d'érosion du sol, le canton de Schaffhouse est nettement le plus menacé, devant les cantons d'Argovie, de Bâle-Campagne, de Zurich et de Berne. Schaffhouse compte la plus petite part de prairies temporaires et contient beaucoup de terres assolées en pente. Dans les cantons d'Argovie et de Zurich, la part de prairies temporaires est également faible tandis qu'elle est considérable à Bâle-Campagne et Berne. Cependant, dans ces deux cantons, le grand nombre de terres assolées en pente raide contribue à élever le risque actuel d'érosion du sol. D'après les calculs, ce risque est faible dans les cantons de Genève, Saint-Gall, Lucerne, Soleure et Neuchâtel. Ces derniers comptent beaucoup de terres assolées sur des terrains plats et une part relativement élevée de prairies temporaires. De grandes différences régionales s'inscrivent à l'intérieur des cantons; même dans ceux où le risque d'érosion est faible, certaines surfaces sont gravement menacées. D'après une évaluation faite au niveau des districts, 27 des 183 districts, ou 15%, enregistraient en 2003, année de base, une perte de sol moyenne supérieure à quatre tonnes

par hectare et par an, ceci les classant dans les districts gravement menacés d'érosion.

## Eloquence des résultats

Avec le scénario supposant que toutes les terres assolées sont labourées et que les jachères hivernantes remplacent les cultures dérobées, les valeurs obtenues sont trop élevées. Car en pratique, le semis sous litière, le semis sur bandes fraisées ou le semis direct font aussi partie des travaux de conservation du sol et des cultures dérobées sont également mises en place. Cette surestimation s'observe dans toutes les appréciations. Par ailleurs, il faut tenir compte du fait qu'avec l'approche du modèle USLE, l'érosion tend à être surévaluée pour des pertes de sol inférieures à dix tonnes par hectare et par an. En outre, ce modèle permet principalement de relever une érosion étendue, tandis que les formes d'érosion linéaire ne sont calculables que dans une mesure limitée (Prasuhn, 2005). Comme nous l'avons évoqué au début, la présente carte offre une vue d'ensemble à l'échelle nationale surtout et indique des régions où le sol est menacé d'érosion. Les valeurs absolues de la perte de sol doivent être utilisées avec la plus grande prudence tout en sachant qu'elles sont trop élevées pour les raisons énoncées ci-dessus. A l'échelle de la Suisse en revanche, les valeurs relatives reflètent la

situation de manière fiable. Pour appliquer les bases légales, d'autres instruments doivent être utilisés pour les cas particuliers, comme la clé d'appréciation du risque d'érosion (Mosimann et Rüttimann, 1999) ou la carte des dégâts dus à l'érosion (Prasuhn, 2005).

Bien que les calculs aient été réalisés et soient présentés dans une grille hectométrique, les résultats ne sauraient être considérés à cette échelle. Car, d'une part, cette grille ne contient pas toutes les données et, d'autre part, elle représente une valeur artificielle qui ne correspond pas aux valeurs réelles des terres assolées.

En établissant une carte cantonale des risques d'érosion du sol, certains cantons comme Soleure, Lucerne et Genève ont franchi un premier pas vers l'application des bases légales. La carte synoptique nationale présentée ici peut servir de base à d'autres cantons qui désirent établir leur propre carte ou cerner des zones particulièrement menacées.

D'après la comparaison établie avec les calculs détaillés des modélisations réalisées dans la région de Frienisberg (Prasuhn, 2005) et avec les cartes du risque d'érosion du sol dans les cantons de Genève et de Lucerne, nous admettons que les calculs sont plausibles (Friedli, 2006). Toutefois, les possibilités de vérification étant limitées, il est difficile d'évaluer le degré de précision de la carte établie pour les Préalpes, le Tessin ou la Suisse orientale à l'aide d'une extrapolation des facteurs d'influence du Plateau central.

## Conclusions

- D'après les calculs modélisés, 17% des terres assolées subissent une perte de sol supérieure à quatre tonnes par hectare et par an et sont donc à considérer comme étant gravement menacées d'érosion; 22% se situent dans la marge critique entre deux et quatre tonnes par hectare et par an; 61% inscrivent des pertes de sol inférieures à deux tonnes par hectare et par an.
- Les valeurs absolues de ces pertes tendent à être trop élevées en raison du modèle utilisé, mais les différences relatives sont considérées comme fiables.
- Si l'on remplace le labour par le semis direct et les jachères hivernantes par des cultures dérobées, le risque d'érosion se réduit de deux tiers en moyenne.

- La répartition spatiale des pertes est très hétérogène dans les régions où se trouve la majeure partie des terres assolées, exception faite des zones où ces terres se concentrent au même endroit.
- La carte du risque d'érosion du sol fournit une vue d'ensemble à l'échelle nationale et peut servir de base aux cantons désireux d'établir des cartes détaillées ou d'approfondir l'étude de zones particulièrement menacées. Elle n'est cependant pas appropriée à une utilisation directe pour l'application des bases légales.

## Bibliographie

- Daniel O., Desaulles A., Flisch R., Gaillard G., Herzog F., Hofer G., Jeanneret P., Nemecek T., Oberholzer H., Prasuhn V., Ramsauer M., Richner W., Schüpbach B., Spiess E., Vonarburg U.P., Walter T. & Weisskopf P., 2003. Agrarumweltindikatoren – Machbarkeitsstudie für die Umsetzung in der Schweiz. *Schriftenreihe der FAL* 47, Zurich-Reckenholz, 68 p.
- Deumlich D., Funk R., Frielinghaus M., Schmidt W.-A. & Nitzsche O., 2006. Basics of effective erosion control in German agriculture. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 169 (3), 370-381.
- DIN 19708, 2005. Bodenbeschaffenheit – Ermittlung der Erosionsgefährdung von Böden durch Wasser mit Hilfe der ABAG. Normenausschuss Wasserwesen im DIN, Beuth Verlag, Berlin, 25 p.
- Finger A., 2004. Ackerland, ackerfähige Böden – GIS-Auswertung auf Basis von digitalen Polygon- und Punktdaten. Bundesamt für Statistik, 17 p. (non publié).
- Friedli S., 2006. Digitale Bodenerosionsgefährdungskarte der Schweiz im Hektarraster – unter besonderer Berücksichtigung des Ackerlandes. Diplomarbeit Geogr. Inst. Univ. Bern und Agroscope FAL Reckenholz, 110 p.
- Lafren J. M. & Moldenhauer W. C., 2003. Pioneering soil erosion prediction: the USLE story. World Association of Soil and Water Conservation (WASWC), Special Publication n° 1, 54 p.
- Mollenhauer K., Feldwisch N., Scholten T. & Scholz K., 2006. Bodenerosion durch Wasser. Bewertungsmethodik und Instrumente der deutschen Bundesländer. BVB-Materialien 14, Erich Schmidt Verlag, Berlin, 151 p.
- Mosimann T. & Rüttimann M., 1999. Bodenerosion selber abschätzen. Ein Schlüssel für Betriebsleiter und Berater. Ackerbaugebiete des zentralen Mittellandes. Aarau, Bern, Luzern und Solothurn, 36 p.
- Mosimann T., Crole-Rees A., Maillard A., Neyroud J.-A., Thöni M., Musy A. & Rohr W., 1990. Bodenerosion im Schweizerischen Mittelland. Ausmass und Gegenmassnahmen. Bericht 51 des Nationalen Forschungsprogrammes «Nutzung des Bodens in der Schweiz», Liebefeld-Bern, 262 p.
- Prasuhn V., 2005. Phosphorbelastung der Oberflächengewässer durch Erosion. *Schriftenreihe der FAL* 57, Zurich-Reckenholz, 108-119.
- Renard K. G., Foster G. R., Weesies G. A., McCool D. K. & Yoder D. C., 1997. Predicting soil erosion by water – A guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). Agriculture Hand-

## Zusammenfassung

### Bodenerosions-Gefährdungskarte der Schweiz

Die Bodenerosions-Gefährdungskarte gibt einen nationalen Überblick über das Abtragsrisiko der Schweizer Böden und vor allem für die Ackerböden. Mit Hilfe einer angepassten Version des empirischen Erosionsmodells *Universal Soil Loss Equation* (USLE) wurde die langfristige Bodenerosionsgefährdung flächendeckend im Hektarraster berechnet. Unter der Annahme, dass alle Ackerflächen mit dem Pflug bearbeitet und keine Zwischenfrüchte angebaut werden, weisen bei heutiger Fruchtfolgegestaltung 61% aller Ackerflächen einen langjährigen mittleren Bodenabtrag von unter zwei Tonnen pro Hektare und Jahr auf und sind damit als wenig erosionsgefährdet einzustufen. 22% liegen im kritischen Bereich zwischen zwei und vier Tonnen pro Hektare und Jahr, 17% sind mit mehr als vier Tonnen pro Hektare und Jahr als stark erosionsgefährdet zu bezeichnen. In einer Szenario-Berechnung, bei der die Bodenbearbeitung mit dem Pflug durch Direktsaat sowie Winterbrache durch Zwischenkulturanbau flächendeckend ersetzt werden, reduziert sich das Bodenerosionsrisiko im Durchschnitt um rund zwei Drittel.

## Summary

### Map of Soil Erosion Risk in Switzerland

The Soil Erosion Risk Map gives a national overview on the erosion risk of Swiss soils, particularly for arable land. With the help of an adapted version of the empirical erosion model USLE (Universal Soil Loss Equation), the long-term soil erosion risk was calculated all over the country in a hectare grid. Under the assumption that within the current crop rotation all arable land is ploughed and no cover crops are cultivated, long-term average soil loss is less than 2 t/ha and year on 61% of all arable land, and may be classified as low erosion risk. 22% are in the critical range between 2 and 4 t/ha and year, and 17% with more than 4 t/ha and year may be described as having a high risk of erosion. In a scenario calculation in which ploughing is replaced by no-tillage and winter fallow by cover crops on all arable land, the risk of soil erosion is reduced on average by about two thirds.

**Key words:** soil erosion, map of soil erosion risk, USLE, no-tillage.

## Riassunto

### Carta del rischio d'erosione del suolo in Svizzera

La carta del rischio d'erosione del suolo offre una visione d'insieme sul pericolo di perdita di suolo in Svizzera, segnatamente di terreni campicoli. Applicando l'equazione denominata USLE (Universal Soil Loss Equation), un modello parametrico su base empirica adattato per l'occasione alle condizioni svizzere, è stato stimato il rischio a lungo termine d'erosione del suolo su grande scala su una griglia ettometrica. Ammettendo che tutti i terreni campicoli siano arati, che non vengano coltivate colture intercalari e che l'avvicendamento delle colture non subisca cambiamenti rispetto alla situazione attuale, si ottengono i risultati seguenti: il 61 per cento della superficie campicola presenta, a lungo termine, una perdita media di suolo inferiore a 2 tonnellate l'ettaro all'anno e pertanto viene classificato come superficie a basso rischio di erosione. Il 22 per cento si situa nel margine critico compreso tra 2 e 4 tonnellate l'ettaro all'anno. Infine il 17 per cento supera la soglia delle 4 tonnellate l'ettaro all'anno e viene classificato come superficie ad elevato rischio d'erosione. Secondo un calcolo di scenario dove l'aratura del suolo è interamente sostituita dalla semina diretta e il maggese invernale dalle colture intercalari, il rischio di erosione del suolo diminuisce, in media, di due terzi.

book n° 703, U.S. Department of Agriculture, Washington D. C., 384 p.

Schwertmann U., Vogl W. & Kainz M., 1990. Bodenerosion durch Wasser: Vorhersage des Abtrags und Bewertung von Gegenmassnahmen. Ulmer, Stuttgart, 64 p.

Vandekerckhove L., Arnoldussen A., Bazzoffi P., Böken H., Castillo V., Crescimanno G., Düwel O., Esteve J. F., Imeson A., Jarman R., Jones R., Kobza J., Lane M., Le Bissonnais Y., Loj G., Owens P. N., Øygarden L., Mol-

lenhauer K., Prasuhn V., Redfern P., Sánchez Díaz J., Strauss P. & Úveges Berényi J., 2004. Monitoring soil erosion in Europe. In: Reports of the Technical Working Groups Established under the Thematic Strategy for Soil Protection (Ed. Van-Camp *et al.*). EUR 21319 EN/2, Luxembourg, 297-309.

Wischmeier W. H. & Smith D. D., 1978. Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning. Agriculture Handbook n° 537, U.S. Department of Agriculture, Washington D.C., 58 p.