

L'ÉROSION EN MILIEU AGRICOLE

SYNTHÈSE ET CONCLUSION DE LA JOURNÉE D'ÉTUDE DE LA SOCIÉTÉ BELGE DE PÉDOLOGIE DU 28 OCTOBRE 1977

A. BOLLINNE
G. HANOTIAUX
A. PISSART

L'érosion est généralement perçue par la biais de ses conséquences (chenaux ou dépôts) et sa vitesse a pu être estimée de cette manière. Dans cet article de synthèse, nous passerons donc en revue les conséquences de l'érosion et mentionnerons leurs implications en agriculture et pour l'environnement dans son ensemble. Ensuite on procédera à l'analyse des causes probables et l'on tentera d'apprécier l'importance relative de chacune d'elles. Enfin, on tentera une estimation de l'évolution de la situation à court et à moyen terme.

1. LES CONSÉQUENCES

En région limoneuse, les marques de l'érosion ne sont pas permanentes. Elles échappent donc souvent à l'observateur non averti. En effet, les façons culturales effacent facilement la plupart des formes tandis que la végétation dense des cultures les cache à la vue. Quant aux dégâts aux cultures, les plus importants sont rapidement réparés par le praticien qui doit néanmoins effectuer des opérations aratoires supplémentaires et des réensemencements. Bien que souvent "discrète" cette érosion n'est pas pour autant négligeable. S'exerçant depuis des siècles, elle a marqué à la fois les sols et le paysage. Actuellement, elle est la cause de pertes sensibles de rendement, elle est source de nuisances diverses et peut constituer un danger pour l'environnement.

1.1. Les conséquences pédologiques et morphologiques

Sous forêt, l'érosion des versants est très lente et le profil des sols bruns lessivés qui s'est développé dans les dépôts loessiques est généralement complet. Par contre, pendant l'Holocène, les fonds des vallons ont été incisés par des ravins, parfois profonds. Ces ravins existent toujours dans les zones non déboisées.

Suite à l'accélération de l'érosion résultant de la mise en culture, les sols des versants et des plateaux ont été tronqués à des degrés divers. (voir la carte des sols de Belgique). Comme l'a montré A. Pissart, cette érosion élevée (3 à 15 t/ha.an) s'est accompagnée d'un colluvionnement rapide et massif qui a comblé les ravins forestiers, donnant naissance à des sols colluviaux très étendus (environ 1/3 du territoire) et souvent épais (plusieurs mètres au centre des vallons). Par ailleurs, les plaines alluviales ont été recouvertes d'importantes nappes de limon. Par contre, comme J. P. Agneessens l'a indiqué, l'érosion actuelle moyenne du bassin, résultant de l'entraînement en suspension de matières solides par la rivière, est faible (110 kg/ha.an). Cette valeur obtenue pour un petit bassin rural est pratiquement égale à celle obtenue pour la Meuse à Liège (118 kg/ha.an) mais plus faible que les valeurs obtenues dans le bassin de l'Escaut (tableau 1).

Tableau 1

Quantités de matières transportées en suspension dans quelques rivières belges

Rivière	Point de mesure	Quantités transportées en suspension Total	Erosion moyenne du bassin		Source
			kg/ha.an	mm/an	
Meuse	Liège	238.000 t/an	118	0,0079*	W. Spring et E. Prost (1883-1884)
Mehaigne	Mehaigne	808 t/43 mois	110	0,0073*	L. Sine et J. P. Agneessens
Escaut	Gand	185.000m ³ /an	384*	0,0256	H. Keeris (1962)
Dyle	Louvain	23.000 t/an	310	0,0207*	M. Gilles et J. Lorent (1966)

* Calculée pour une densité moyenne du sol de 1.5

Comparée à la vitesse moyenne d'érosion des versants, celle de l'ensemble du bassin apparaît comme particulièrement faible. L'importance des dépôts colluviaux et alluviaux au sein même des bassins permet d'expliquer aisément ces différences : une grande partie des matériaux érodés se dépose au pied des versants et dans les vallons secs. De plus, les prairies qui généralement bordent les rivières, constituent de véritables pièges à sédiments. Il n'est pas rare d'y observer des cônes de déjection, notamment au débouché des vallons secs dans les plaines alluviales. Les quantités de matériaux érodés qui atteignent les rivières sont donc restreintes et celles-ci en abandonnent encore une part :

importante dans leurs plaines alluviales, dont certaines s'élèvent en moyenne de 2,5 mm/an (P. Macar, 1974).

1.2. Les conséquences économiques

Les conséquences de l'érosion sont souvent appréciées en fonction de critères économiques. Aux Etats-Unis, on s'efforce de limiter l'érosion de façon à maintenir la productivité des sols et à prévenir les dégâts aux cultures. Si l'évaluation de ces dégâts peut se faire de manière objective, il n'en va pas de même pour l'appréciation d'une diminution de la productivité des sols par l'érosion. Aux Etats-Unis des seuils de tolérance ont été établis : ils vont de 2 à 11 t/ha.an suivant les sols; les sols profonds supportant les érosions les plus élevées (W. H. Wischmeier et D. D. Smith, 1962). En Hesbaye, le seuil d'érosion moyenne le plus élevé (11 t/ha.an) est largement dépassé dans certaines parcelles où presque toutes les années l'érosion occasionne des dégâts aux cultures.

Les conséquences de l'érosion sur la productivité des sols sont difficiles à établir et plus encore à quantifier; toutefois l'opinion unanime attribue aux sols fortement érodés (AbB) des qualités agronomiques plus faibles que celles des sols à profil complet. Au total, ils occupent de 5 à 10 % du territoire cultivé. Ils sont plus difficiles à travailler; la végétation y souffre assez rapidement de la sécheresse; les rendements y sont inférieurs à ceux des autres séries de sols secs. Leur productivité dépend beaucoup des conditions climatiques; ils sont particulièrement déprimés lorsque survient une période de sécheresse. Par exemple, la betterave y est particulièrement sensible au moment de la levée. Depuis vingt ans, des pédologues-cartographes ayant parcouru le territoire ainsi que de nombreux observateurs ont préconisé d'appliquer à ces sols des mesures de lutte anti-érosive. (P. Avril, 1957; A. Pecrot, 1957; J. Remy et A. Pecrot, 1958; G. Henrard, 1960; A. Louis, 1960).

Les dégâts aux cultures sont de deux ordres : dégâts dus à l'érosion elle-même qui entraîne les graines et arrache les jeunes plants, et plus encore, dégâts dus aux dépôts en bas de versant. Les plantes sarclées sont particulièrement touchées; cependant, les céréales sont également affectées. Les parcelles les plus endommagées sont souvent réensemencées, bien que ce réensemencement ne soit pas toujours opportun. Le bilan de resemis de betteraves effectués 2 à 3 semaines après le premier semis (tableau 2) montre que dans un premier cas, favorable, on peut s'attendre à un bénéfice net, exprimé en t/ha, de 3 t/ha tandis que dans un second cas moins favorable un déficit de 7 t/ha est à prévoir. Les réensemencements totaux ne seront donc effectués que lorsqu'ils s'a-

vèrent vraiment indispensables. Souvent, on leur préférera un resemis partiel sur les surfaces les plus touchées, même si on doit s'attendre à quelques difficultés à l'arrachage. Les cas nettement moins favorables n'ont pas été envisagés. Or, ce sont précisément les parcelles aux qualités physiques du sol les plus médiocres, qui sont le plus souvent touchées et les réensemencements escomptés y sont les plus faibles.

Tableau 2

Bilan d'un réensemencement de betteraves 2 à 3 semaines après la date du premier semis. Les coûts sont exprimés en t/ha

Rendement escompté	55 t/ha	50 t/ha
Coût d'une culture normale *	-42 t/ha	-43 t/ha
Frais de réensemencement *	- 3 t/ha	- 4 t/ha
Baisse de rendement résultant du semis tardif **	- 7 t/ha	-10 t/ha
Bilan	+ 3 t/ha	- 7 t/ha

* D'après les estimations de Messieurs Van Orle et Nuttelet, Chaire d'Economie Agricole (FSAEGx).

** D'après les renseignements transmis par Monsieur N. Roussel, Sousdirecteur à l'Institut Belge pour l'Amélioration de la betterave.

A tous trois nous adressons nos plus vifs remerciements.

Selon nos propres enquêtes, les pertes moyennes pour l'agriculture résultant de l'érosion ont provisoirement été estimées entre 3 et 5 % de la valeur de la récolte. Si ces chiffres apparaissent comme assez faibles, ils prennent une toute autre dimension lorsqu'ils sont comparés à la marge bénéficiaire du cultivateur. Si d'autre part, l'on tient compte de ce que l'érosion n'est pas uniformément répartie et que se sont toujours les mêmes parcelles qui souffrent le plus de cette dégradation on perçoit immédiatement la nécessité de prendre des mesures pour limiter l'importance du phénomène ainsi que les dégâts dans les parcelles les plus sensibles.

1.3. Les conséquences pour l'environnement

Le colluvionnement qui est à l'origine du remblaiement des ravins holocènes qui occupaient le fond des vallons avant la mise en culture, ne peut être considéré comme une dégradation de l'environnement, ni une nuisance. Il en est de même pour les dépôts de limon dans les plaines alluviales. L'exhaussement progressif de celles-ci y diminue les risques d'inondation et crée même des conditions favorables à la croissance des végétaux et à la mise en culture.

Quant à la charge solide des rivières, elle est faible et ne peut donc

constituer un danger pour l'environnement. Les quantités de matières solides exportées hors du bassin sont somme toute limitées.

L'étude de l'entraînement de matières nutritives par le ruissellement montre que celui-ci ne semble pas poser un problème au niveau économique même si les pertes à l'occasion de précipitations particulièrement violentes ne sont pas négligeables. Par contre, ces eaux de ruissellement ont un caractère largement eutrophe qui serait susceptible de poser un problème au niveau du cours d'eau.

On ne peut affirmer que ces eaux se déversent telles quelles dans la rivière. En effet, leur cheminement à partir du versant jusqu'à la rivière est très long. Au cours du trajet, elles s'infiltrent partiellement et en outre, elles sont fortement diluées par les eaux en provenance des surfaces imperméables, si bien, que le danger d'eutrophisation des rivières par les eaux de ruissellement du milieu agricole reste minime. Avant d'incriminer l'agriculture dans la pollution des cours d'eau, il serait bon de procéder à une enquête sérieuse à partir de mesures objectives. Mais ce travail n'est pas aisé car il faut distinguer dans une rivière eutrophe la part des eaux de ruissellement, celle des eaux de nappes et celle des eaux usées en provenance des sites urbains et industriels.

Contrairement aux teneurs en éléments nutritifs, les teneurs en pesticides sont faibles dans les eaux de ruissellement et dans les particules solides en suspension. Elles ne représentent qu'une proportion infime de la quantité de pesticides appliqués; on n'en retrouve qu'exceptionnellement dans les eaux de la rivière.

Cependant il faut être circonspect et garder une certaine prudence car, si peu de pesticides sont entraînés tels quels, on ne sait pas ce qu'il en est de leurs produits de dégradations qui peuvent parfois présenter une toxicité équivalente aux produits d'origine. (J. P. Heck, 1977).

Indépendamment des phénomènes de ruissellement on n'est jamais à l'abri d'une pollution occasionnelle des rivières par des déversements intempestifs. L'étude de dispersion présentée par J. P. Agneessens permet de prévoir la vitesse et la durée d'une pollution résultant de tels déversements.

En dehors du milieu agricole, les nuisances et les dégâts occasionnés par l'érosion résultent principalement des atterrissements de boues sur les voies de communication et dans les zones résidentielles à l'aval des zones agricoles, du comblement de fossés et du colmatage des bassins d'orage des autoroutes. Ils sont à l'origine de frais de remise en état souvent élevés qui sont supportés tant par les particuliers que par les pouvoirs publics.

2. LES CAUSES

Les principaux facteurs à l'origine du phénomène érosif sont :

- l'érosivité des précipitations
- les pentes
- le couvert végétal
- l'érodibilité des sols
- les pratiques de lutte antiérosive.

Nous allons tenter d'apprécier l'importance relative de chacun des facteurs dans le contrôle de l'érosion.

2.1. L'érosivité des précipitations

Divers indices ont été proposés pour caractériser le pouvoir érosif des précipitations. Parmi ceux-ci l'indice mis au point aux Etats-Unis permet d'estimer l'érosion résultant de l'effet combiné de l'impact des gouttes de pluie et du ruissellement (W. H. Wischmeier, 1959). Si l'on compare les valeurs de l'indice d'érosivité des pluies des 3 stations belges présentées par A. Laurant à celles obtenues dans d'autres régions du monde (tableau 3), les indices des stations belges apparaissent

Tableau 3

Valeurs de l'indice d'érosivité des pluies dans diverses régions du monde (sauf indication, calculées pour les précipitations \geq 1/2 pouce)

Stations	Durée de l'étude	Hauteur moyenne annuelle des précipitations (en mm)	EI ₃₀	
			Pieds-tonnes . acre	pouces . h $\cdot 10^{-2}$
Etats-Unis	-	-	50-600 (W. Wischmeier et D. Smith, 1965)	
Abidjan (Côte d'Ivoire)	7	2100	1260* (Roose E., 1973)	
Divo (Côte d'Ivoire)	2	1750	860 (Roose E. et Jadin, 1969)**	
Séfa (Sénégal)	5	1234	681 (Charreau C. et Nicou R., 1971)**	
Dschang (Cameroun)	4	1970	625 (Seguy L., 1971)**	
Bouake (Côte d'Ivoire)	13	1225	580 (Roose E. et Bertrand R., 1973)**	
Ouagadougou (Hte Volta)	2	860	480 (Roose E. et Birot Y., 1970)**	
Bambey (Sénégal)	9	590	292 (Charreau C. et Nicou R., 1971)**	
Befandriana (Madagascar)	2	2031	1375 (C.F.D.T., 1971)**	
Sidi-Bou-Becker (Tunisie)	11	-	100*** (Cormary Y. et Masson J., 1964)	
Uccle	40	835	22,8 (Laurant A. et Bollinne, A., 1976)	
Saint-Hubert	26	1071	52,3 (Laurant A. et Bollinne A., inédit)	
Spa	21	1114	62,0 (Laurant A. et Bollinne A., inédit)	

* pour des précipitations $>$ 10 mm

** cité par E. Roose (1973)

*** calculé pour des précipitations $>$ 5 mm

comme particulièrement faibles (22,8 à Uccle; 52,3 à Saint-Hubert et 62,0 à Spa; ces valeurs sont exprimées en unités anglaises pour les seules précipitations $\geq 12,7$ mm). Aux Etats-Unis, les valeurs moyennes de l'indice d'érosivité sont généralement comprises entre 50 et 600. Des valeurs plus faibles ne sont observées qu'à l'ouest de la Grande Plaine au pied des Montagnes Rocheuses et dans le nord-ouest (W. H. Wischmeier & D. D. Smith 1965). Des valeurs très élevées sont observées à Madagascar (1375) et en Afrique Occidentale (590, 860, 1225, ...).

Etant donné les faibles valeurs de l'indice d'érosivité observées en Belgique, et tout particulièrement en Moyenne-Belgique, on aurait pu s'attendre à ce que l'érosion dans cette dernière région soit peu importante, d'autant plus que la distribution de l'indice moyen annuel est une des plus favorables qui soit, puisqu'une grande partie de l'érosivité est concentrée pendant les mois d'été, époque où le couvert végétal et les résidus des récoltes protègent efficacement le sol. Or, on constate que l'érosion y est élevée et parfois nettement supérieure au seuil de tolérance admis pour les sols profonds.

2.2. Les pentes

En région limoneuse, les pentes sont généralement comprises entre 5 et 7 % et leur longueur > 2 %, dépasse rarement 100 m.

Des pentes de cet ordre ne sont pas particulièrement exposées à l'érosion. L'indice de pente de l'équation américaine de perte de sol calculé pour quelques pentes le montre bien (tableau 4). Le danger d'érosion en région limoneuse est nettement plus faible qu'en région ardennaise où les pentes sont fortes, mais heureusement souvent couvertes par la forêt ou la prairie.

Tableau 4

Valeurs des indices du facteur pente d'après W. H. Wischmeier & D. D. Smith (1965)

S% \ L(m)	2	4	6	8	10	12	15	20
50	0,27	0,53	0,86	1,27	1,76	2,33	3,31	5,35
70	0,32	0,62	1,01	1,49	2,07	2,73	3,91	6,33
100	0,39	0,75	1,22	1,80	2,50	3,30	4,67	7,56
150	0,47	0,90	1,48	2,19	3,03	4,01	5,73	9,26

L = longueur de la pente en m; S = inclinaison de la pente en %,

1,00 = Indice d'une pente de 9 % longue de 22,13 m.

Dans le cadre : indice des pentes les mieux représentées en Hesbaye.

Par contre, comme nous l'a montré G. Richter les vignobles établis sur les pentes raides de la Moselle (40 % et plus) sont particulièrement menacés.

2.3. Le couvert végétal

Les céréales et la betterave constituent l'essentiel des emblavements de la région. Les céréales protègent bien le sol durant la période estivale pendant laquelle l'érosivité des pluies est la plus élevée. Par contre, le couvert de la betterave reste insuffisant jusqu'à la mi-juillet environ.

Parmi les autres cultures, le lin a une action voisine de celle des céréales de printemps. Les maïs et la pomme de terre, par contre, protègent mal le sol tandis que les carottes, petits pois et autres cultures industrielles, vu leur brève période de végétation, n'offrent qu'un couvert passager. Ces dernières cultures n'occupent cependant que de faibles surfaces.

Les principales cultures de la région sont donc relativement protectrices et pas plus que l'érosivité des pluies ou les pentes elles ne peuvent justifier les vitesses d'érosion observées.

2.4. Le sol

Les sols de la région limoneuse sont essentiellement des sols bruns lessivés qui se sont développés dans les dépôts de loess quaternaire. Ils se différencient seulement par leur classe de drainage, leur profondeur et la troncature plus ou moins avancée des horizons supérieurs.

Les sols à drainage insuffisant peuvent s'engorger l'hiver et donner lieu à un ruissellement abondant qui favorise l'érosion. Cependant, comme A. Pissart l'a indiqué dans son exposé, les différences d'érodibilité les plus importantes n'apparaissent pas entre les types de sols, mais plutôt entre les parcelles de culture. Mis à part des cas d'engorgement temporaire, il apparaît que pour l'essentiel, c'est la couche arable qui, par son comportement vis-à-vis des agents atmosphériques, contrôle le ruissellement et l'érosion. L'érodibilité des sols est très étroitement liée à leur stabilité structurale qui, elle-même, est fonction de la teneur en M.O. et de la texture. Les sols à horizon A épais (AbaO), plus pauvres en argile ($0-2 \mu$) et plus riches en limon ($2-50 \mu$) sont moins stables et plus érodibles. Mais c'est la teneur en matière organique qui joue un rôle prépondérant dans le maintien d'une structure stable et d'une bonne résistance à l'érosion (tableau 5). Pour de faibles variations de teneur en matière organique on enregistre des variations importantes de la stabilité structurale. Sur des pentes identiques, portant les mêmes emblavements, l'érosion est très différente d'une par-

Tableau 5

Caractéristiques analytiques et érodibilité de 4 sols types de Hesbaye gembloutoise (d'après A. Bollinne et P. Rosseau, 1978)

Sols	Erosion observée sur le terrain	Texture %			M.O. %	I _s	% Ag	K
		0-2 μ	2-100 μ	> 100 μ				
1	Faible	17,3	81,6	1,1	2,09	2,05	11,1	0,40
2	Faible	10,7	87,4	1,9	1,92	5,91	5,6	0,50
3	Moyenne	14,4	83,3	2,3	1,25	7,56	1,8	0,48
4	Elevée	10,3	87,8	1,9	1,54	17,59	0,8	0,53

M.O. % Ajustée pour le calcul du facteur K. (W. H. Wischmeier, C. B. Johnson et B. V. Cross (1971) (% C par méthode Springer-Klee x 3/4 x 1,72)

I_s Indice d'instabilité de Henin (S. Henin et al, 1969; A. Feodoroff, 1960)

% Ag Pourcentage d'agrégats > 200 μ stables à l'eau - sables > 200 μ (Méthode Henin) (S. Henin et al, 1969; A. Féodoroff, 1960)

K Indice d'érodibilité des sols (W. H. Wischmeier, C. B. Johnson et B. V. Cross, 1971).

celle de culture à l'autre. Ici, apparaît toute l'importance des pratiques culturales, et plus particulièrement de l'apport d'amendements organiques, pour le maintien d'une bonne structure stable et d'une bonne résistance à l'érosion.

Pour évaluer l'érodibilité relative des sols belges de la région limoneuse A. Bollinne & P. Rosseau (1978) ont utilisé l'indice d'érodibilité de l'équation américaine de perte de sol (Facteur K, W. H. Wischmeier, *et al*, 1971). Cet indice, calculé pour 4 sols-types de la région gembloutoise, varie de 0,40 à 0,53 alors que pour les sols-types, aux Etats-Unis, il varie de 0,03 à 0,69, les indices de la plupart d'entre-eux étant cependant compris entre 0,10 et 0,50 (W. H. Wischmeier & D. D. Smith, 1962; W. H. Wischmeier *et al*, 1971).

A la lumière de cette comparaison nos sols limoneux apparaissent comme particulièrement érodibles. Cette érodibilité élevée est liée à l'importance de la fraction granulométrique (2-100 μ) qui comprend le limon et le sable fin, et à la faible teneur en matière organique des sols agricoles.

C'est donc bien l'érodibilité des sols limoneux qui est la cause principale des accidents érosifs observés, et non pas les précipitations, les pentes ou la nature du végétal cultivé.

Nous n'envisageons pas ici les techniques de lutte antiérosive car aucune technique particulière n'est appliquée actuellement chez nous dans ce but.

3. PERSPECTIVES

Depuis plusieurs années, avec l'utilisation plus intensive et plus appropriée des engrais, avec la sélection végétale et l'emploi des produits phytosanitaires on a assisté à une augmentation sensible de la production agricole. De ce fait, on a quelque peu perdu de vue la nécessité d'entretenir les qualités physiques du sol. La diminution et même l'élimination des amendements organiques résultant de l'abandon de l'élevage dans de nombreuses fermes, associées à la mécanisation généralisée avec des engins de plus en plus lourds sont des pratiques qui ont contribué à la dégradation de la structure des sols. L'intensification de l'apport d'engrais et la lutte contre les mauvaises herbes ont conduit à la production d'une masse végétale importante, mais, présentant entre les lignes, des plages nues, favorables au ruissellement et à l'érosion.

Si l'on n'y prend garde, on assistera à terme à une dégradation des qualités physiques du sol telle qu'il en résultera une altération déplorable des terres agricoles affectant d'une manière sensible leur productivité. Cette dégradation physique étant relativement lente dans les sols limoneux il est à craindre qu'on en prenne conscience que tardivement. Ceci est d'autant plus dangereux que la restauration des qualités physiques du sol risque d'être tout aussi lente.

Il nous paraît urgent d'entreprendre la diffusion de techniques susceptibles de limiter l'érosion. Le semis perpendiculaire à la pente en est un exemple. Il devrait être généralisé. Les remembrements, notamment, pourraient être conçus de façon à favoriser ceux-ci.

D'autre part, il nous paraît nécessaire d'entreprendre des recherches et de mettre au point des techniques susceptibles d'assurer le maintien ou la restauration des qualités physiques du sol compatibles avec les contraintes économiques de l'agriculture moderne.

*
* *

BIBLIOGRAPHIE

Avril P., (1957).

Texte explicatif de la planchette de Perwez 131W, 61 p.

Carte des sols de la Belgique.

Bollinne A., (1971).

Contribution à l'étude de l'érosion des sols limoneux cultivés en Hesbaye gemblou-toise.

Mémoire inédit, Univ. Liège, Laboratoire de Géomorphologie, 148 p.

- Bollinne A. & Rosseau P., (1978).**
L'érodibilité des sols de Moyenne et Haute Belgique. Utilisation d'une méthode de calcul du facteur K de l'équation universelle de perte de sol.
Bull. Soc. Géogr. Liège, 14, 127-140.
- Feodoroff A., (1960).**
Evaluation de la stabilité structurale d'un sol (indice S). Nouvelles normes d'emploi pour l'appareil à tamiser.
Ann. Agron., 6, 651-659.
- Heck J. P., (1977).**
La pollution des nappes aquifères. Enquête relative à la pollution éventuelle de la nappe aquifère contenue dans les craies du Plateau de la Hesbaye par les pratiques agricoles et les eaux de ruissellement des autoroutes.
Laboratoire de la Science du Sol, Faculté des Sciences Agronomiques de Gembloux, 98 p.
- Hénin S., (1950a).**
L'érosion éolienne.
B. T. I. (51), 509-516.
- Hénin S., (1950b).**
L'érosion par l'eau. "Conservation du sol, le problème français".
Bull. Tech. d'inform. Ing. Serv. Agric. 51.
- Hénin S., (1960).**
Problème de l'érosion en France. Erosion par le vent et par l'eau.
Techniques Agricoles, 1, 1380, 7 p.
- Hénin S. & Gobillot Th., (1950).**
L'érosion par l'eau en France Métropolitaine. C.R.Ac. Sc., 230, 128-130.
- Hénin S., Michon X. & Gobillot Th., (1954).**
Etude de l'érosion des vallées de Haute Durance et du Haut-Drac.
Assoc. Int. Hydrol. Sci., 36, 158-171.
- Hénin S., Gras R. & Monnier G., (1969).**
Le profil cultural.
Masson et Cie, 2ème éd. 332p.
- Henrard G., (1960).**
Texte explicatif de la planchette de Jehay-Bodegnée 133W, 86 p.
Carte des sols de la Belgique.
- Lefebvre P., (1958).**
Quelques phénomènes d'érosion en Picardie.
Ann. Agron. 9 (1), 91-129.
- Louis A., (1960).**
Texte explicatif de la planchette de Feluy 128E, 101 p.
Carte des sols de la Belgique.

- Macar P., (1974)
Etude en Belgique de phénomènes d'érosion et de sédimentation récents en terre limoneuse.
In : *Symposium des processus actuels*. Abh. Akad. Wiss. Göttingen. Mathem.-Physik. Klasse, III Folge, n° 29, 354-371.
- Pécrot A., (1956).
Etude détaillée des sols de la Hesbaye Occidentale. Application à quelques problèmes d'actualité.
Thèse inédite. Fac. Sci. Agr. de Gembloux, 295 p.
- Pécrot A., (1957).
Texte explicatif de la planchette de Nivelles. 129W, 64 p.
Carte des sols de la Belgique.
- Plancq C., (1968).
Contribution à l'étude géomorphologique de la Hesbaye.
Mémoire inédit, Univ. de Liège, Laboratoire de Géomorphologie, 144 p.
- Remy J. & Pécrot A., (1958).
Texte explicatif de la planchette de Chastre-Villeroux-Blanmont 130W, 91 p.
Carte des sols de la Belgique.
- Tavernier R., (1949).
Bodembescherming in België.
Natuurwet. Tijdschr., 31, 37-47.
- T Jonck, (1967).
La lutte contre l'érosion. Un cas à Gingelom. "L'amélioration de la structure agraire".
T. II. : problèmes techniques particuliers. Soc. Nat. Terr., 9-15.
- Tulippe O., (1950).
Aménagement et protection des sols en Belgique.
Les cahiers de l'Urbanisme. 3-38.
- Vogt J., (1953).
Erosion des sols et techniques de culture en climat tempéré maritime de transition (France et Allemagne).
Rev. Géomorph. Dynam. 4, 157-183.
- Wischmeier W. H., (1959).
A rainfall erosion index for a universal soil-loss equation.
Soil Sci. Soc. Am. Proc., 23, 246-249.
- Wischmeier W. H. & D. D. Smith, (1962).
Soil-loss estimation as a tool in soil and water management planning.
Assoc. Int. Hydrol. Sci., 59, 148-159.
- Wischmeier W. H. & D. D. Smith, (1965).
Predicting rainfall-erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains.
Guide for selection of practice for soil and water conservation. Handbook n° 282, Washington, U. S. Dep. Agric., 47 p.

Wischmeier W. H., Johnson C. B. & Cross B. V.
A soil erodibility monograph for farmland and construction sites.
Journal of Soil and Water conservation, 26, 189-193.
