

CARTOGRAPHIE DES RISQUES ÉROSIFS DANS UN BASSIN VERSANT AGRICOLE DU NORD-EST DE LA FRANCE

Lionel Mabit ¹, Claude Bernard ², Marc R. Laverdière ³ et Stanislas Wicherek ¹

1 : Centre de Biogéographie-Ecologie, CNRS UMR 180, ENS Fontenay-Saint-Cloud (France)

2 : MAPAQ, Centre de recherche et d'expérimentation en sols, Sainte-Foy, Québec (Canada)

3 : Université Laval, Département des Sols, Sainte-Foy, Québec (Canada)

RÉSUMÉ

L'érosion hydrique est une des causes essentielles de la dégradation des sols agricoles mondiaux. De nombreuses études ont été engagées à l'échelle de la parcelle ou du bassin versant grâce aux méthodes traditionnelles de mesure de charge sédimentaire, mais les variabilités climatiques imposent des résultats sur une dizaine d'années. Dès le début des années 1960, des chercheurs anglo-saxons ont proposé de mesurer l'érosion hydrique des sols par des radio-traceurs. De tous les isotopes testés, seul le Césium-137 se révéla utilisable pour cet objectif. Le ¹³⁷Cs, de par ses multiples prédispositions (propriétés et comportement environnemental), est particulièrement bien adapté pour inventorier l'état de dégradation des sols par l'érosion hydrique. Cette méthode a été utilisée sur un bassin versant français, situé dans le Soissonnais, pour la cartographie des risques érosifs. Les principaux résultats sont ici sommairement présentés.

MOTS-CLÉS : Erosion hydrique, Césium-137 (¹³⁷Cs), Cartographie des risques érosifs

ABSTRACT

Water erosion is one the majour source of soil degradation in the world. Many studies have been done at scales ranging from plots to watersheds, using solid flow measurements. These studies have to be carried for some 10 years to integrate the natural variability of climate. In the early 1960's, some researchers put forward the idea of using radioactive tracers to measure soil erosion. Among all the isotopes proposed, Caesium-137 turned out to the the most appropriate for soil erosion studies. The technique was used to investigate erosive movements in a small watershed located in the Soissonnais (France). The major results are presented.

KEY WORDS : Water erosion, Caesium-137 (¹³⁷Cs), Mapping of erosion risks

INTRODUCTION

La conservation des ressources hydriques et pédologiques est devenue une préoccupation environnementale mondiale majeure. Depuis quelques décennies, l'érosion s'est intensifiée en Europe de l'ouest. La partie septentrionale du bassin parisien n'est pas épargnée. L'accentuation de l'érosion hydrique dans les régions de grandes cultures du nord de la France a augmenté les pertes de terre arable et vraisemblablement provoqué une baisse notable de leur fertilité. Un cortège de conséquences résulte de ce fait en aval, comme la dégradation de la qualité des eaux, des inondations et des coulées de boue engendrant des dégâts spectaculaires. La cartographie des dégâts relevant de l'érosion des terres de grandes cultures est difficile à réaliser à l'échelle scalaire supérieure de la parcelle (Veyret et Wicherek, 1992). Si les relevés de terrain permettent de cartographier les manifestations ponctuelles de l'érosion (rigoles, griffures, ravines), ils ne permettent pas d'intégrer les lents décapages affectant les surfaces sub-horizontales (érosion en nappe). Si ces observations, qui demandent un suivi fréquent sur le terrain, sont très intéressantes pour la compréhension des phénomènes, elles ne sont représentatives que d'une période donnée. De plus, les traces érosives sont éphémères et en grande partie effaçables par les labours (Schwing et Vogt, 1980).

Dès le début des années 1990, les auteurs ont développé en France l'utilisation d'un radio-traceur : le ^{137}Cs , pour quantifier et spatialiser les processus érosifs des sols des régions de grandes cultures, en zones tempérées, à l'échelle du bassin versant élémentaire (Wicherek et al., 1993 ; Wicherek et Bernard, 1995). Le repérage des zones à risques au sein d'un bassin versant, constitue la première étape d'une politique de prévention. Par la suite, après diagnostic, il est possible de lutter efficacement contre les pertes en terre, les pollutions diffuses et autres conséquences associées par les mesures agro-environnementales existantes.

I - MATÉRIELS ET MÉTHODE

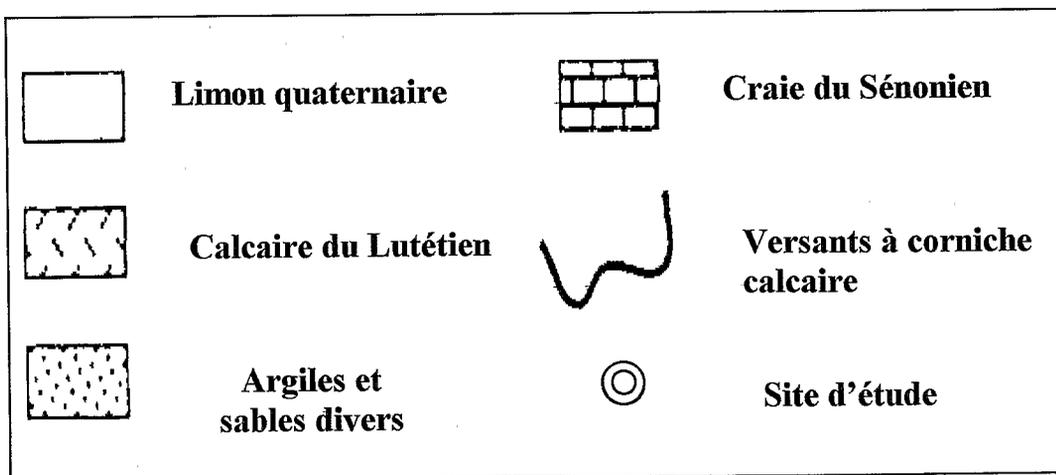
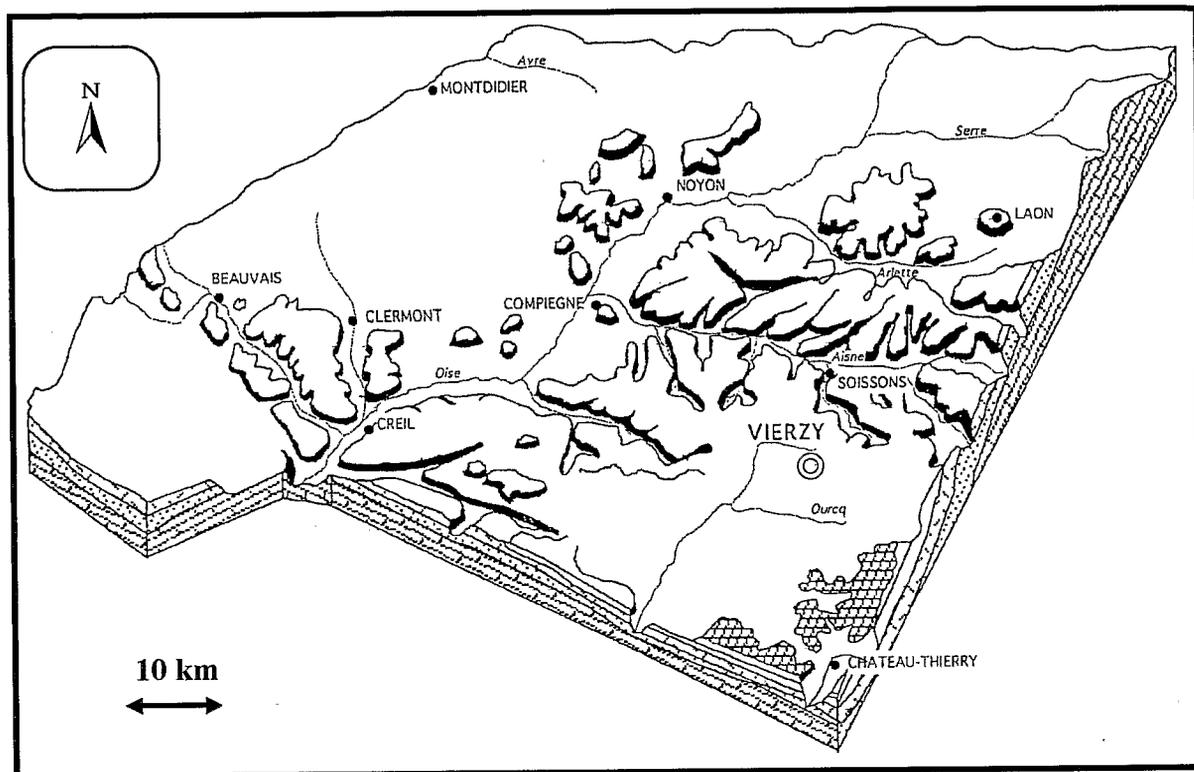
1) Présentation du site d'étude

Le site d'étude se localise au sein des grands plateaux limoneux du nord-est de la France (Figure 1). Situé en Picardie, dans le Soissonnais, en amont du petit village de Vierzy (49° 17' Nord - 3° 18' Est), il s'incère dans un paysage agricole de type openfield. Ce site expérimental de dimension réduite (180 ha) et au relief peu marqué (pente de 1-5%), est intensivement cultivé (blés, betteraves à sucre, pommes de terre). Ce bassin versant à talweg sec est soumis à des conditions climatiques plutôt clémentes. Les précipitations annuelles moyennes sont de 700 mm. Les sols, constitués essentiellement par des limons moyens à faible taux de matière organique (~1.4%), sont particulièrement sensibles à la battance et donc à l'érosion hydrique, en raison de leur faible stabilité structurale.

En 1995, suite à de violents orages et à de mauvais aménagements cultureux de ce bassin versant, des coulées boueuses importantes ont atteint le village en aval, situé en fond de vallée, occasionnant des dégâts matériels substantiels. L'importance des sorties à l'exutoire ramenée à l'échelle du site étudié, lors de ces divers événements catastrophiques, ont été estimées à plusieurs tonnes par hectare (Angeliaume, 1996). Des phénomènes antérieurs similaires se sont aussi déroulés en 1968 et en 1988.

Figure 1 : Localisation du site d'étude

(d'après Regrain *in* Estienne *et al.*, 1980)



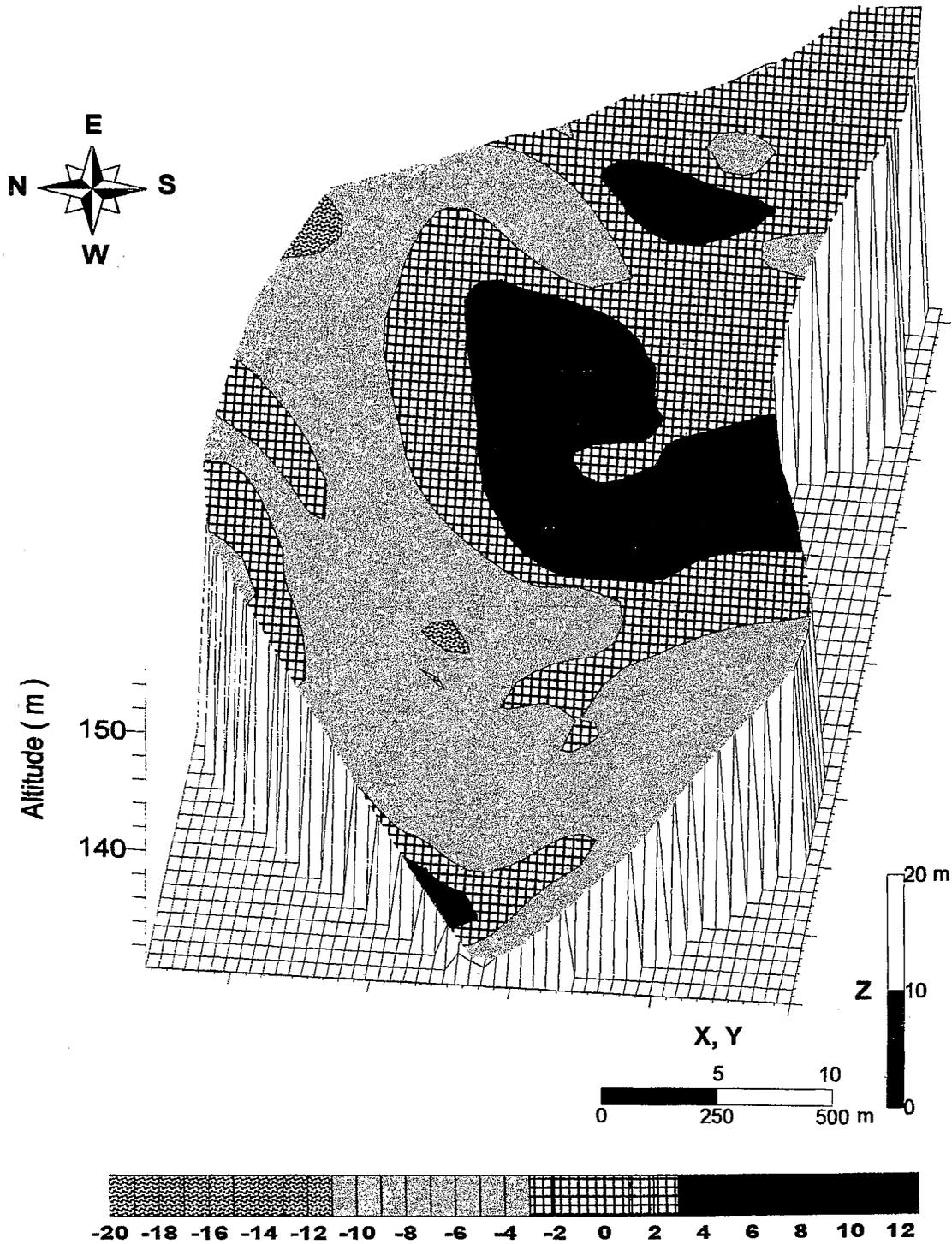
2) Le Césium-137 : un outil pour cartographier l'érosion des sols

L'utilisation du ^{137}Cs a vraiment débuté au début des années 1970. Il fut usité par plusieurs chercheurs à travers le monde entier, sous diverses conditions agro-climatiques (Bernard et Laverdière, 1992 ; Ritchie et McHenry, 1990). Le ^{137}Cs est l'un des nombreux radio-isotopes introduits artificiellement par l'homme dans l'environnement terrestre, au travers des essais nucléaires atmosphériques. Les précipitations ont réparti mondialement les retombées de ce radio-élément. Au sol, le Césium est rapidement et fortement adsorbé par les particules fines comme les argiles. Lors de la décomposition de la végétation, le Césium éventuellement absorbé, est libéré dans les sols (Ritchie et McHenry, 1990). Ce radio-isotope répond entre autres à deux impératifs comportementaux dans l'environnement pour son utilisation comme indicateur d'érosion : premièrement, il n'est pas ou peu mobilisable par les processus biologiques d'absorption, et deuxièmement sa redistribution spatiale se fait uniquement par des processus physiques (Bernard et al., 1992 ; Wicherek, 1997).

Les auteurs ont utilisé cet outil car il s'agit d'un bon traceur radioactif pour les processus érosifs à moyen terme (demi-vie de 30 ans). L'érosion, par la méthode du ^{137}Cs est estimée à travers la comparaison de l'activité en ^{137}Cs d'un site cultivé et celle d'un site témoin non érodé, la perte en sol étant proportionnelle à la réduction de la teneur des sols en ^{137}Cs (Bernard et al., 1995). En situation d'érosion, l'activité totale en ^{137}Cs est plus faible que dans le site témoin, en raison des pertes de sol. Une zone de redéposition s'identifie par une activité en ^{137}Cs supérieure à celle des sites témoins, et par la présence de radio-césium en quantité significative, à des profondeurs plus importantes que la profondeur normale de labour.

Pour cartographier les risques érosifs à l'échelle du site d'étude, les auteurs ont procédé à une "stratégie d'échantillonnage raisonnée", utilisée couramment pour la cartographie des sondages pédologiques (Baize et Jabiol, 1995). Près de 100 prélèvements ont été réalisés, dont 13 à l'extérieur du bassin versant, localisés à proximité du lieu d'étude, dans de vieilles prairies planes, non cultivées depuis les premiers essais nucléaires, zones considérées sans érosion ni dépôt. L'activité du ^{137}Cs est utilisée à ces emplacements de contrôle ($2000 \pm 200 \text{ Bq/m}^2$) afin de comparer les différents échantillons, de façon à estimer l'érosion ou les dépôts dont ils ont été victimes ou bénéficiaires. Par la suite, les échantillons de sol ont été séchés, puis tamisés à 2 mm. La fraction fine est alors analysée par spectroscopie gamma pour quantifier sa teneur en ^{137}Cs . La mesure de l'activité en ^{137}Cs par spectroscopie gamma est facilitée par l'émission, de la part de cet élément, d'un fort rayon gamma facilement détectable (662 keV). L'utilisation d'une équation proposée par Kachanoski (1993) a permis de convertir en terme de mouvements des sols les variations d'activité des sols en ^{137}Cs . Cette équation prend en compte la dilution, par les façons culturales, des concentrations de ^{137}Cs dans la couche labourée, ainsi que l'enrichissement en isotope du sol érodé par rapport au sol en place. Les valeurs ponctuelles des mouvements des sols en tonne/hectare/an ont été spatialisées par krigeage pour l'ensemble du site d'étude (Figure 2).

Figure 2 : Estimation des mouvements des sols du bassin versant de Vierzy à partir du ^{137}Cs



Mouvements des sols en tonne / hectare / an

II - PRINCIPAUX RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

L'utilisation de la méthode du ^{137}Cs a permis de cartographier les taux d'érosion et de redéposition au sein de ce bassin versant (Figure 2). Un bilan pour l'ensemble du site a été établi, révélant que 45% de la superficie est érodée, 40% de la superficie est stable et 15% de la superficie correspond à des zones de redéposition. Ce site agricole subit un taux d'érosion brut à hauteur de 3.2 t/ha/an et une perte nette de sédiment à l'exutoire de 1.9 t/ha/an. On peut alors calculer très rapidement un coefficient d'exportation de sédiment de 59%, correspondant au rapport de la perte nette à l'exutoire sur le taux d'érosion brut. La dégradation des sols touche principalement l'aval du bassin versant aux pentes plus marquées et aux cultures érosives dominantes. Les zones d'érosion et de redéposition sont étroitement liées à la morphologie et à la topographie, le sens du travail du sol accentuant localement les phénomènes de redistribution des sédiments. Les pertes notables de terre arable risquant d'intervenir dans la formation des coulées boueuses, sont localisées dans le tiers aval du bassin, zone particulièrement sollicitée au cours de ces trente dernières années, par la combinaison des processus érosifs anthropiques et naturels.

Avec des pertes de sol annuelles pouvant atteindre localement 18 t /ha/an, les résultats de cette étude confirment que l'érosion hydrique doit être considérée comme un problème écologique et agronomique non négligeable malgré des conditions climatiques plutôt clémentes. Ces différents résultats confirment les observations d'autres chercheurs travaillant dans la ceinture loessique du nord-ouest de l'Europe (Govers, 1991 ; Mathieu et al., 1993 ; Poesen, 1993). Il faut tout de même prendre les informations fournies par cette démarche avec précaution et discernement. Les valeurs quantitatives correspondent à des résultats moyennés sur les 34 dernières années. Cette méthode intègre l'ensemble des processus érosifs globaux (anthropiques et naturels). De plus, les estimations faites avec le ^{137}Cs constituent des mouvements nets, intégrant à la fois les départs et les arrivées. Ainsi, un mouvement net de 0 t/ha/an, estimé par cette technique, ne signifie pas nécessairement une absence d'érosion ou de redéposition, mais simplement que l'importance des deux mouvements s'annule. Enfin, en utilisant le ^{137}Cs , on dépasse la simple cartographie, car les données correspondent à un état des lieux intégrant 30 ans de gestion agricole. Le résultat final correspond plutôt à un audit érosif spatio-temporel.

Depuis plusieurs décennies, le développement d'une agriculture intensive des terres agricoles du Soissonnais a provoqué une modification des pratiques culturales avec la disparition complète de l'élevage, le développement de cultures érosives peu couvrantes, la mécanisation et le travail du sol, la simplification du paysage ou le remembrement, le tout se traduisant par l'augmentation notoire de la taille des parcelles et la disparition complète de "rupture" pour réduire les ruissellements. De plus, ces pressions anthropiques s'exercent sur des milieux agricoles sensibles car occupés principalement par des sols battants. Les phénomènes érosifs naturels se trouvent donc exacerbés. Pour un tel bassin versant aux conditions morphoclimatiques peu agressives, l'érosion naturelle devrait être de l'ordre de 0.01 mm/an. Or l'érosion moyenne du bassin versant est de 0.12 mm/an. Sur les 34 dernières années, cette perte de terre arable est estimable à 4 mm (date correspondant approximativement à l'intensification de l'agriculture).

Outre la prévention contre les dégâts occasionnés en aval, l'intérêt d'une telle cartographie est de renseigner et éventuellement de conseiller les agriculteurs sur l'état de leur terre, en vue de conserver leurs ressources au sein des agrosystèmes. Par la suite, des aménagements raisonnés et des mesures agro-environnementales peuvent être appliqués sur des surfaces réduites, à moindre coût, avec une efficacité optimale.

CONCLUSION

A travers les résultats de cette étude, le ^{137}Cs apparaît comme un traceur très utile pour repérer et cartographier l'érosion hydrique à l'échelle des bassins versants cultivés. Cet outil peut faciliter la mise en place d'un diagnostic spatial des problèmes agro-environnementaux, en vue d'une aide à la gestion des paysages agraires, pour la réduction des pollutions agricoles diffuses. La cartographie des risques érosifs, dans un cadre préventif, peut permettre l'instauration d'un dialogue constructif et une concertation entre les différents propriétaires agricoles, les acteurs et gestionnaires en aval pour, par exemple, limiter l'homogénéisation culturelle et le travail du sol dans le sens de la pente des zones à risques érosifs des agrosystèmes, en vue de réduire les risques de ruissellement. L'objectif n'est pas de culpabiliser mais de responsabiliser les différents intervenants du monde agricole. Mais cela demande d'une part, une évolution des mentalités en région de grandes cultures, et d'autre part, une politique communautaire plus souple et réaliste pour la mise en place d'une agriculture durable.

BIBLIOGRAPHIE

- ANGELIAUME, A. (1996) — Ruissellement, érosion et qualité des eaux en terre de grande culture : étude comparée de deux bassins versants du Laonnois et du Soissonnais. Thèse de Doctorat. Spécialité : Géographie. Université Lille I. 588 pages + 221 pages d'annexes.
- BAIZE, D. et JABIOL, B. (1995) — *Guide pour la description des sols*. Éd : INRA. 375 pages.
- BERNARD, C. and LAVERDIERE, M.R. (1992) — Spatial redistribution of Cs-137 and soil erosion on Orléans Island, Québec. *Can. J. Soil Sci.* 72 : 543-554.
- BERNARD, C., LAVERDIERE, M.R., et PESANT A.R. (1992) — Variabilité de la relation entre les pertes de césium et de sol par érosion hydrique. *Geoderma*. 52 : 265-277.
- BERNARD, C., WICHEREK, S., LAVERDIERE, M.R. (1995) — Césium-137 et études environnementales - Exemple de l'érosion des sols. *Bulletin du Réseau Érosion*. N°15 : 424-432.
- ESTIENNE, J., BROHARD, Y., LEBLOND, J.F., LORIOT, R., GEGOU, F., GUIGNET, J., REGRAIN, R., OUDART, P. (1980) — *Picardie, Cadre naturel, histoire, art, littérature, langue, économie, traditions populaires*. Ed. Bonneton, C. 368 pages.
- GOVERS, G. (1991) — Rill erosion on arable land in central Belgium. Rates, controls and predictability. *Catena*. 18 : 133-155.
- KACHANOSKI, R.G. (1993) — Estimating soil loss from changes in soil cesium-137. *Can. J. Soil Sci.* 73 : 629-632.
- MATHIEU, R., KING, C. et LE BISSONNAIS, Y. (1993) — Contribution de données multitemporelles Spot à l'identification des risques d'érosion. L'exemple des sols limoneux du nord de la France. *Cah. Orstom, sér. Pédol.* Vol XXVIII. 1 : 81-94.

- POESEN, J. (1993) — Gully typology and gully control measures in the European loess belt. In : *Farm Land Erosion in Temperate Plains Environment and Hills* (ed. by S. Wicherek), Elsevier, Amsterdam : 221-239.
- RITCHIE, J.C., and McHENRY, J.R. (1990) — Application of radioactive fallout cesium-137 for measuring soil erosion and sediment accumulation rates and patterns : A review. *J. Environ. Qual.* 19 : 215-233.
- SCHWING, J.F. and VOGT, H. (1980) — An attempt at a large scale non experimental cartographic approach to the variability of erosion features and land sensitivity to erosion in the Alsace vineyards (France). In : *Assessment of erosion*, de Boodt, Gabriels éd., Chichester, Wiley, 207-214.
- VEYRET, Y. et WICHEREK, S. (1992) — Réflexions sur une cartographie des risques d'érosion des terres agricoles. *Bull. Assoc. Géogr. Franç.* 2 : 169-176.
- WICHEREK, S., VEYRET, Y. et BERNARD, C. (1993) — Using Cs-137 to understand soil degradation processes. *Mémoire de la Société Géologique de France, Atome et Géologie, n. s.*, 1993-1994, 162, 261-268.
- WICHEREK, S., and BERNARD, C. (1995) — Assessment of soil movements in a watershed from Cs-137 data and conventional measurements (ex : the Parisian Basin). *Catena*, 25 :141-152.
- WICHEREK, S. (1997) — L'érosion mesurée par la radioactivité. *La Recherche*. N° 294 : 40-43.

**RESEAU
EROSION**



Référence bibliographique Bulletin du RESEAU EROSION

Pour citer cet article / How to cite this article

Mabit, L.; Bernard, C.; Laverdière, M. R.; Wicherek, S. - Cartographie des risques érosifs dans un bassin versant agricole du nord-est de la France, pp. 397-404, Bulletin du RESEAU EROSION n° 18, 1998.

Contact Bulletin du RESEAU EROSION : beep@ird.fr