

COMPARAISON DES PHENOMENES D'EROSION ENTRE LE NORD ET LE SUD DE L'EUROPE: AMPLEUR DES PROBLEMES ET NATURE DES MECANISMES

Jean-Claude REMY * et Yves Le BISSONNAIS **

* ENSA-INRA UFR de Science du sol, 2 place Viala 34060 MONTPELLIER France

** INRA Service d'étude des sols et de la carte pédologique de France, Domaine de Linères 45160 ARDON

Résumé

L'érosion hydrique concerne en Europe plusieurs millions d'hectares, causant de nombreux dégâts dans les zones d'atterrissement des matériaux, ainsi qu'une perte durable de la fertilité dans les zones concernées. Dans tous les cas, l'intervention de l'homme est lourdement impliquée par les pratiques agricoles actuelles et le non respect des règles élémentaires d'entretien des sols et par l'abandon par commodité des techniques anti-érosives. Le problème est suffisamment sérieux pour justifier un programme européen d'évaluation et de lutte contre l'érosion.

En prenant en compte le schéma classique d'analyse des risques d'érosion comportant:

- l'évaluation de l'agressivité des pluies,
- Le relief et le schéma d'écoulement des eaux,
- la susceptibilité du matériau sol au détachement et au transport,
- la dynamique d'évolution des états de surface, y compris le couvert végétal,

On peut mettre en évidence les différences de comportement entre le Nord et le Sud de l'Europe.

Le Nord de l'Europe est essentiellement caractérisé par un climat maritime, avec une pluviométrie relativement bien répartie, avec des épisodes pluvieux assez longs et d'intensité faible à moyenne. Les sols, en grande partie limoneux, avec un taux d'argile compris entre 10 et 30% ont été cultivés de manière intensive avec une mécanisation croissante. Le taux de matière organique est passé en 30 ans de 2,5 % à 1,6%, rendant ces sols beaucoup plus sensibles à la battance et à l'érosivité. En outre les remembrements ont conduit à modifier le parcellaire en accroissant les surfaces des parcelles, en supprimant les haies et fossés, augmentant de façon spectaculaire les longueurs de circulation des eaux sans obstacles. En conséquence, malgré de faibles pentes, inférieures à 5 %, les dégâts d'érosion sont de plus en plus fréquents et de gravité croissante.

Des solutions à cette dérive existent. Elles comprennent un renforcement de la gestion organique des terres pour restaurer la stabilité de structure du sol et l'entretien de la bioturbation des sols par les auxiliaires de la faune du sol, une politique de couverture maximale du sol pendant l'hiver, une réhabilitation des haies et fossés dans un parcellaire redessiné.

Dans les régions Sud de l'Europe, les sols sont beaucoup plus variés et pentus, et donc de susceptibilité très différente à l'érosion. Par contre le climat, essentiellement de type méditerranéen, présente des épisodes pluvieux beaucoup plus agressifs, avec des quantités comparables, mais une répartition beaucoup plus aléatoire et surtout des intensités très élevées

pouvant atteindre ou dépasser 100 mm/h. C'est ainsi que plus de 90% des pertes en sol annuelles peuvent être enregistrées en une seule pluie. En raison de températures plus élevées, du recours à l'irrigation et du travail du sol, la minéralisation de la matière organique est plus rapide, avec des restitutions souvent plus faibles que dans les régions nordiques. La conséquence est l'observation de teneurs en matière organique très faibles, parfois inférieures à 1% dans les sols viticoles ou dans les vergers. Le tassement par les nombreux passages d'engins et le désherbage chimique contribuent à imperméabiliser les sols agricoles et à favoriser largement le ruissellement au détriment de l'infiltration. Des épisodes catastrophiques peuvent ainsi être observés.

Plus récemment des Recherches ont été entreprises sur des petits bassins versants expérimentaux pour mieux connaître les cycles hydrogéochimiques des eaux dans ces contrées afin de dégager des règles de bonne gestion du territoire en reconsidérant le parcellaire en fonction du relief, de manière à réduire le libre parcours moyen de l'eau, et en étudiant des modes d'entretien du sol limitant les risques de ruissellement et d'érosion en associant bandes enherbées et travail du sol. Le devenir et le transfert des pesticides sont également étudiés, à la fois comme traceur de l'érosion et en tant que risque de pollution des sols et des eaux.

Mots clés: Erosion, Europe, pluie, stabilité de structure, pratiques culturales.

Abstract

Water erosion concerns in Europe several million hectares and causes numerous damages in deposit zones as well as durable loss of fertility. In all cases, human activities are heavily involved, by an aggressive cropping management system. In addition, anti-erosive practices are abandoned as a result of their cost and difficulties. The problem is so important that European Community start 8 years ago an evaluation program of soil conservation and monitoring.

Taking into account classic scheme of erosion risk analysis, it is possible to show the differences between North and South Europe:

- Rain erosivity evaluation
- Relief and hydraulic network
- Erodibility of soils
- Dynamic of soil surface under climatic conditions, tillage practices, and vegetal cover evolution

In the North of Europe climate is oceanic type, with abundant and regular rainfall. Most of the soils is loamy soil and presents a poor structural stability. Modern practices and mechanization increase the sensitivity to rain drops impact's degradation and rill erosion processes. Soil organic matter contents are decreasing from 2.5% to 1.6% during the thirsty passed years. Plot size increasing, hedges and ditches suppression conduce also to soil erosion. Damages are more and more frequent in this part of Europe where the soils are considered as the most fertile. Solutions and remedy are nevertheless possible such: Improving organic matter status, new design for field limits in the landscape and adequate tillage in space and time.

In Mediterranean countries, soils are more various and the slopes remain important. Raining regime is characterized by its irregularity: Dry in summer but with storm and two

raining periods: in autumn and in the spring. Rain intensity may reach 100 mm/h. Ninety percent of soil losses may occur in only one rainy period. With high temperature and intensive practices such irrigation and tillage, soil organic matter contents are dramatically low, less than 1%. Compaction and chemical weed control contribute to reducing infiltration rate, increasing run-off and catastrophic erosion.

More recently, research works are carried out on water cycling in elementary watershed, specially in cultivated area for better understanding impact of cropping management system and monitoring soil conservation and pollution preventing.

Key-Words: Erosion, Europe, Rain, Structure stability, cropping practices

1 - Introduction

L'érosion hydrique est un processus naturel dont l'ampleur s'est aggravée avec l'utilisation des sols par l'homme. L'ablation des sols s'oppose au processus de formation. Il y a dégradation lorsque l'enlèvement de matériaux n'est plus compensée par la genèse. C'est surtout la disparition de l'horizon A qui est concernée. Très souvent l'érosion se stabilise lorsque l'on atteint l'horizon B d'accumulation d'argile, plus cohérent.

Outre la perte de fertilité, l'érosion conduit parfois à des catastrophes naturelles, dues pour une part au ruissellement, avec des risques d'inondation en aval, et pour une autre part aux coulées de boues et atterrissements dévastateurs. Nous tenterons de faire le point sur quelques aspects de l'érosion en Europe, notamment dans les zones cultivées, tant au niveau de la situation qu'au niveau des progrès réalisés dans la compréhension des mécanismes et les méthodes de prévention.

Il est difficile d'évaluer l'incidence économique de l'érosion. De PLOEY 1990, l'estimait déjà à plus de 10 Md F par an. La simple perte en sol de 10 T/ha signifie une perte de 440F en ne comptant que la perte en humus et en élément fertilisants, soit déjà 11 Md F pour 25 Mha! La réduction de la productivité est difficile à chiffrer. Si l'on retient l'équation proposée par LAL en 1988 pour le Maïs au Nigeria: $Y = 6,7 * \exp(-0,003 * E)$, toujours pour 10 T/ha/an, nous obtenons 180 F/ha soit 4,5 Md F pour 25 Mha.

Les efforts de recherche et les moyens consacré à la prévention de l'érosion sont donc largement sous-estimés face à ce fléau.

2 - L'importance de l'érosion en Europe

Selon De PLOEY (1990), 25 Mha sont concernés par l'érosion en Europe. Ce sont aussi 5 Mha en France, 3,5 Mha en Grèce, 0,5 Mha en Belgique. 10 M\$ ont été consacrés par l'Union Européenne au programme CORINE et à son volet érosion pour faire l'inventaire de la situation dans les pays membres les plus concernés: Espagne, Italie, Grèce, Sud de la France.

L'érosion était déjà bien connue dans les régions du sud de l'Europe. Le relief marqué, avec des pentes de 5 à 30%, est favorable au transfert des matériaux lors des périodes de ruissellement intense, notamment en Espagne (ALBALADEJO J. et al. 1991, BENITO E et al. 1991). Le régime des pluies dans les zones méditerranéennes est très aléatoire.

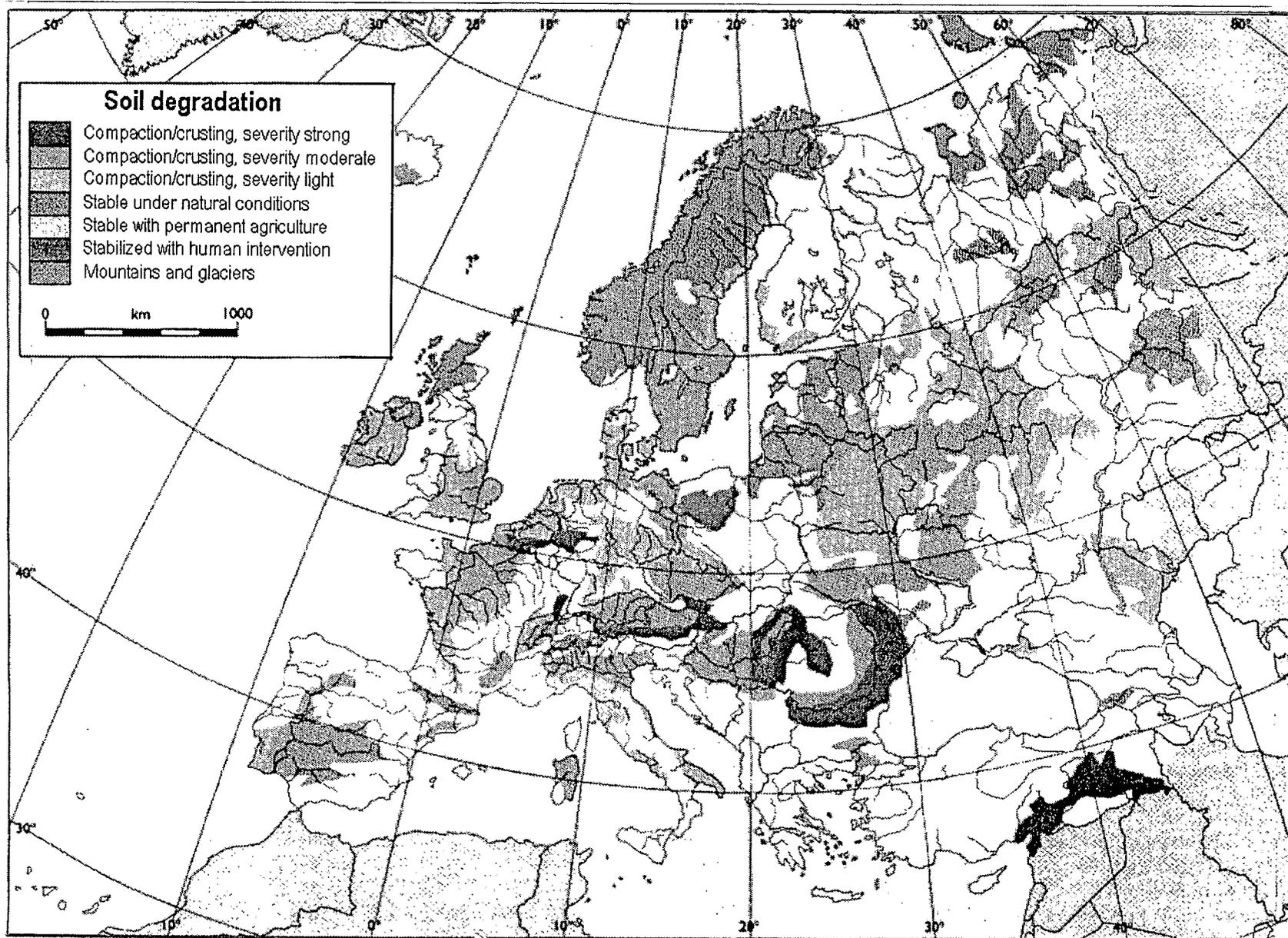


Fig. 1 - Principales causes de dégradation des sols en Europe (Van Lynden 1992)

Même si la pluviométrie annuelle reste modérée, 500 à 1000 mm, la répartition est irrégulière, avec un été très sec et deux périodes pluvieuses : l'une au printemps, l'autre plus abondante à l'automne débutant par de nombreux orages. Les intensités pluviométriques sont en général élevées, pouvant dépasser parfois les 100 mm/h. Ces régions très peuplées sous-tendent une agriculture intensive (viticulture, arboriculture, maraîchage). Les températures élevées (moyenne annuelle 13 à 15 °C) jointes au travail du sol intensif et à l'irrigation conduisent à une chute des taux de matière organique des sols et à l'instabilité de leur structure. Ainsi les sols viticoles contiennent souvent moins de 1% de matière organique et sont ainsi particulièrement vulnérables (BONFILS P. 1989). La mécanisation et la lutte chimique contre les adventices réduisent la capacité d'infiltration des sols, générant des ruissellements plus abondants.

Dans le Nord de l'Europe, les praticiens se sont longtemps intéressés aux processus de compaction des sols, comme le montre la carte des dégradations physiques des sols (fig.1) dressée par VAN LYNDEN (1992). La prise de conscience de l'importance de l'érosion dans ces sols a pourtant commencé dès les années 1985, avec une relance des recherches dans cette direction. Les sols limoneux des grandes plaines européennes, bassin de Londres, de Paris, de Belgique, du Nord de l'Allemagne, possèdent des pentes modérées, inférieures à 5% et souvent 2% et ont longtemps été considérés comme non sensibles à l'érosion, étant classés parmi les plus fertiles d'Europe. Toutefois l'accroissement de la fréquence d'apparition des ravines a conduit à la nécessité d'une meilleure expertise de la situation. Les études statistiques portant sur l'évolution des taux de matière organique des sols cultivés montrent toutes une décroissance marquée depuis 30 ans, avec toutefois un début de stabilisation. Ainsi dans le Nord de la France on est passé de 2,5 % à 1,6 % soit une diminution relative de 1 % par an. Le même chiffre est avancé en Russie pour caractériser la dégradation de la fertilité des terres. En outre l'accroissement de la taille des parcelles, la suppression des haies vives, le comblement des fossés, le passage répété de matériels agricoles ont conduit à la formation de rigoles puis de ravines dans les champs cultivés, surtout en automne et au printemps, lorsque les sols sont nus après une préparation des sols pour le semis.

L'examen de la carte des risques d'érosion hydrique (fig. 2) fait apparaître au total un risque important d'érosion hydrique sur 115 Mha soit 12% des terres émergées d'Europe (tableau 1):

Processus	Surface concernée (Mha)	Pourcentage
Erosion hydrique	115	12
Erosion éolienne	42	4
Acidification	85	9
Compaction	33	4
Pollution nitrate et phosphate	170	18
Pollution pesticides	180	19

Tableau 1 : Emprise des processus de dégradation des sols en Europe (Stanners et Bourdeau 1995)

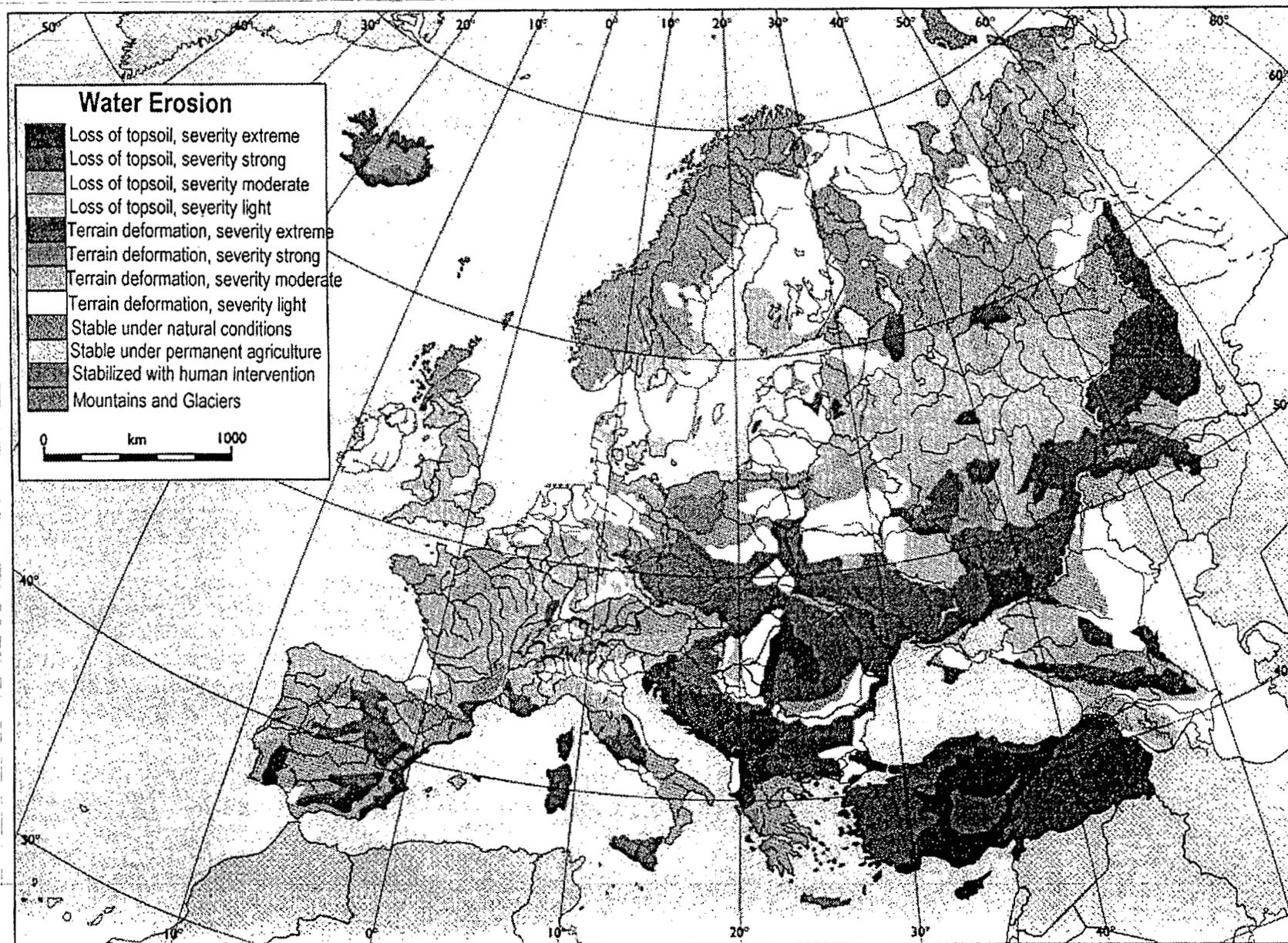


Fig 2 : Carte des risques d'Erosion hydrique en Europe selon Van Lynden 1992

3 - Les mécanismes de dégradation

- Les différentes phases du processus d'érosion sont maintenant bien identifiées (fig 3):
- Eclatement des agrégats et détachement des particules sous l'action des gouttes de pluie.
 - Formation d'une croûte structurale et perte d'infiltrabilité.
 - Formation d'une croûte sédimentaire et fermeture de la surface.
 - Ruissellement en nappe après remplissage du volume de rétention superficielle.
 - Concentration des eaux par les réseaux de collecte vers les « collecteurs principaux ».
 - Incision et transport au delà de la vitesse limite et formation des griffes, rigoles et ravines.
 - Dépôt dans les zones d'atterrissement.

Le déterminisme des processus érosifs est généralement décrit selon le schéma suivant (fig 3) :

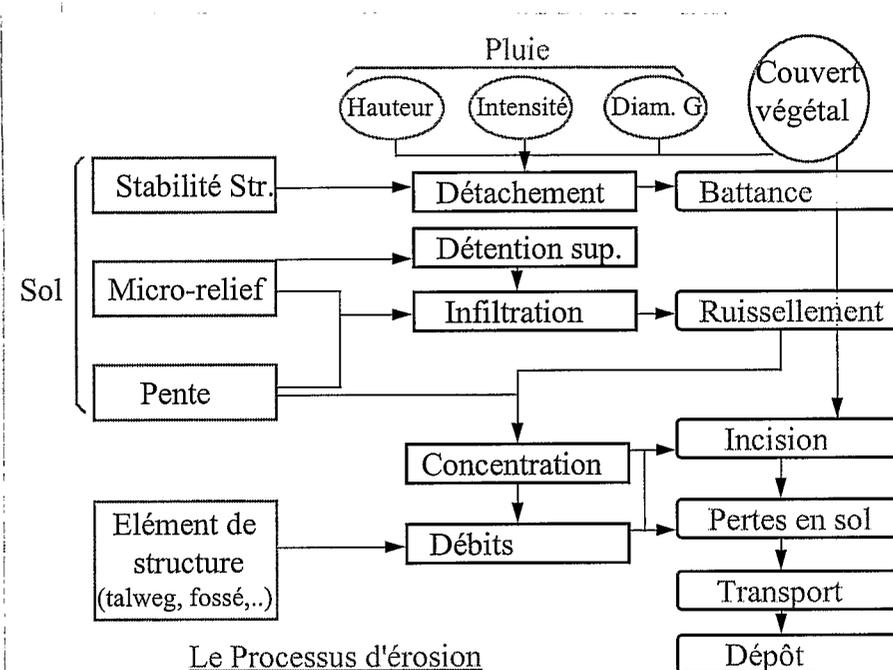


Fig 3 : Les différentes étapes de l'érosion d'après EIMBERCK 1990

Les différentes figures d'érosion (fig. 4) découlent de ces mécanismes et se résument ainsi:

- Erosion en nappe lorsque l'écoulement et le transport s'effectue sur toute la surface.
- Erosion linéaire lorsque la concentration des eaux conduit à la formation de chenaux de dimension croissante: griffes (quelques cm de profondeur), rigoles (incision dans la couche labourée), ravines (incision dépassant la couche labourée).

Il faut noter l'importance du réseau de collecte des eaux, généralement constitué par le travail du sol et le passage des roues des matériels agricoles.

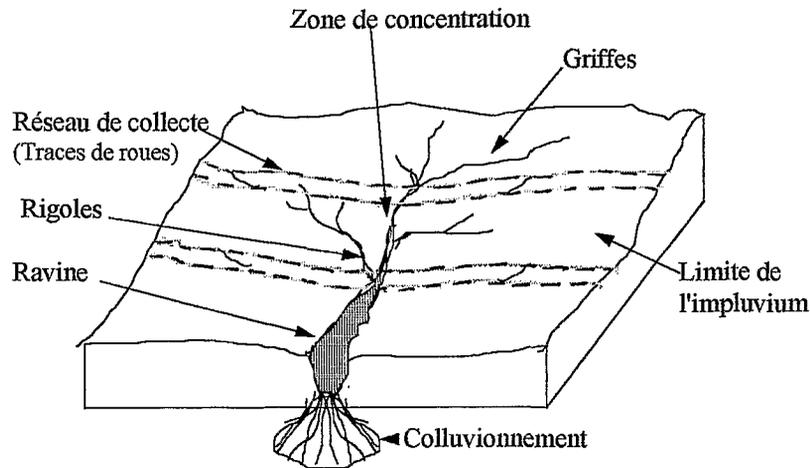


Fig. 4 : Formation des différentes zones de ruissellement et d'érosion d'après Le Bissonais Y. et Papy F. 1997

Nous examinerons quelques un des aspects mentionnés, en identifiant les démarches mises en oeuvre et les résultats.

31 - l'agressivité des pluies selon le climat

Les pluies, lors de l'impact des gouttes, provoquent un détachement de matières et une destruction des agrégats lors de la conversion de l'énergie cinétique en effort de cisaillement. L'évaluation de l'énergie cinétique des gouttes reste un bon critère d'évaluation de l'agressivité des pluies. Nous montrerons ainsi la différence entre un climat maritime (Nord de l'Europe) et un climat méditerranéen (Sud de l'Europe) en reprenant la formulation relative à la chute des gouttes d'eau (in CARLIER M. 1980):

En régime laminaire: (Nombre de Reynolds $R = VD/v$ inférieur à 10000 alors $C=24/R$)

$$V = \frac{1}{18} g(\sigma - \rho) \frac{D^2}{\mu} \quad \text{Loi de Stokes}$$

V : Vitesse limite de chute dans l'air en $m.s^{-1}$

g : Accélération de la pesanteur

σ : Masse volumique de l'eau

ρ : Masse volumique de l'air $1,29 \text{ kgm}^{-3}$

D : Diamètre d'une goutte sphérique

C : Coefficient de traînée

μ : Viscosité dynamique de l'air 18.10^{-6} daPo

ν : Viscosité cinématique de l'air $= \mu/\rho \text{ } 14.10^{-6} \text{ Msk}$

C'est le cas des fines gouttelettes dans les brouillards et nuages pour lesquels le diamètre des gouttes varie de 10 à 30 μm

En régime turbulent ($R > 10000$)

La loi de Stokes ne s'applique plus. Le coefficient de traînée C est constant. On prend ici $C = 0,4$. Le calcul donne alors:

$$V = \sqrt{\frac{20}{6} Dg \left(\frac{\sigma - \rho}{\rho} \right)}$$

Les vitesses sont extrêmement lentes pour les fines gouttelettes qui restent facilement en suspension dans les mouvements ascendants, par contre les gouttes de pluies descendent d'autant plus vite qu'elles sont grosses. Les fortes tailles caractérisent d'ailleurs les fortes intensités. En outre, il existe une relation entre la durée de l'épisode pluvieux et son intensité (PEGUY Ch. P. 1961), selon une expression approchée: $I = I_m \cdot (\text{Durée})^{0,7}$. Nous avons simulé dans ce qui suit deux pluies de 25 mm, l'une en régime maritime, l'autre en régime méditerranéen (fig. 5):

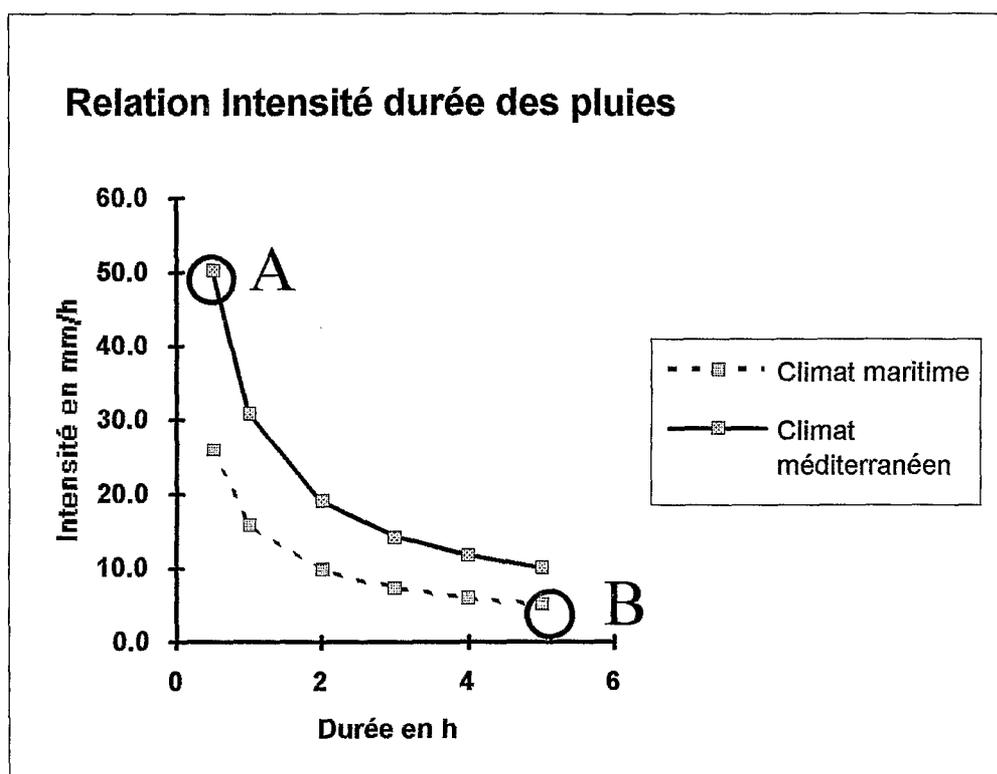


Fig 5 : relation statistique entre l'intensité des pluies et leur durée

La taille des gouttes influe donc largement sur leur vitesse de chute et sur leur énergie cinétique. Nous avons résumé le résultat des calculs sur les diagrammes de la figure 6. On constate que l'énergie cinétique est négligeable pour les fines gouttelettes, mais qu'elle croît de manière logarithmique avec la taille des gouttes de 1 à 10 mm pour les pluies classiques.

En comparant les deux régimes pluviométriques (tableau 3), on constate que pour une même pluie de 25 mm on peut avoir un effet très différent puisque la « puissance calculée » de la pluie varie de 1 à 34 et que l'énergie reçue va de 1 à 4. Des relations empiriques ont d'ailleurs été proposées (LAL R. 1988) pour relier l'intensité d'une pluie à son énergie cinétique :

$$Ec = 11,9 + 8,73 \cdot \log I$$

Ec : Energie cinétique en $J/m^2/mm$

I : Intensité de pluie en mm/h

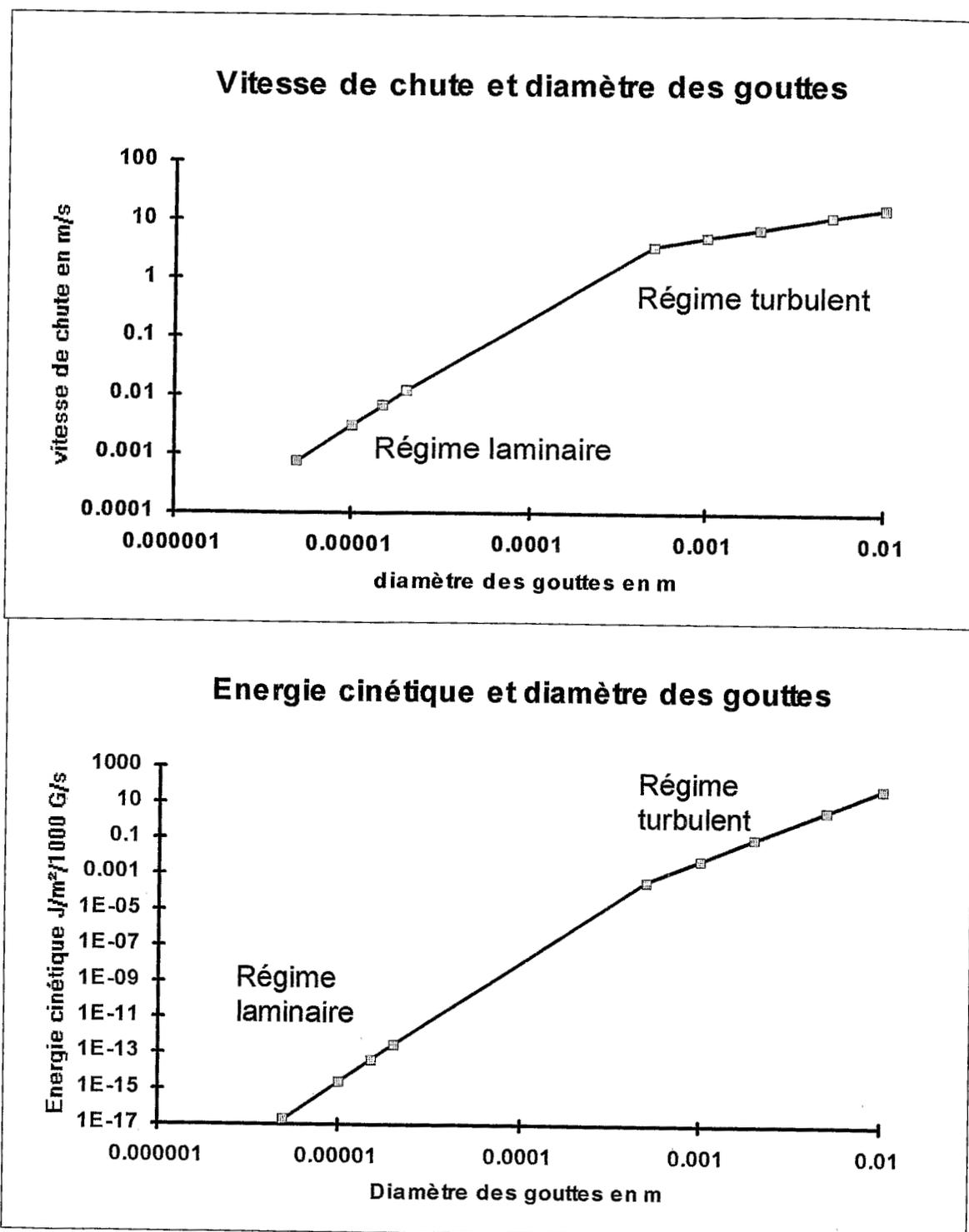


Fig. 6 : Influence de la taille des gouttes sur leur vitesse de chute et leur énergie cinétique

Il y a en effet une liaison statistique entre l'intensité pluviométrique et la taille des gouttes. En poursuivant le calcul (Tableau 3) on peut estimer la puissance de la pluie en fonction de ses deux principales caractéristiques.

Classe	MWD mm	Stabilité	Formation de croûtes
1	<0,4	Très instable	Systematique
2	0,4-0,8	Instable	Fréquente
3	0,8-1,3	Moyen	Moyenne
4	1,3-2,0	Stable	Rare
5	>2,0	Très stable	Jamais

Tableau 4 : Classes de stabilité de structure proposée par Le Bissonnais Y. 1996

Le rôle essentiel joué par la formation des croûtes de battance a nécessité une description détaillée et standardisée de ces croûtes (BOIFFIN J. et al 1988). Nous résumons ces différentes phases sur la fig. 7

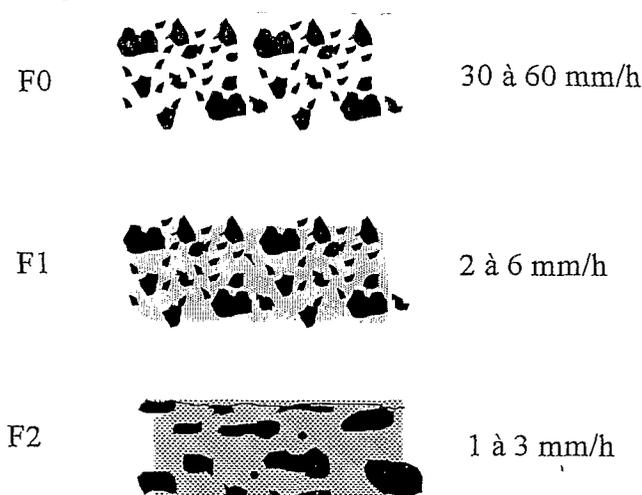


Fig. 7 : Typologie des croûtes de battance et évolution de l'infiltrabilité

Dans le Nord de la France certains auteurs (BOIFFIN J., PAPY F. et EIMBERCK M. 1988) ont proposé une grille de risque prenant en compte l'état de surface d'une part et la rugosité du micro-relief de surface d'autre part. Nous résumons leurs conclusions dans le tableau 5 :

Stade des croûtes de battance			F3		F0		F1		F1/F2		F2	
Présence (+) ou absence (0) traces de roues			0	+	0	+	0	+	0	+	0	+
Rugosité de surface	4	Existence (+)	0									
			+									
	3	absence (0)	0									
			+									
	2	de réseau de collecte	0									
			+									
	1		0									
			+									
Absence d'érosion			Erosion possible				Erosion certaine					

Tableau 5 : Fréquence des cas d'érosion selon l'état de surface d'un impluvium (selon BOIFFIN J et al, 1988)

33 - la compaction et l'imperméabilisation des sols

La compaction des sols, que ce soit sous l'action des agents climatiques ou par l'action de l'homme, conduit à une réduction de la porosité, donc à une réduction de la conductivité hydraulique. La diminution de la capacité d'infiltration constitue ainsi un facteur défavorable, générateur de ruissellement et d'érosion.

En revanche, cette même compaction renforce la cohésion des sols et sa résistance au cisaillement. L'équation de Coulomb donnant la charge de rupture $F = C + P * \tan \Phi$ montre le rôle des deux paramètres essentiels:

- C: cohésion interne qui est essentiellement sous la dépendance des forces capillaires et donc de la teneur en eau de l'agrégat,
- Φ : angle de frottement interne qui est essentiellement sous la dépendance de la porosité du matériau, donc du degré de compaction.

En conséquence, le tassement de certaine partie d'une parcelle peut constituer une solution au processus d'érosion linéaire par formation de rigoles. Il convient alors de bien les localiser dans l'espace.

34 - Le transport des particules

L'érosion en nappe et l'érosion linéaire concernent des zones très différentes. Par contre, à l'exutoire du bassin versant, il y a un mélange des deux origines, ce qui peut expliquer des compositions très différentes de matières en suspension.

Etudié d'abord sur de petites surfaces en simulation de pluie (LELONG F., ROOSE E., DARTHOUT R. et TREVISAN D. 1993) puis sur des bassins versants élémentaires en situation réelle, le régime d'une crue montre un décalage entre le débit liquide et la charge de matières en suspension (fig. 8)

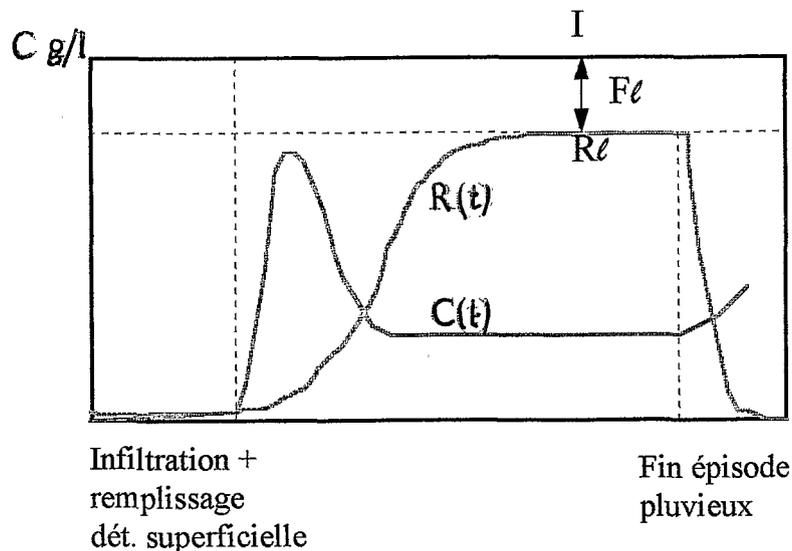


Fig. 8 : Relation entre le débit d'une crue et la charge de matière en suspension (Lelong et al 1993)

Les pesticides et notamment les herbicides peuvent migrer vers l'exutoire soit sous forme soluble, soit sous forme adsorbée sur les colloïdes (humus et argile) contenus dans la charge. Des analyses de situation effectuées dans des bassins versants cultivés en zone méditerranéenne, ont montré l'importance du problème sur le plan de la protection des ressources naturelles (VOLTZ et al. 1996, LENNARTZ B. et al. 1997).

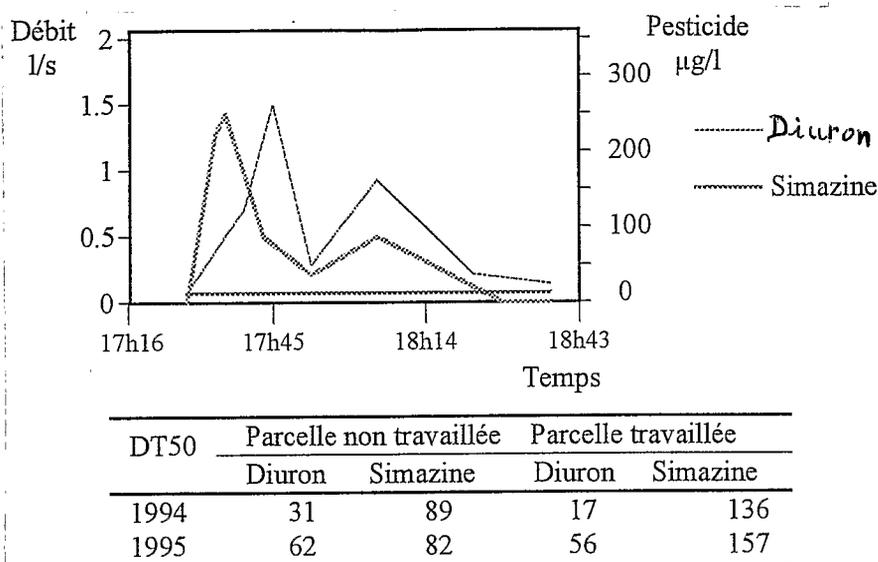


Fig. 9 : Devenir des herbicides dans une parcelle cultivée en vigne (VOLTZ et al. 1996)

Les concentrations rencontrées à la sortie de la parcelle (fig. 9) sont très supérieures à la norme préconisée pour l'eau potable dans l'Union Européenne, à savoir 0,1 µg/l par matière active et 0,5 µg/l au total. Elles sont déjà moindres à l'exutoire du bassin versant. Néanmoins ce type de pollution est associé au processus de ruissellement (partie soluble) et à l'érosion (partie adsorbée sur la phase solide).

Des techniques de marquage isotopique peuvent être mises en oeuvre pour suivre les flux de matières. Le Césium 137 des années 50-70 sert aujourd'hui de marqueur d'érosion (NAVAS A. et MACHIN J. 1991)

4 - les mesures généralement recommandées ou mises en oeuvre

41 - L'entretien organique des terres

Trop souvent négligé, l'entretien organique des terres doit être mieux pris en considération, à la fois pour retrouver une teneur en matière organique compatible avec une bonne stabilité de structure, et pour restaurer une activité biologique suffisante pour assurer un minimum de bioturbation du sol. Il convient alors de restituer la majeure partie des résidus de récolte, de recycler fumier et déchets organiques divers dans les meilleures conditions économiques. Un kilo d'humus coûte à l'agriculteur entre 2 et 3 F !

4.2. - La couverture maximale des sols

La couverture maximale des sols peut se comprendre de deux manières:

- la mise en place de **cultures intermédiaires** entre deux cultures principales. Elle aura l'avantage de réduire l'action destructrice des gouttes de pluies en absorbant la majeure partie de l'énergie cinétique et, grâce à ses racines elle accroîtra la résistance à l'incision et la formation de rigoles. Cependant il faut noter que c'est surtout l'état de surface du sol sous le couvert végétal qui est responsable du ruissellement, indépendamment de la végétation.
- la constitution d'un **mulch** par des débris végétaux ou organiques divers. Cette pratique est utilisée dans les vignobles sous forme d'écorces ou parfois de déchets urbains. L'influence sur la réduction du ruissellement est alors tout à fait nette. Elle est également pratiquée en région tropicale avec les feuilles de palmier.

4.3. - L'optimisation du travail du sol

Le travail du sol restitue la capacité d'infiltration des sols, avec un effet positif sur le cycle de l'eau. Il est aussi responsable de la perte de cohésion et des propriétés mécaniques des sols, facilitant ainsi le départ des matériaux. Il faudrait pratiquement:

- Situer les périodes de vulnérabilité après préparation en dehors des fortes pluies!
- Eviter un émiettement trop grand de la surface du sol.
- Limiter le nombre de passages lors de la préparation des terres pour le semis.
- Pratiquer des labours motteux et dressés.
- Compacter les zones de talweg où les rigoles apparaissent régulièrement.

4.4. - La réduction du parcours libre des eaux

Dès lors que le ruissellement en nappe est déclenché, il convient de rechercher les moyens de limiter la concentration et la vitesse des eaux (AUZET A. V. et al 1990). On peut ainsi:

- diminuer la connectivité du réseau de collecte en évitant des passages de roues croisant ceux réalisés lors d'opérations selon les courbes de niveau,
- conserver les haies ou talus orientés selon les courbes de niveau,
- entretenir un réseau de fossés à section correctement calibrée pour évacuer les eaux à une vitesse inférieure au seuil d'incision,
- créer des zones enherbées capables de permettre l'écoulement des eaux excédentaires tout en maintenant le sol. Elles seront situées dans les endroits où les ravines ont une forte probabilité d'apparaître.

4.5. - La gestion de l'infiltrabilité et du volume de détention

La reconstitution des réserves hydriques du sol et la nécessité de recharger les nappes nécessitent le maintien d'un niveau convenable de la conductivité hydraulique de surface pendant un temps suffisamment long, le ruissellement ne devant fonctionner que comme un système écrêteur de crue.

Pour rester au dessus de 5 mm/h il faut éviter la formation de croûtes de battance sur une trop forte proportion de la surface. La notion de « proportion de surface potentiellement ruisselante » est un des critères souvent retenus pour prédire les pertes en sol. Il tient compte à la fois des caractéristiques des pluies (érosivité) et de la résistance des sols (érodibilité). Il a naturellement: une valeur régionale, comme par exemple les résultats de LUDWIG B. et al. 1996, dans une enquête réalisée dans le Nord de la France:

$$TE = 0,0014 * PR^{1,92}$$

TE : Taux d'érosion en m³/ha

PR : Proportion de surface potentiellement ruisselante

Le volume de détention ne représente un réservoir tampon de quelques mm avant ruissellement (tableau 6). Il peut cependant être mis à profit:

Classe de Rugosité	Ecart-type mm	DTS mm	Aspect de la surface
1	<1,2	0 à 1,5	Battu et tassé
2	1,2 à 2,0	1,5 à 3	légèrement battu
3	2,0 à 3,0	3 à 6	Sol travaillé
4	>3,0	>6	Labour récent

Tableau 6 : Influence de la Rugosité sur le volume de détention superficiel (BOIFFIN J et al 1988)

5. - Conclusion

Nous concluons sur trois points:

Sur l'importance économique:

L'érosion reste une préoccupation majeure dans de nombreuses régions du monde en matière de conservation des sols, au côté d'autres causes de dégradation telle l'acidification ou la salinisation. Les coûts d'entretien ou de restauration des sols, ainsi que les pertes de productivité, se chiffrent par Milliards. Il est essentiel de sensibiliser les décideurs politiques à tous les niveaux, depuis les communes jusqu'au niveau de la planète.

Sur les pratiques à promouvoir

La dégradation des sols par l'érosion n'est pas une fatalité et de nombreuses solutions existent déjà. Elles sont de deux types:

- Celles mises en oeuvre chaque année, en ce qui concerne le travail et le mode d'entretien du sol, la succession culturale et surtout la réhabilitation des pratiques d'entretien organique des sols et de son activité biologique.
- Celles plus lourdes, qui doivent être proposées pour réhabiliter des sols déjà menacés par des processus peu réversibles d'érosion. Elles touchent au parcellaire, à l'organisation des différents éléments de l'espace dans un bassin versant, à la conception de nouveaux réseaux hydrauliques.

Sur les recherches à poursuivre:

Si depuis 1985 les recherches sur l'érosion se sont intensifiées, notamment en Europe où elles avaient pris un retard certain, il est nécessaire de poursuivre les travaux avec une intensité accrue étant donné l'importance des enjeux pour la sécurité des biens et personnes, la productivité agricole et la protection des ressources naturelles. Elles nécessitent:

- la poursuite de l'analyse globale des problèmes au niveau de bassins versants expérimentaux, judicieusement choisis en réseau afin de permettre des comparaisons dans le temps et dans l'espace,
- la nécessité de disposer d'outils fiables de mesure et d'enregistrement automatique des flux étudiés en situation naturelle ou reconstituée,
- la mise au point de techniques de diagnostic reproductibles et faciles à mettre en oeuvre au niveau des praticiens (stabilité de structure, érosivité des pluies),
- développer la modélisation des processus élémentaires sur des bases déterministes, mais aussi une mise en oeuvre de modèles plus holistiques destinés à rendre compte et à gérer des situations complexes,
- enfin rechercher et proposer de nouvelles méthodes de lutte contre l'érosion et proposer des systèmes d'aide à la décision afin d'optimiser les efforts entrepris à tous les niveaux.

BIBLIOGRAPHIE

- ALBALADEJO J., CASTILLO V. and ROLDAN A., 1991. Analysis, evaluation and control of soil erosion processes in a semi-arid environment SE Spain, in soil Erosion Studies in Spain, 1991, Geofoma Ediciones, Lorogno, 9-26
- AUZET A.V., LILIN Ch., BAILLON J.M. et OUVRY J.F., 1990. L'érosion des sols par l'eau dans les régions de grande culture: aspects aménagement, Etude Ministère de l'Environnement et Ministère de l'Agriculture, Paris, 39p
- BENITO E., SOTO B. and DIAZ-FIERROS F., 1991. Soil erosion studies in NW Spain, in soil Erosion Studies in Spain, 1991, Geofoma Ediciones, Lorogno, 55-74
- BOIFFIN J., PAPY F. et EIMBERCK M., 1988. Influence des systèmes de culture sur les risques d'érosion par ruissellement concentré. I Analyse des conditions de déclenchement de l'érosion, *Agronomie*, 8, (8), 663-373
- BOIFFIN J., PAPY F., EIMBERCK M., 1988. Influence des systèmes de culture sur les risques d'érosion par ruissellement concentré. I. Analyse des conditions de déclenchement de l'érosion, *Agronomie*, 8, (8), 663-673
- BONFILS P., 1989. Une évaluation du risque d'érosion dans les pays du sud de la Communauté Européenne, *Science du Sol*, 1989, 27, (1), 33-36
- BORNAND M., 1997. Connaissance et suivi de la qualité des sols en France, Rapport INRA Montpellier, juillet 1997, 176p
- CARLIER M., 1980. in *Hydraulique générale et appliquée*, collection de la Direction des études et de la recherche d'Electricité de France, Eyrolles Edt Paris, 566p
- De PLOEY J., 1990. La conservation des sols, *Supplément La Recherche*, Déc 1990, 227, 38-41

- EIMBERCK M., 1990. Facteurs d'érodibilité des sols limoneux: réflexions à partir du cas du Pays de Caux, Cah. ORSTOM Sér. Pédologie, Vol XXV, (1-2), 81-94
- GARCIA-SANCHEZ L., DI PIETRO L. and GERMANN P. F., 1996. Lattice-gas approach to surface runoff after drain, European Journal of Soil Science 1996, 47, 453-462
- GONZALES HIDALGO J.C., ECHEVERRIA ARNEDO M. T., PELLICER CORELLANO F., 1991. Erosion and ecology in the middle Ebro Basin slope aspect as a factor of erosional processes, in soil Erosion Studies in Spain, 1991, Geofoma Ediciones, Lorogno, 123-135
- JETTEN V., BOIFFIN J. and DE ROO A., 1996. Defining monitoring strategies for runoff and erosion studies in agricultural catchments: a simulation approach, European Journal of Soil Science 1996, 47, 579-592
- KING D. et Le BISSONNAIS Y., 1992. Rôle des sols et des pratiques culturales dans l'infiltration et l'écoulement des eaux, C. R. Ac. Agr. Fr, 1992, 78, (6), 91-105
- LABONNE M., 1994. Dynamique des pesticides dans le bassin viticole de Roujan, DEA Hydrologie Univ. Montpellier II, 50p
- Le BISSONNAIS Y., 1996. Aggregate stability and assessment of soil crustability and erodibility: I. Theory and methodology, European Journal of Soil Science, Dec. 1996, 47, 425-437
- Le BISSONNAIS Y. and ARROUAYS D., 1997. Aggregate stability and assessment of soil crustability and erodibility: II Application to humic loamy soils with various organic carbon contents, European Journal of Soil Science, Mar. 97, 48, 39-48
- Le BISSONNAIS Y. and Le SOUDER Ch., 1995. Mesurer la stabilité structurale des sols pour évaluer leur sensibilité à la battance et à l'érosion, Etude et Gestion des sols, 2, (1), 43-56
- LELONG F., ROOSE E., DARTHOUT R. et TREVISAN D., 1993. Susceptibilité au ruissellement et à l'érosion en nappe de divers types structuraux de sols cultivés ou non cultivés du territoire français. Expérimentation au champ sous pluie simulée, Science du sol, 31, (4), 251-279
- LENNARTZ B., LOUCHART X., VOLTZ M. et ANDRIEUX P., 1997. Diuron and Simazine Losses to Runoff Water in Mediterranean Vineyards, Journal of Environmental Quality, 1997, 26, (6), sous presse.
- LUDWIG B., AUZET A.V., BOIFFIN J., PAPY F., KING D. et CHADOEUF J., 1996. Etats de surface, structure hydrographique et érosion en rigole de bassins versants cultivés du Nord de la France, Etude et Gestion des sols, 3, 1, 53-70
- MISRA R.K. and ROSE C. W., 1996. Application and sensitivity analysis of process-based erosion model GUEST, European Journal of Soil Science 1996, 47, 593-604
- NAVAS A. et MACHIN J., 1991. A preliminary research on the use of Cesium 137 to investigate soil erosion in semi arid landscape of Central Ebro river valley, in soil Erosion Studies in Spain, 1991, Geofoma Ediciones, Lorogno, 191-202
- OUVRY J. F., 1990. Effet de techniques culturales sur la susceptibilité des terrains à l'érosion par ruissellement concentré. Infiltrabilité et formation des croûtes. Expérience du Pays de Caux, Cah. ORSTOM sér. Pédologie 1990, Vol XXV, (1-2), 157-169

- PEGUY Ch. P., 1961. in Précis de climatologie, L'eau liquide et solide, Masson Edit, Paris, 347p
- ROOSE E., 1984. Erosion et conservation des sols, place de la recherche française en région tempérées et tropicales, Livre Jubilaire du centenaire de l'AFES, 1984, p 321-333
- STANNERS D. and BOURDEAU Ph., 1995. in Europe's Environment, European Environment Agency Copenhagen, DG XI, 676p
- VAN LYNDEN G.W.J., 1994. The European soil resource: current status of soil degradation in Europe: causes, impacts and needs for action. ISRIC, Wageningen. Council of Europe Strasbourg.
- VOLTZ M, LENNARTZ B., ANDRIEUX P., LOUCHART X., ROGER L. et LUTTRIGER M., 1996. Transfert de produits phytosanitaires dans un bassin versant cultivé méditerranéen: analyse expérimentale et implication pour la modélisation, Séminaire GIP Hydrosystèmes - GFP, Nancy, mai 1996, 11p
- WICHEREK S., 1994. L'érosion des grandes plaines agricoles, La Recherche, sept 94, Vol 25, 881-888
- WISCHMEIER W. H., 1976. Use and misuse of the universal soil loss equation, Journal of Soil and Water conservation, 1976, 31, (1), 5-9

**RESEAU
EROSION**



Référence bibliographique Bulletin du RESEAU EROSION

Pour citer cet article / How to cite this article

Rémy, J. C.; Le Bissonais, Y. - Comparaison des phénomènes d'érosion entre le nord et le sud de l'Europe : ampleur des problèmes et nature des mécanismes, pp. 15-32, Bulletin du RESEAU EROSION n° 18, 1998.

Contact Bulletin du RESEAU EROSION : beep@ird.fr