

# GENÈSE DE RIDEAUX SUITE À LA CULTURE ATTELÉE: OBSERVATIONS EN ETHIOPIE POUR MIEUX COMPRENDRE LES PAYSAGES RURAUX EUROPÉENS

Jan Nyssen<sup>1,\*</sup>, Jean Poesen<sup>2</sup>, Jan Moeyersons<sup>3</sup>, Jozef Deckers<sup>2</sup>, Mitiku Haile<sup>4</sup>

(1) Université de Gand, Département de Géographie, Krijgslaan 281 (S8), B-9000 Gent, Belgique

(2) K.U.Leuven, Department of Earth and Environmental Sciences, Celestijnenlaan 200E, B-3001 Heverlee, Belgique

(3) Musée Royal d'Afrique Centrale, Chaussée de Louvain 13, B-3080 Tervuren, Belgique

(4) Mekelle University, Department of Land Resources Management and Environmental Protection, P.O.Box 231, Mekelle, Ethiopie.

\*Auteur correspondant. Courriel: jan.nyssen@ugent.be

## Résumé

L'origine des rideaux sur des terres (antérieurement) cultivées en Europe fait toujours l'objet de controverses, et les conditions biophysiques ainsi que l'organisation socio-économique des systèmes agraires dans lesquels on les observe sont souvent peu prises en compte. Des observations de systèmes agraires non mécanisés contemporains, tel celui de l'Ethiopie du Nord, ainsi que des mesures sur le terrain mettent en évidence que les labours répétés à l'aide de l'araire entraînent le développement de rideaux, sans intervention d'un quelconque nivellement délibéré. Les bandes enherbées sur les limites parcellaires sont des barrières pour les sédiments transportés par l'eau et un obstacle parfait pour le mouvement du sol labouré vers l'aval. L'utilisation de l'araire en Ethiopie mène au dépôt annuel de 11 à 91 kg de sédiments par mètre courant de rideau. Des résultats similaires ont été établis dans d'autres pays pour des labours par bœufs, par chevaux, ou à la houe. Les labours, le ruissellement et la gravité ont mis en place les rideaux. De même, en Europe, on ne peut guère suspecter les paysans des sociétés médiévales, gallo-romaines ou antérieures d'avoir délibérément excavé les sols en place pour mettre à jour le sous-sol dans leurs champs.

## Mots clés

Araire, terrasse agricole, Ethiopie, rideau, érosion mécanique sèche, érosion des sols

## Abstract

*The origin of lynchets in (previously) cultivated land of Europe is still debated, the biophysical and socio-economical conditions in which they develop being often hardly taken into account. Observations made in the non mechanical agricultural system of northern Ethiopia and field measurements evidence that repeated tillage using the swing plough leads to lynchet formation without any deliberate ground levelling. The grass strips delimiting the fields trap the sediments displaced by runoff, thus stopping the downslope displacement of the tilled soil. The use of the swing plough in Ethiopia causes the accumulation of 11-91 kg of sediments per meter of lynchet and per year. Similar values have been measured in other areas under tillage with oxes, horses or a hoe. The lynchets are the result of the combined action of tillage, runoff and gravity. Likewise, in Europe, the Gallo-Roman or medieval peasants certainly did not deliberately excavate fertile soils to make the bare ground crop out.*

## Keywords

*Swing plough, agricultural terrace, Ethiopia, lynchet, dry mechanical erosion, soil erosion*

## 1. INTRODUCTION

En géographie rurale historique, un sujet très débattu est la façon dont les rideaux ou terrasses agricoles se sont formés sur des terres en pente (antérieurement) cultivées dans la bande du loess européen et les régions environnantes. Tandis qu'André Ozer (1969), comme la plupart des géomorphologues (Dabney, 2006; Patro *et al.*, 2008), ne laisse planer aucun doute sur le fait que les rideaux sont la conséquence de l'érosion par l'eau et par les labours, des spéculations sur leur exca-

vation délibérée ont été régulièrement et sont toujours publiées (Raistrick et Chapman, 1929; Fénelon, 1956; Wood, 1961; Fénelon, 1963; Yvard, 1977; Van Westreenen, 2008).

L'érosion mécanique sèche, ou érosion aratoire, est due au travail du sol qui arrache les particules, les transporte et les dépose en contrebas (Roose, 1994). L'érosion aratoire comme conséquence des labours avec un outillage moderne joue un rôle plus important que l'érosion hydrique ou éolienne (Govers *et al.*, 1994; Poesen *et al.*, 1994; De Alba *et al.*, 2004; Van Oost *et al.*, 2005). Des

étymologies romanes (Aufrère, 1927) telles que *royon* (sillon) sont en accord avec cette analyse. Par contre, d'autres étymologies indiqueraient que le développement des rideaux aurait été pour le moins déclenché par des actes délibérés d'excavation. C'est ce que laissent entendre par exemple les termes germaniques *Graf* ou *graft*, couramment utilisés dans l'est de la Belgique, le sud des Pays-Bas et l'ouest de l'Allemagne, termes que l'on met tout naturellement en relation avec *graven* ou *graben* (creuser) (Van Westreenen, 2008). Vient également à l'appui de cette idée la difficulté d'imaginer que l'utilisation de charrues simples au Moyen-âge ait pu produire des rideaux de plusieurs mètres de hauteur. Dans un mémoire de licence en Sciences Géographiques sous la direction d'André Ozer, nous avons déjà attiré l'attention sur l'existence de rideaux en Ethiopie (Nyssen, 1995). Ici nous discutons la genèse de rideaux au Tigré (Ethiopie du Nord) (Figure 1), où les paysans utilisent des araires tout en laissant des bandes enherbées non cultivées entre les champs, ce qui mène au développement de *daget* (Nyssen *et al.*, 2000a, 2001), la version locale des rideaux.

## 2. LES RIDEAUX EN ETHIOPIE DU NORD

Le système agricole des hauts plateaux du nord de l'Ethiopie est basé sur la culture continue de parcelles fixes (Westphal, 1975; Ruthenberg, 1980). La haute altitude et le climat tropical frais permettent de cultiver blé, orge et une céréale endémique, *Eragrostis tef*. Après la récolte, la vaine pâture est organisée, un phénomène typique des paysages d'*openfield*. Pour empêcher le bétail en liberté de se nourrir sur les cultures des champs avoisinants, la rotation des cultures est organisée par blocs de 20 à 25 parcelles de la même culture qui est récoltée en même temps; ensuite on permet au bétail de paître sur les champs (Nyssen *et al.*, 2008a, 2009). Cette façon de faire offre de nombreux parallèles avec le système agricole médiéval de l'Europe occidentale et centrale (Lebeau, 1991; Van Westreenen, 2008).



Figure 1. Paysage avec *daget* (rideaux) près d'Ashenge (Ethiopie du Nord). La taille réduite des exploitations a forcé les paysans à labourer près du pied des rideaux, ce qui provoque des mouvements de masse. Ainsi, la largeur des bandes enherbées sur le sommet des *daget* finit par être extrêmement réduite.

Comment se développent les rideaux en Ethiopie septentrionale ? Toutes les terres planes sont cultivées depuis des siècles; la culture s'intensifiant peu, la croissance de la densité de population a progressivement mené à la mise en culture de terres pentues (Figure 2). Après l'essartage, des cultures sont plantées sur des Phaeozems (sols forestiers) fertiles. Comme, dans un premier temps, les récoltes sont bonnes, les paysans ne ressentent pas le besoin d'établir des structures de conservation de l'eau et du sol (H. Humi, communication personnelle), et encore moins de faire des travaux de terrassement. Ils laissent cependant intentionnellement une bande enherbée d'environ 2 m de large sur la partie basse de la parcelle, tant comme témoin physique de la limite parcellaire que pour le contrôle de l'érosion; c'est à ce niveau que se développe en quelques années un rideau, localement appelé *daget*. Les *daget* qui existent de longue date ont une hauteur qui peut facilement atteindre 3 m et la pente du talus se situe entre 53 et 83 %. Pour des pentes plus fortes, des effondrements peuvent se produire, ce qui est fréquemment le cas lorsque l'exploitant de la parcelle en aval laboure trop près du pied du *daget* (Nyssen *et al.*, 2000a).



Figure 2. Essartage de la forêt près de Wurgesa (Ethiopie du Nord). Sur les terres arables en pente, à droite, le paysan a déblayé le gros des débris rocheux ainsi que racines et mauvaises herbes et les a placés en bandes parallèles plus ou moins horizontales. La présence permanente d'herbes et buissons en de tels endroits entraîne l'accumulation de sédiment dans les rideaux. Dans la parcelle à pente faible, à gauche en bas sur la photo, les autorités locales ont organisé la construction de murets en pierres sèches en guise de protection contre l'érosion. L'exploitant a cependant considéré que cela occupait trop de place et a détruit des parties de ces murets.

## 3. SÉDIMENTS TRANSPORTÉS PAR L'EAU

A l'échelle de petits bassins en Ethiopie, la perte de sol par érosion hydrique est de l'ordre de  $6 \text{ t ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$  (Nyssen *et al.*, 2008b); elle est partiellement contrôlée par les bandes enherbées entre les champs, ce qui mène au développement progressif de terrasses (Hudson, 1992). Le sédiment est déposé dans les barrières végétales que forment les *daget*. Ces structures sont non seulement une barrière partielle pour le transport de sédiments par l'eau, mais également une barrière totale pour le transport par l'érosion aratoire (Govers *et al.*, 1999; Turkelboom *et al.*, 1999). L'accumulation a donc lieu dans la partie in-

férieure des champs, tandis que les profils de sol sont tronqués dans la partie haute de ceux-ci, au pied des rideaux (Herweg et Ludi, 1999; Nyssen *et al.*, 2000a; Nyssen *et al.*, 2000b).

Les *daget* sont également un parfait tampon pour l'érosion en rigoles. Sur le sommet des *daget* la pente du terrain est presque nulle, il n'y a plus de rigoles et les sédiments érodés en amont sont déposés. De façon tout à fait semblable, des habitants âgés de Fouron-St-Martin (Figure 3), un lieu de l'est de la Belgique où les rideaux sont nombreux sur les flancs de vallées, se souviennent que dans les années 1920, sur plusieurs parcelles cultivées, pas encore converties en pâturages, un tel dépôt de sédiments avait lieu au sommet des rideaux lors de forts orages (E. Vandenaabeele, communication personnelle).



Figure 3. La succession de champs qui se trouvait sur cette pente à Fouron-St-Martin (Belgique) a été convertie en pâturages dans les premières décennies du 20<sup>e</sup> siècle. Les rideaux témoignent de l'ancienne affectation du sol et sont par ailleurs également en place dans le bois à l'arrière-plan, un ancien reboisement de terres cultivées marginales abandonnées. A l'avant-plan, une parcelle a été récemment convertie en champ de maïs, conduisant à l'émergence d'un nouveau rideau en une douzaine d'années (Photo W. Clymans).

#### 4. L'ÉROSION MÉCANIQUE SÈCHE CONSÉCUTIVE AUX LABOURS AVEC L'ARAIRE

Nos campagnes de recherche en Ethiopie ont concerné non seulement l'érosion hydrique (Nyssen *et al.*, 2008b), mais également des études détaillées des taux d'érosion aratoire. En Ethiopie, les labours sont effectués avec la *mahrasha* (Nyssen *et al.*, 2000b; Solomon *et al.*, 2006), un araire à dent unique qui déchire le sol sans le retourner entièrement (Figure 4); la profondeur moyenne du sol labouré est de 8.1 cm. Nos observations en Ethiopie nous permettent d'apporter un éclairage nouveau sur des affirmations selon lesquelles de tels labours superficiels ne peuvent mener à l'accumulation de volumes de sol importants (Van Westreenen, 2008).

Le calcul des taux de sédimentation liés aux labours en Ethiopie donne des valeurs comprises entre 11 et 91 kg m<sup>-1</sup> an<sup>-1</sup> pour la masse de sédiments déposés chaque année par mètre courant de rideau. Ces valeurs sont directement déduites des taux de déplacement mécanique

annuel de 9 à 103 cm vers l'aval mesurés pour l'horizon labouré sur des pentes de 3 à 35 % (Nyssen *et al.*, 2000b). Des résultats similaires ont été obtenus pour des labours par bœufs en Afrique australe, aux Philippines, en Chine et dans les Andes (Rymshaw *et al.*, 1998; Quine *et al.*, 1999; Thapa *et al.*, 1999; Dercon *et al.*, 2007), par chevaux en Pologne (Martini, 1955) et à la houe au Rwanda, en Tanzanie, en Chine et en Thaïlande (Moeyersons, 1989; Lewis, 1992; Turkelboom *et al.*, 1999; Kimaro *et al.*, 2005; Zheng *et al.*, 2007).

En cas de culture mécanisée, les taux d'érosion causés par les labours sont encore plus importants. La conversion récente de pâturages en cultures de maïs en de nombreux endroits d'Europe du Nord-Ouest permet d'observer comment, en une douzaine d'années, des talus surgissent au bas de ces parcelles (Figure 3). En Afrique australe, on a mesuré que l'utilisation de la charrue réversible attachée à des bêtes de trait entraîne typiquement de très grands taux d'érosion aratoire parce que, lors de chaque passage, le laboureur déverse le sol vers le bas afin de minimiser la résistance exercée par le sol sur la charrue, et donc l'énergie dépensée (Quine *et al.*, 1999).

Pour des processus géomorphologiques diffusifs, tels l'érosion en nappe, le creep ou l'érosion aratoire, le paramètre K (kg m<sup>-1</sup>), établi à partir de mesures expérimentales, permet de comparer l'intensité (Kirkby, 1971):

$$K = Q_s/S \quad (1)$$

où  $Q_s$  = taux de transport du sol (kg m<sup>-1</sup>) et  $S$  = la pente, exprimée comme l'accroissement de l'élévation par unité horizontale de distance.

Le tableau 1 montre les valeurs relativement grandes de K pour l'érosion aratoire par araire (entre 68 et 187 kg m<sup>-1</sup> an<sup>-1</sup>).



Figure 4. Père et fils aux labours avec des attelages de bœufs tirant l'araire (Hechi, Ethiopie du Nord). L'action de la gravité mène au déplacement de l'horizon cultivé vers l'aval du versant (Photo M. Jacob).

Nos expériences de terrain en Ethiopie ont montré en outre qu'en moyenne la moitié du sédiment accumulé dans les *daget* est apporté par le ruissellement et

l'autre moitié via l'érosion par les labours (Nyssen *et al.*, 2000b). Comme ce dernier type d'érosion est indépendant de la longueur de la pente, des rideaux importants peuvent se développer également sur des parcelles étroites parallèles aux courbes de niveau, comme cela a été démontré en Pologne également (Patro *et al.*, 2008).

Enfin, l'existence de rideaux sur des pentes actuellement sous prairie, tel que cela existe en Belgique, dans le pays de Herve, par exemple, pourrait à première vue

faire penser à des accumulations dues au creep à hauteur des haies. Cela est toutefois contredit par les faits suivants: (1) l'existence tant en Europe qu'en Ethiopie d'un contact clair dans le rideau entre le sol *in situ* et les colluvions (Fig. 5), (2) le fait que le coefficient K des processus diffusifs est de l'ordre de cent fois plus grand pour l'érosion mécanique sèche que pour le creep (tableau 1), et (3) l'existence de rideaux sur des terres agricoles actuelles, ainsi que sur d'anciennes terres agricoles reboisées (où il n'y a donc pas de haies).



Figure 5. Coupe à travers un daget à Hechi, Tigré, Ethiopie. La ligne en trait interrompu représente la surface originelle du sol avant accumulation du daget. A est la zone d'accumulation, B la zone d'érosion (Photo K. Vancampenhout).

## 5. DISTRIBUTION NON-HOMOGÈNE DE RIDEAUX SUR LES PENTES

En Ethiopie, les processus mentionnés conduisent à la formation de terrasses de culture exposant des profils diversement conservés selon qu'on se trouve en tête ou en bas de champ (Figure 5). Par analogie, en Europe, l'affleurement du substrat rocheux dans la partie supérieure d'une terrasse, en pied de rideau, ne constitue en aucune façon une preuve que la structure ait été creusée intentionnellement, comme suggéré par (Van Westreenen, 2008); c'est plutôt une conséquence négative de l'érosion aratoire, comme en atteste aussi la présence de sillons de labour historiques dans le sommet de la roche, tant en Ethiopie (Nyssen *et al.*, 2000a) qu'en Europe (Wood, 1961). Du point de vue de l'économie du système agraire, on imagine mal les paysans de la période préindustrielle excavant un sol forestier ou du loess fertile pour mettre à jour et cultiver la roche, même s'il s'agissait de la craie tendre du Heuvelland limbourgeois.

L'analyse de photos aériennes a démontré en outre que, dans la région d'étude du nord de l'Ethiopie, 21% des daget ont disparu entre 1974 et 1994 (Nyssen *et al.*,

2000a). Ils ont été nivelés dans le but d'accroître la surface emblavée et de répartir les sédiments fertiles qui étaient accumulés à leur hauteur. Famine et pauvreté ont poussé les paysans à tenter d'accroître leur production agricole à court terme de cette manière. Ceci est également l'explication la plus probable de la variabilité locale des rideaux que l'on peut observer dans les régions limoneuses et les zones adjacentes d'Europe: un paysan peut décider d'augmenter l'aire emblavée de son champ en labourant les rideaux; cela a toujours lieu de nos jours, particulièrement dans le cadre des remembrements.

## 6. CONCLUSIONS

A part le fait qu'il n'y a généralement pas eu de conversion de terres arables en pâturages, les rideaux d'Ethiopie sont très similaires à ceux d'Europe, où il a également été démontré que ces formes ont été créées par l'érosion aratoire et l'érosion hydrique de terres temporairement dénudées (Gerlach, 1963; Ozer, 1969; Bollinne, 1971; Poesen *et al.*, 1997; Van Oost et Govers, 1998; Patro *et al.*, 2008). Evidemment, cette analyse ne concerne que les rideaux *sensu stricto*, à l'exclusion des nombreux

talus d'origine non agricole, tels les excavations de terre à brique, les terrasses et berges de rivière ou les chemins creux.

A travers le monde, les observations et mesures sur le terrain lient systématiquement les rideaux à l'action combinée du ruissellement, des labours et de la gravité, qui ont lieu dès que la terre est cultivée. Ces observations sont beaucoup plus convaincantes que des hypothèses étymologiques sur des excavations délibérées.

Les âges des rideaux dans la région limoneuse euro-

péenne et la vitesse de leur accumulation ne peuvent être connus avec précision qu'à travers l'analyse de coupes, impliquant des descriptions et analyses de profil ainsi que la datation des formes. De telles investigations pourraient définitivement démontrer que les paysans du Moyen-Age ou des époques antérieures ne dépensèrent certainement pas leur temps et leur énergie à l'excavation de sols forestiers fertiles, au risque de faire affleurer un substrat stérile.

Processus	Région	K (kg m <sup>-1</sup> an <sup>-1</sup> )	Source
Erosion aratoire: araire	Ethiopie	68 - 136	(Nyssen et al., 2000b)
	Andes	187	(Dercon et al., 2007)
Erosion aratoire: agriculture mécanisée	Belgique (loess)	350-550	(Van Oost et al., 2005)
Erosion hydrique sur parcelles cultivées	Ethiopie	173	(Nyssen et al., 2008b)
Creep	USA	44	(McKean et al., 1993)
	Belgique	5-10	(Govers et al., 1993)
Déplacement de fragments de roche sur pente d'éboulis	Ethiopie	4 - 69	(Nyssen et al., 2006)
	Grèce	3 - 121	(Oostwoud Wijdenes et al., 2001)

Tableau 1. Valeurs annuelles du paramètre K pour différents processus géomorphologiques diffusifs.

## Remerciements

Nous remercions les paysans éthiopiens qui nous ont patiemment permis de faire cette recherche sur leurs champs et qui ont fourni les explications nécessaires, ainsi qu'Elza Vandenabeele, informatrice-clé pour la situation dans la partie orientale de la région limoneuse belge. Des discussions sur le terrain avec Gérard Govers et Wim Clymans (K.U.Leuven, Belgique) et Hans Hurni (Université de Berne, Suisse) ont contribué à notre compréhension du sujet.

## Références

- Aufrère, L., 1927. Les rideaux, étude topographique. *Annales de Géographie*, 216, 529-560.
- Bollinne, A., 1971. Les rideaux en Hesbaye gembloutoise. *Bull. Soc. Géogr. Liège*, 7, 61-67.
- Dabney, S., 2006. Terrace relationships. In, R. Lal (Ed.), *Encyclopedia of Soil Science*. CRC Press, Boca Raton, USA, pp. 1752-1755.
- De Alba, S., Lindstrom, M., Schumacher, T.E. et Malo, D.D., 2004. Soil landscape evolution due to soil redistribution by tillage, a new conceptual model of soil catena evolution in agricultural landscapes. *Catena*, 58(1), 77-100.
- Dercon, G., Govers, G., Poesen, J., Sanchez, H., Rombaut, K., Vandenbroeck, E., Loaiza, G. et Deckers, J., 2007. Animal-powered tillage erosion assessment in the southern Andes region of Ecuador. *Geomorphology*, 87(1-2), 4-15.
- Fénelon, P., 1956. Les rideaux de la Picardie et de la péninsule ibérique. *Bull. Assoc. des Géographes français*, 255-256, 2-9.
- Fénelon, P., 1963. Controverse sur les 'rideaux'. *Bull. Assoc. des Géographes français*, 316-317, 24-28.
- Gerlach, T., 1963. Les terrasses de culture comme indice de modification des versants cultivés. In, H. Mortensen (Ed.), *Neue Beiträge zur internationalen Hangforschung*. Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen, pp. 239-249.
- Govers, G., Quine, T.A. et Walling, D.E., 1993. The effect of water erosion and tillage movement on hillslope development, a comparison of field observations and model results. In, S. Wicherek (Ed.), *Farm Land Erosion in Temperate Plains Environment and Hills*. Elsevier, Amsterdam, pp. 285-300.
- Govers, G., Vandaele, K., Desmet, P., Poesen, J. et Bunte, K., 1994. The role of tillage in soil redistribution on hillslopes. *European Journal of Soil Science*, 45(4), 469-478.
- Govers, G., Lobb, D. et Quine, T., 1999. Tillage erosion and translocation, emergence of a new paradigm in soil erosion research. *Soil & Tillage Research*, 51, 167-174.
- Herweg, K. et Ludi, E., 1999. The performance of selected soil and water conservation measures - case studies from Ethiopia and Eritrea. *Catena* 36, 99-114.
- Hudson, N., 1992. *Land husbandry*. Batsford, London, 192 pp.
- Kimaro, D.N., Deckers, J.A., Poesen, J., Kilasara, M. et Msanya, B.M., 2005. Short and medium term assessment of tillage erosion in the Uluguru Mountains, Tanzania. *Soil and Tillage Research*, 81(1), 97-108.
- Kirkby, M.J., 1971. Hillslope process-response models based on the continuity equation. *Inst. Br. Geogr. Spec. Publ.*, 3, 331-344.
- Lebeau, R., 1991. *Les grands types de structures agraires dans le monde*. Masson, Paris, 180 pp.
- Lewis, L., 1992. Terracing and accelerated soil loss on Rwandan steeplands, a preliminary investigation of the implications of human activities affecting soil movement. *Land Degradation and Rehabilitation*, 3, 241-246.
- Martini, Z., 1955. Considerations regarding theory and practice of agricultural instruments [in Polish]. *Rocz.*

- Nauk Roln., 71-F-1, 57-72.
- McKean, J.A., Dietrich, W.E., Finkel, R.C., Southon, J.R. et Caffee, M.W., 1993. Quantification of soil production and downslope creep rates from cosmogenic  $^{10}\text{Be}$  accumulations on a hillslope profile. *Geology*, 21(4), 343-346.
- Moeyersons, J., 1989. La nature de l'érosion des versants au Rwanda. *Ann. Sc. écon.*, 19. Mus. Roy. Afr. Centr., Tervuren, 379 pp.
- Nyssen, J., 1995. Approche de l'érosion des sols sur les Hauts Plateaux du Tigré (Ethiopie) - Exemple en Dega Tembien. *Mém. Lic. Sc. Géogr. Université de Liège, Faculté des Sciences, Liège*.
- Nyssen, J., Mitiku Haile, Moeyersons J., Poesen, J. et Deckers, J., 2000a. Soil and water conservation in Tigray (Northern Ethiopia): the traditional daget technique and its integration with introduced techniques. *Land Degradation and Development*, 11, 199-208.
- Nyssen, J., Poesen, J., Mitiku Haile, Moeyersons, J. et Deckers, J., 2000b. Tillage erosion on slopes with soil conservation structures in the Ethiopian highlands. *Soil and Tillage Research*, 57(3), 115-127.
- Nyssen, J., Mitiku Haile, Moeyersons, J., Poesen, J. et Deckers, J., 2001. Les daget, une technique traditionnelle de conservation des sols et de l'eau au Tigré (Nord de l'Ethiopie) et son intégration avec la technologie introduite. *Espaces tropicaux*, 16, 301-313.
- Nyssen, J., Poesen, J., Moeyersons, J., Deckers, J. et Mitiku Haile, 2006. Processes and rates of rock fragment displacement on cliffs and scree slopes in an amba landscape, Ethiopia. *Geomorphology*, 81(3-4), 265-275.
- Nyssen, J., Naudts, J., De Geyndt, K., Mitiku Haile, Poesen, J., Moeyersons, J. et Deckers, J., 2008a. Soils and land use in the Tigray highlands (Northern Ethiopia). *Land Degradation & Development*, 19(3), 257-274.
- Nyssen, J., Poesen, J., Moeyersons, J., Mitiku Haile et Deckers, J., 2008b. Dynamics of soil erosion rates and controlling factors in the Northern Ethiopian Highlands - towards a sediment budget. *Earth Surface Processes and Landforms*, 33(5), 695-711.
- Nyssen, J., Descheemaeker, K., Amanuel Zenebe, Poesen, J., Deckers, J. et Mitiku Haile, 2009. Transhumance in the Tigray highlands (Ethiopia). *Mountain Research and Development*, 29, 255-264.
- Oostwoud Wijdenes, D., Poesen, J., Vandekerckhove, L. et Kosmas, C., 2001. Measurements at one-year interval of rock-fragment fluxes by sheep trampling on degraded rocky slopes in the Mediterranean. *Zeitschrift für Geomorphologie N.F.*, 45, 477-500.
- Ozer, A., 1969. Microrelief et dessin parcellaire. Rideaux et "Ackerberge" dans la région de Stavelot. *Bulletin de la Société Géographique de Liège*, 5, 111-120.
- Patro, M., Wegorek, T. et Zubala, T., 2008. Ploughed-on terraces in loess landscape of strongly developed high plains. *Annals of Warsaw University of Life Sciences - SGGW. Land Reclamation*, 39, 95-101.
- Poesen, J., Van Wesemael, B., Govers, G., Martinez-Fernandez, J., Desmet, P., Vandaele, K., Quine, T. et Degraer, G., 1997. Patterns of rock fragment cover generated by tillage erosion. *Geomorphology*, 18(3-4), 183-197.
- Poesen, J.W., Torri, D. et Bunte, K., 1994. Effects of rock fragments on soil erosion by water at different spatial scales - a review. *Catena*, 23(1-2), 141-166.
- Quine, T.A., Walling, D.E., Chakela, Q.K., Mandiringana, O.T. et Zhang, X., 1999. Rates and patterns of tillage and water erosion on terraces and contour strips, evidence from caesium-137 measurements. *Catena*, 36(1-2), 115-142.
- Raistrick, A. et Chapman, S.E., 1929. The lynchets groups of upper Wharfedale. *Antiquity*, 3, 165-181.
- Roose, E., 1994. Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES). *Bulletin Pédologique de la FAO*, 70. FAO, Rome.
- Rhuthenberg, H., 1980. Farming systems in the tropics. Clarendon Press, Oxford, 313 pp.
- Rymshaw, E., Walter, M. et Van Wambeke, A., 1998. Processes of soil movement on steep cultivated hill slopes in the Venezuelan Andes. *Soil And Tillage Research*, 44, 265-272.
- Solomon G., Mouazen, A.M., Van Brussel, H., Ramon, H., Nyssen, J., Verplancke, H., Mintesinot Behailu, Deckers, J. et De Baerdemaeker, J., 2006. Animal drawn tillage, the Ethiopian ard plough, maresha, A review. *Soil and Tillage Research*, 89(2), 129-143.
- Thapa, D., Cassel, D. et Garrity, D., 1999. Assessment of tillage erosion rates on steepland Oxisols in the humid tropics using granite rocks. *Soil and Tillage Research* 51, 233-243.
- Turkelboom, F., Poesen, J., Ohler, I. et Ongprasert, S., 1999. Reassessment of tillage erosion rates by manual tillage on steep slopes in northern Thailand. *Soil & Tillage Research*, 51, 245-259.
- Van Oost, K. et Govers, G., 1998. Bodemverplaatsing door landbewerking in de Belgische leemstreek: modelleren, kwantificeren en temporele evolutie. *De Aardrijkskunde*, 1998, 91-99.
- Van Oost, K., Van Muysen, W., Govers, G., Deckers, J. et Quine, T.A., 2005. From water to tillage erosion dominated landform evolution. *Geomorphology*, 72(1-4), 193-203.
- Van Westreenen, F., 2008. Graften en graven in het Heuvelland. *Natuurhistorisch Maandblad*, 97(9), 183-189.
- Westphal, E., 1975. Agricultural systems in Ethiopia. Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen, 278 pp.
- Wood, P.D., 1961. Strip Lynchets Reconsidered. *The Geographical Journal*, 127(4), 449-459.
- Yvard, J.C., 1977. La genèse des « rideaux ». *Picardie Information*, 26, 55-57.
- Zheng, J.-J., He, X.-B., Walling, D., Zhang, X.-B., Flanagan, D. et Qi, Y.-Q., 2007. Assessing soil erosion rates on manually-tilled hillslopes in the Sichuan hilly basin using  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{210}\text{Pb}$  measurements. *Pedosphere*, 17(3), 273-283.