

L'érosion et la lutte contre l'érosion en forêt méditerranéenne

par Andrea GIORDANO *

1. Introduction

Un aménagement du territoire en équilibre avec l'environnement doit se fonder sur la qualité des terres et sur la connaissance du risque d'érosion.

Dans les dernières décades, parmi les nombreuses formes de dégradation des terres, l'érosion est devenue très importante.

Les raisons de cette augmentation sont nombreuses et vont des politiques agraires jusqu'aux nouvelles techniques de labours agricoles.

L'érosion du sol est surtout grave dans les pays méridionaux de la Communauté où aux aspects socio-économiques s'ajoutent ceux d'ordre physique :

- irrégularité topographique et versants en forte pente,
- irrégularité climatique qui se manifeste dans les fréquentes successions de périodes de sécheresse et de pluies intenses,
- présence de sols facilement érodables à cause de leur texture, du manque de matière organique et de leur faible profondeur,
- pratiques agricoles qui ont surexploité les terres, favorisant l'érosion du sol.

Les forêts jouissent normalement d'une protection suffisante qui leur vient des branches, des feuilles et surtout de la litière et de l'humus. Néanmoins, il est fort utile de connaître au

préalable le risque d'érosion dans le cas de coupes ou d'incendies.

Dans l'optique de pouvoir disposer d'un cadre de référence assez complet sur le problème du "risque d'érosion du sol dans les pays méridionaux de la Communauté" la Direction Générale XI "Environnement et Protection des Consommateurs" de la Commission des communautés européennes a lancé en 1985 un projet spécifique qui s'intègre dans le programme CORINE (COordination INformation Environment, voir C.E.E. 1987).

L'objet de la présente note est d'illustrer la fonction protectrice de la forêt contre l'érosion et de présenter la méthodologie, les résultats et l'application du projet "érosion sol" du programme CORINE.

2. La forêt et son rôle de protection contre l'érosion hydrique

La forêt est l'expression d'une formation végétale en équilibre avec le climat et le type d'aménagement pratiqué par l'homme. Cet équilibre se réfère aussi à la faune qui vit en forêt et aux produits forestiers qui s'accumulent au sol : résidus végétaux et animaux à différents degrés de décomposition dont le stade final et le plus stable est l'humus.

La forêt et ses caractéristiques sont

prises en compte dans la Fig. 1 pour les mettre en relation avec les processus d'érosion.

2.1. Interception de l'eau de pluie

L'interception est déterminée par le feuillage des arbres ; elle provoque d'une part une soustraction d'eau de pluie et d'autre part la perte d'une partie de l'énergie cinétique de la pluie.

Les précipitations inférieures à 2 mm sont presque entièrement interceptées, tandis qu'au delà de cette quantité l'interception diminue en fonction de l'intensité de la pluie, selon une relation logarithmique.

(cf. Fig. 2)

Il faut encore considérer que pour une même essence l'interception augmente avec la densité et la surface terrière⁽¹⁾ (Noirfalise 1965).

2.2. Evapotranspiration⁽²⁾

Ce phénomène contribue à soustraire une certaine quantité d'eau du sol. Mais étant donné qu'il s'agit d'un processus assez lent comparé à la courte durée des événements pluviaux, il ne faut pas surestimer ce rôle par rapport au contrôle de l'érosion du sol.

Dans les climats humides, l'évapotranspiration d'une forêt est plus élevée

(1) N.d.e. : Surface terrière : superficie de la section de la tige d'un arbre, le plus souvent à hauteur d'homme et sur écorce.

(2) N.d.e. : Evapotranspiration : ensemble des processus combinés qui font passer l'eau de la surface terrestre dans l'atmosphère, sous forme de vapeur par évaporation directe et par transpiration des plantes.

* Professeur
Istituto di Idraulica Agraria - C.so Raffaello 8-10126 Torino - ITALIE

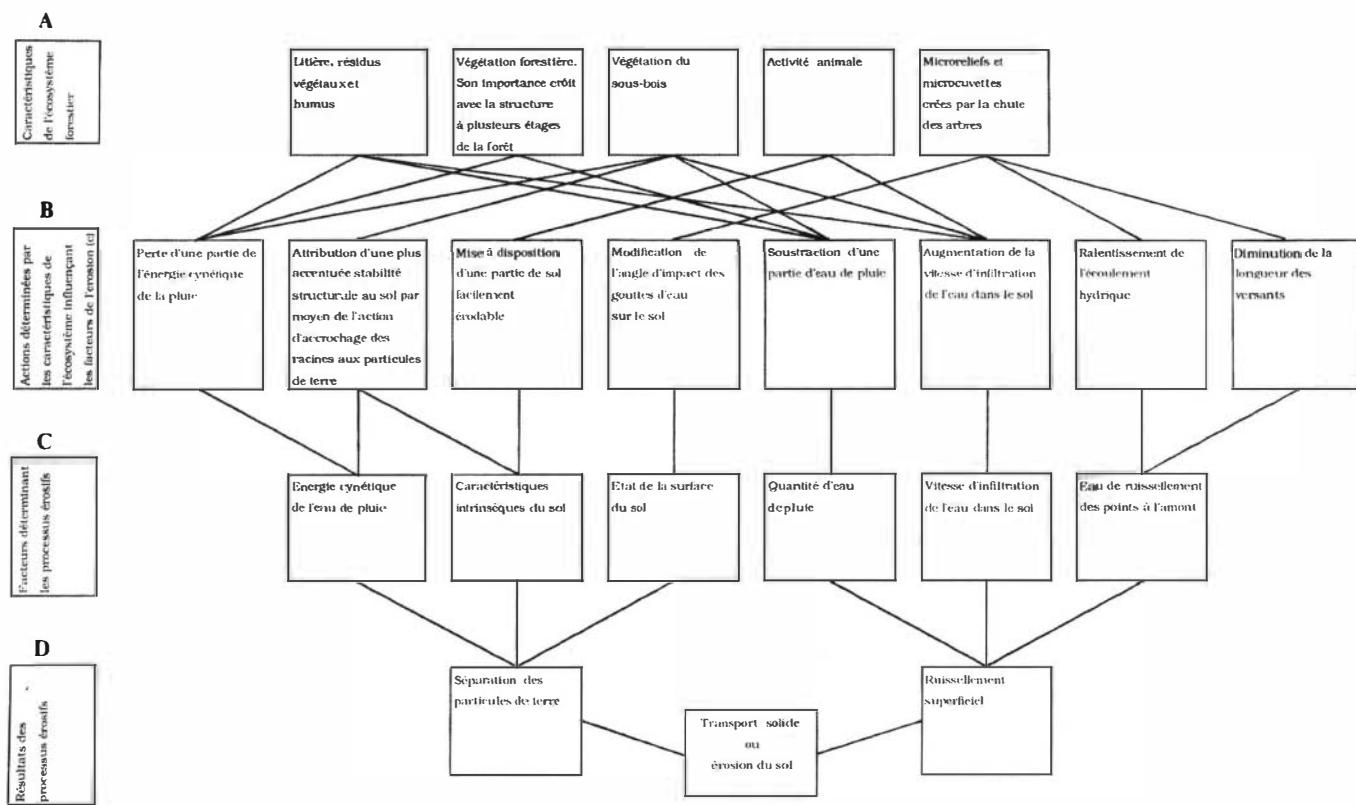


Fig.1 : Influence de l'écosystème forestier sur les processus érosifs.

Source : Giordano 1993

vée que celle des pâturages et des prairies (cf. Tab. I). Toujours dans le climat humide, les forêts de conifères à feuilles persistantes présentent une évapotranspiration plus importante que celle des bois à feuilles caduques.

Les coupes et les incendies diminuent l'évapotranspiration totale (voir données des bassins de Coweta-Tab.I).

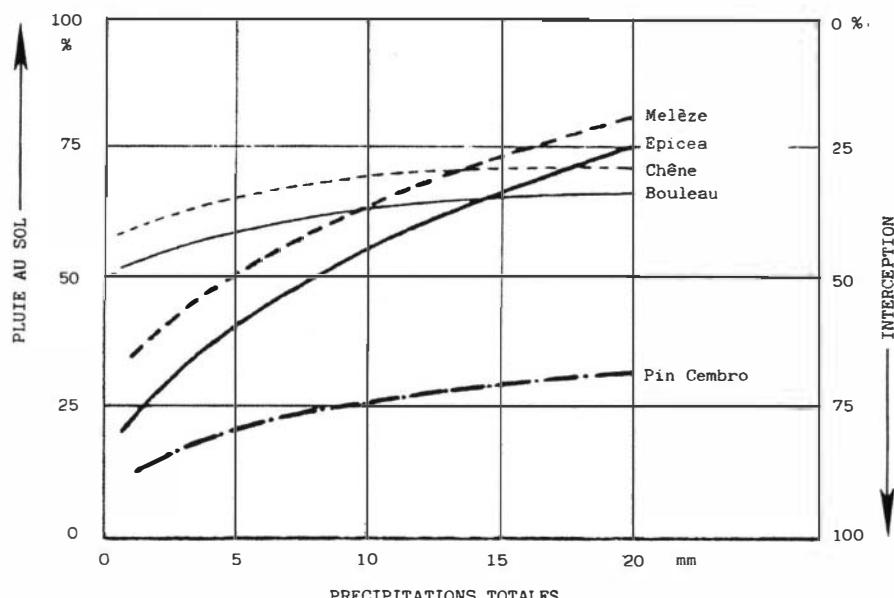
2.3. Infiltration

Un sol forestier avec ses horizons humifères, sa structure riche en substances humiques, ses racines et sa pédoflore et pédofaune constitue un milieu tout à fait spécial pour favoriser l'infiltration de l'eau dans le terrain.

Il y a longtemps que ces aspects sont connus, comme le démontrent les travaux de plusieurs chercheurs, comme Arend (1942) qui a étudié l'infiltration dans les bois du Minnesota (cf. Tab. II).

Si un sol forestier avec les caractéristiques qu'on vient d'exposer subit un tel compactage que le tassemement d'un terrain après passage d'engins lourds, il diminue sa capacité d'infiltration et le risque d'érosion augmente.

Mais aussi les changements d'occupation du sol peuvent aboutir à la réduction du taux d'infiltration comme on peut le voir au Tab. II.



Source: Larcher (ed.) 1975

Fig.2 : Quantité d'eau au sol (ordonnée à gauche) et interceptée (ordonnée à droite) sous différents couverts forestiers.

Lieu	Précipitations annuelles en mm	Evapotranspiration		
		en mm		%
Castium (NL)	892	621 586	Bois de pin noir Dune à arbousier	70 57
Yorkshire (UK)	990	711 518	Pessière Gazon	72 52
Bassins suisses	1663 1702	861 696	Forêts de conifères Alpages avec 30 % de forêts	56 46
Bassins tchèques	997 889	525 407	Feuillus et conifères Pâturages et cultures	53 47
Bassins de Coweta (Georgia, USA)	1580	1047 655	Forêt Coupe forestière	66 41

Tab. I : Evapotranspiration de surfaces forestières comparée à des surfaces différemment occupées

Source : Noirfalise 1965

	cm/h
Sol forestier intact	5,9
Exportation mécanique des horizons humifères L et F	4,8
Sous-bois brûlé chaque année	3,9
Pâturage	2,3

Tab. II : Taux d'infiltration dans le sol pendant les différentes phases d'exploitation d'un sol forestier

Source : Arend 1942

2.4. Ruisseaulement et transport solide

Depuis longtemps on connaît bien cet aspect de l'hydrologie forestière: sous forêt le ruisseaulement diminue tandis que le temps nécessaire à l'écoulement d'une pluie d'orage estivale augmente. Cette augmentation peut aller jusqu'à 500 fois plus. Cela conditionne aussi le transport solide dont la quantité tend à zéro en passant du sol nu au sol forestier.

Un cas exemplaire vient des environs de Digne dans le bassin de la Bléone. Au début du siècle, les crues de ce fleuve avaient causé des destructions et même des pertes de vies humaines.

Ayant décidé de changer cette situation, on a reboisé complètement le petit bassin du Brusquet (cf. Photo 1). La formation géologique est celle de l'Aalénien et du Toarcien. Ce bassin présente aujourd'hui un couvert végétal presque complet et une couche d'humus généralisée qui préviennent toute circulation d'eau à la surface (Sartore 1993).

Par contre le petit bassin "Le Moulin" (formation géologique du Bathonien) qui se trouve à quelques kilomètres du Brusquet n'a pas été reboisé (cf. Photo 2). Maintenant ce dernier est presque dépourvu de végétation et donne lieu à un transport solide par unité de surface, 50 fois plus important.

Le réseau de drainage du Brusquet est caractérisé par quelques importants ravins et par l'absence d'un réseau d'ordre mineur, alors qu'au Moulin on a affaire, là aussi, à quelques ravins mais surtout à un réseau très anastomosé. Ce comportement différent est bien connu dans la littérature scienti-



Photo 1 : Bassin complètement reboisé du Brusquet, Digne (France)



Photo 2 : Série de petits bassins fortement érodés à côté de Draix (France). Le bassin du Moulin est celui à droite de la route qui monte

fique et en général on peut affirmer que le développement des cours d'eau dans une zone forestière est à peu près la moitié de celui d'une zone agricole (Kupriyanov, 1957 reporté par Molchanov, 1966).

3. Méthodologie du projet “érosion du sol et qualité des terres” (programme CORINE)

La méthodologie a été conçue au départ de façon à satisfaire les deux points suivants:

- mise en évidence des liens entre le risque d'érosion et la qualité des terres. La pire des situations étant celle des terres de bonne qualité menacées par l'érosion du sol,

- séparation entre les facteurs relativement stables (climat, topographie et sols) et ceux qui peuvent changer (végétation et occupation des terres).

L'agrégation des facteurs stables permet l'évaluation du risque potentiel d'érosion du sol. Introduisant l'occupation actuelle des terres et les conditions de la végétation, le risque potentiel peut être ajusté et l'on obtient donc le risque actuel d'érosion du sol.

Le même principe a été appliqué à la qualité des terres: dans ce cas la partie susceptible de changement concerne les améliorations foncières (irrigation, drainage et terrassement).

3.1. Risque d'érosion du sol

La structure de la méthodologie est présentée Fig. 3 où il est facile d'opérer la séparation entre le risque potentiel et actuel. Ensuite, on prend en considération les différents facteurs liés à l'érosion du sol.

3.1.1. Climat

On a sélectionné les stations climatiques selon un critère d'homogénéité spatiale et on a extrapolé les données de la station sur la base de la méthode de Thiessen (Chow Ven Te, 1988) corrigé par endroits d'après la morphologie.

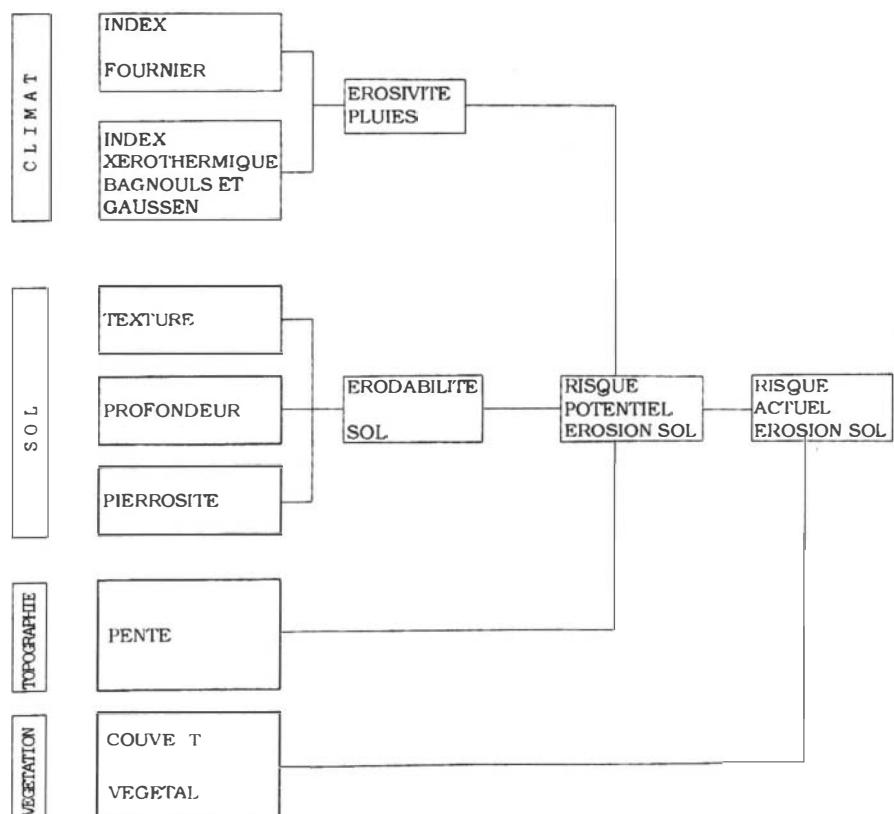


Fig.3 : Schéma pour l'évaluation du risque d'érosion du sol.

Source : Giordano 1993 b

Pour l'estimation de l'érosivité⁽³⁾ du climat on a eu recours à deux indices : Fournier, 1960 (modifié par Arnaldous 1977 et F.A.O. et al. 1987) et l'indice xérothermique de Bagnous et Gaußen, 1953.

L'indice modifié de Fournier est le suivant:

$$IF = \frac{\sum_{i=1}^{12} P_i}{P}$$

où P_i = précipitations mensuelles du mois “ i ”

P = précipitations totales annuelles

Giordano et al. 1991 ont signalé que “la corrélation entre l'indice de Fournier et l'indice R de U.S.L.E. (Universal Soil Losses Equation de Wischmeier et Smith, 1965) est faible (Gabriel, 1989). Néanmoins, étant donné qu'il existe, au niveau du bassin versant une certaine correspondance entre l'indice de Fournier et les pertes en sol, on a retenu cet indice”.

L'indice xérothermique de

Bagnous et Gaußen améliore la fiabilité de l'indice de Fournier dans le milieu méditerranéen. Il est connu que de longues périodes d'aridité affectent d'une façon négative la conservation du sol.

L'indice de Bagnous et Gaußen est calculé comme suit:

$$IBG = \sum_{i=1}^{12} (2t_i - P_i) k_i$$

où : t_i = température moyenne ($^{\circ}\text{C}$) du mois “ i ”

P_i = précipitations totales (mm) du mois “ i ”

k_i = proportion du mois “ i ” pour laquelle est valable la relation : $2t_i - P_i > 0$

L'indice de Bagnous et Gaußen est divisé en 4 classes qui vont de 0 (classe 1) à > 130 (classe 4).

L'indice de Fournier est réparti dans la méthode CORINE en 5 classes qui vont de < 60 (classe 1) à > 160 (classe 5).

(3) N.d.e. : Erosivité : action érosive de la pluie

Les deux indices climatiques sont multipliés entre eux et ils expriment l'érosivité de la façon suivante :

- érosivité basse < 4
- érosivité moyenne 4-8
- érosivité élevée > 8

3.1.2. Sol

Les données concernant le sol sont extraites de la carte des sols de la Communauté (C.E.E., 1985) qui a été éditée pour le G.I.S. (Geographic Information System) dans le cadre du Programme CORINE (Briggs et Mounsey, 1989).

Le facteur sol a été analysé en termes d'érodabilité⁽⁴⁾ sur la base de la texture, de la profondeur et de la présence de cailloux. D'autres facteurs, bien que très importants vis à vis de l'érosion (matière organique, perméabilité et classes de structure), n'ont pas été pris en considération à cause de leur absence sur la carte des sols de la Communauté.

Les classes de texture sont celles de U.S.D.A., 1951 regroupées de la manière suivante :

- érodabilité basse : argile sableuse, argile et argile limoneuse,
- érodabilité moyenne : limon argilo-sableux, limon argileux, sable, sable limoneux,
- érodabilité élevée : limon sableux, limon sablo-argileux, limon, limon fin.

Il est évident qu'il s'agit d'une estimation très grossière qui explique la plupart des cas mais pas tous. En effet, quelques zones de "bad lands" ("calanchi" et "biancane" en italien) très sensibles à l'érosion se trouvent sur marnes et sur argiles du Pliocène (Raglione et al., 1980).

La profondeur du sol facilite d'une part le ruissellement superficiel et d'autre part rend le risque d'érosion plus grave au fur et à mesure que la profondeur se réduit. Les classes retenues de profondeur sont au nombre de trois (> 75 cm, 25-75 cm et < 25 cm).

La pierrosité est un paramètre complexe, s'il est vrai qu'elle prévient l'érosion de battance, il n'est pas moins vrai qu'elle provoque une turbulence dans le ruissellement en facilitant le détachement de particules du sol. En tout cas la pierrosité a été évaluée comme un facteur positif pour le contrôle de l'érosion.

(4) N.d.e. : Erodabilité : susceptibilité d'un sol à l'érosion

Classes	Signification de la classe	Valeur
1	Sols peu érodables	1-3
2	Sols moyennement érodables	4-6
3	Sols très érodables	7-18

Tab. III : Classes d'érodabilité des sols

La carte des sols de la Communauté porte l'indication > ou < 10% de pierres. On a donné une signification positive à la première information et négative à la seconde.

Les 18 classes finales d'érodabilité qui ressortent de la multiplication (3 classes de texture X 3 classes de profondeur X 2 classes de pierrosité) sont regroupées comme il est indiqué Tab. III.

3.1.3. Pente

On a calculé la pente suivant la méthode de Kormoss (1975) en s'appuyant sur la carte topographique au 1:100.000ème où la distance entre les courbes de niveau est de 50 m.

L'Espagne et le Portugal ont utilisé leur propre D.T.M. (digital terrain model) qui analyse l'intervalle de 10 mètres entre les courbes de niveau. Ce fait a eu des conséquences considérables car les collines de modeste altitude mais avec des versants raides apparaissent comme des zones en forte pente sur la carte D.T.M., tandis qu'elles se présentent comme des zones ondulées sur la carte établie d'après Kormoss. Cela explique la raison pour laquelle des régions de colline telles que le Monferrato en Piémont (Italie) sont évaluées comme ondulées alors que les mêmes situations en Alentejo (Portugal) sont classifiées comme zones de pente raide.

Les pentes sont regroupées en 4 classes ayant les significations suivantes :

- < 5% risque d'érosion bas,
- 5-15% modéré,
- 16-30 % élevé et
- > 30 % très élevé.

3.1.4. Couvert végétal

Du point de vue pratique, le couvert végétal est l'aspect le plus important en raison de son rôle dynamique, si besoin en est, pour contrôler l'érosion.

En même temps, le couvert végétal est aussi l'élément le plus faible à cause de la rapidité avec laquelle il peut être changé ou bien dégradé.

Aujourd'hui la meilleure façon

d'analyser le couvert végétal est constituée par l'étude des images satellite. Bien conscient de cela, le Programme CORINE a lancé, il y a quelques années, le projet "land cover" qui étant encore en cours ne peut pas fournir des données au projet "soil erosion".

En attendant que ces données soient disponibles dans un futur très proche, on a eu recours pour le G.I.S. à des données provenant de sources différentes.

A ce jour, les classes de couvert végétal sont seulement au nombre de deux (couvert végétal permanent et non). En effet, il a été décidé de ne pas avoir une "mauvaise édition" de la carte thématique sur le couvert végétal qui sera bien meilleure à la fin du projet "land cover".

3.2. Risque potentiel d'érosion du sol

L'indice de risque potentiel d'érosion est calculé par multiplication des 3 classes d'érosivité X les 3 classes d'érodabilité et X les 4 classes de pente. Les possibilités théoriques sont au nombre de 36 qui sont regroupées en trois classes: < 5, 5-11 et > 11.

3.3. Risque d'érosion actuel

On obtient le risque d'érosion actuel en introduisant les 2 classes du couvert végétal. Au cas où le sol se présente nu ou non suffisamment protégé, le couvert végétal laisse identique le risque potentiel. Mais si la protection offerte par le couvert est bonne, le risque actuel d'érosion est mineur par rapport au risque potentiel.

3.4. Qualité des terres

Dans ce contexte la qualité des terres se réfère à la capacité des terres à produire de la biomasse et à maintenir une occupation des sols durable (sustainable land uses).

La qualité des terres est principalement une fonction de trois facteurs : sol, morphologie et climat qui constituent justement la base pour l'évaluation de la qualité potentielle des terres.

Mais souvent ce sont les améliorations foncières (irrigation, drainage, terrassement) apportées par l'homme qui déterminent la qualité. Pourtant, on a la nécessité de transformer la qualité potentielle en actuelle par le moyen des améliorations foncières.

Le schéma méthodologique pour établir la qualité des terres est décrit Fig. 4. Pour les détails d'ordre méthodologique on renvoie à Giordano et al. 1991, ici la méthode est décrite dans ses grandes lignes.

3.4.1. Climat

Trois éléments forment la qualité du climat :

- l'indice xérothermique de Bagnous et Gaussem,
- la longueur de la période végétative,
- le risque de gel

A la différence de l'évaluation du risque d'érosion, on introduit ici la notion de "facteur limitant". La classe de qualité climatique sera de toute façon la plus mauvaise si un des trois éléments qui la composent a reçu la valeur la plus basse.

L'indice xérothermique est divisé en 4 classes, son ampleur allant de 0 à 130. La longueur de la période de végétation est affectée à une des trois classes suivantes : > 11 mois, 8-11 et < 8. Le risque de gel est obtenu en faisant la sommation, mois par mois, du nombre de jours de gel multiplié par un facteur "danger" qui augmente au fur et à mesure qu'on progresse vers la saison végétative.

3.4.2. Sol

Les caractéristiques considérées sont : texture, profondeur et drainage.

L'évaluation de la texture est différente de celle appliquée au risque d'érosion. Il est en effet évident qu'un sol de texture équilibrée est de bonne qualité, alors que le même sol jugé en termes de risque d'érosion est mauvais. Le sous-facteur "profondeur" reçoit la même attribution de valeur que celle précédemment vue pour le risque d'érosion. Le drainage est pris en compte d'une manière générale, compatible avec le type d'information existant sur la carte des sols d'Europe où sont indiqués uniquement les sols qui ont des problèmes de drainage.

3.4.3. Pente

On se réfère aux mêmes classes déjà prises en considération pour le risque d'érosion.

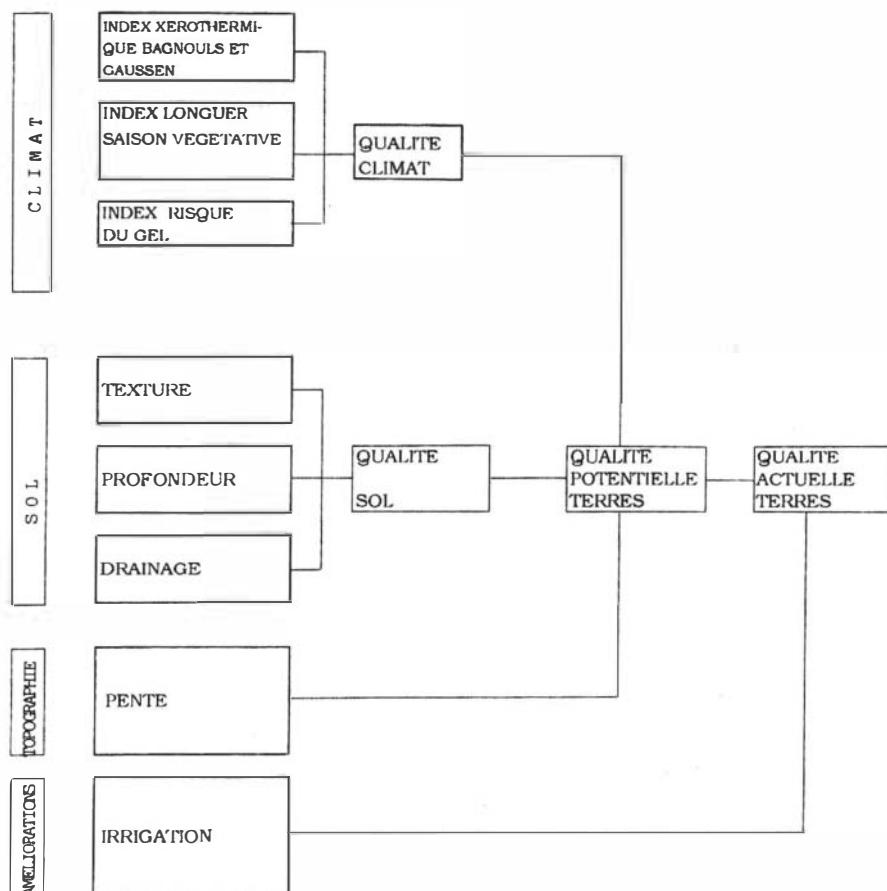


Fig.4 : Schéma pour l'évaluation de la qualité des terres.

Source : Giordano 1993 b

3.5. Qualité potentielle et actuelle des terres

L'indice de qualité potentielle des terres est obtenu en multipliant entre eux la classe de valeur du sol, du climat et de la pente. L'ensemble des valeurs qui vont de 0 à 36 sont regroupées en trois classes : < 5, de 5 à 11 et > 11.

La présence d'améliorations foncières fait augmenter d'une classe la qualité actuelle des terres.

4. Résultats

Le G.I.S. de CORINE a été rendu opérationnel grâce à la digitalisation des cartes de base concernant le sol, le climat, la pente et les améliorations. Après calcul de la valeur appropriée on a rédigé 19 cartes thématiques (D.G. XII, 1993). L'échelle des cartes peut être différente mais il faut remarquer que la carte des pentes a été digitalisée à l'échelle 1:100.000ème mais celles du sol, du couvert végétal et de l'irrigation sont à l'échelle 1:1.000.000ème.

Pour la carte du climat, le terme "échelle" étant non approprié nous préférons parler de "pouvoir de résolution" qui dans le cas de l'Italie est fondé sur les 426 stations météorologiques prises en considération (une station chaque 720 Km²).

L'examen des cartes du risque potentiel et actuel d'érosion est particulièrement utile pour les techniciens chargés de la planification et de l'aménagement du territoire. La preuve en est que plusieurs zones jugées satisfaisantes du point de vue du risque de l'érosion actuel du sol sont estimées non satisfaisantes en ce qui concerne le risque potentiel. Cela signifie que dans ces endroits le risque est contenu à condition que la forêt ne soit pas coupée.

Se référant à des situations forestières italiennes qui peuvent illustrer ce que l'on vient d'affirmer, on peut citer les cas suivants :

- Les Alpes ont, malgré leur pente et la présence fréquente de sols érodables, un taux d'érosion faible qui leur vient du climat moyennement érosif et surtout du couvert végétal. Le risque actuel d'érosion du sol est donc faible dans la majorité des cas.

		Surfaces à risque élevé		Surfaces à risque moyen		Surfaces à risque bas		Surfaces exclues ⁽²⁾		Total
		km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	
France (sud)	pot. act.	16355 1693	9 1	37900 22362	20 12	93443 123643	49 65	42463 42463	22 22	190161 190161
Italie	pot. act.	82348 30169	27 10	85211 93983	28 31	122416 165823	41 55	11303 11303	4 4	301278 301278
Grèce	pot. act.	57414 27713	43 19	27436 47877	21 36	27027 39287	21 30	20113 20113	15 (*) 15 (*)	131990 131990
Espagne ⁽¹⁾	pot. act.	202101 145494	41 29	205157 219908	41 44	69662 111518	14 23	20598 20598	4 4	497518 497518
Portugal ⁽¹⁾	pot. act.	61120 26878	68 30	21890 48166	25 54	4948 12884	6 15	1000 1000	1 1	88928 88928
C.E.E. (sud)	pot. act.	419338 228947	35 19	37759 432295	31 36	317466 453155	26 37	95477 95477	8 8	1209875 1209875

Tab. IV : Risque potentiel et actuel d'érosion du sol

Source : D.G.XI 1993

(1) Sans compter les îles

(2) Y compris les surfaces urbaines, les lacs, la roche nue et les surfaces ayant des données manquantes

(*) Plus de 10 % de roche affleurante

- Sur les montagnes de la chaîne des Apennins, les forêts et les pâturages contrôlent l'érosion. Sans le couvert végétal, les sols manifestent leur vulnérabilité intrinsèque qui, selon les environnements, peut être mise en relation avec la pente excessive et avec l'érodabilité des sols comme en Emilie et en Campagne, ou bien avec l'érosivité climatique comme en Calabre.

- La Sardaigne, avec ses pentes raides et son climat agressif est caractérisée par un risque potentiel d'érosion assez élevé mais son important pourcentage de forêts et de parcours fait aussi que le risque actuel est contenu.

- La Sicile a, comme la Sardaigne,

un risque potentiel d'érosion très élevé en raison des fortes pentes et du climat agressif mais, à la différence de la Sardaigne, la pauvreté des forêts maintient élevé le risque actuel d'érosion.

- Les données concernant le risque potentiel et actuel d'érosion dans les pays méditerranéens de la Communauté sont présentées dans le Tab. IV

de plusieurs données environnementales nécessaires pour orienter la politique de l'environnement de la Communauté.

Ces dernières années, depuis que la société s'est orientée vers un modèle de développement durable dans le temps, le problème de l'érosion du sol est devenu prioritaire comme tous les autres aspects liés à la dégradation des terres.

Le projet "érosion sol" de la C.E.E. est, bien entendu, seulement une première approximation qui sera améliorée au fur et à mesure des progrès scientifiques et de la connaissance et de la maîtrise de l'environnement.

A.G.

5. Conclusion

Le projet "érosion du sol et qualité des terres" et l'introduction dans le G.I.S. des informations correspondantes, rendent possible l'élaboration

Bibliographie

- Arend J.L. 1942 "Infiltration as affected by the forest floor" Soil Sci.Soc.Am.Proc. Vol.6
- Arnoldous H.M.J. 1977 "Methodology used to determine the maximum potential average annual soil loss due to sheet and rill erosion in Morocco" F.A.O. Soil Bulletin 34
- Bagnouls F. et Gaußen H. 1953 "Saison sèche et indice xéothermique" Bull.Soc.Hist.Nat.de Toulouse Tome 88 Fasc. 3/4
- Briggs D.J. et Mounsey H.M. 1989 "Integrating land resource data into a European Geographical Information system: particularities and problems" Applied Geography n.9
- C.E.E. 1985 "Soil map of the European Communities" Luxemburg: office for official publications of the EC
- C.E.E. 1987 "Nota d'informazione sul programma CORINE" Nota 1. D.G. XI - Bruxelles
- Chow Ven Te 1988 "Handbook of applied hydrology" Mc Graw - Hill N.York
- F.A.O. - U.N.E.P. - U.N.E.S.C.O. 1987 "A provisional methodology for soil degradation assessment" Roma.
- Fournier F. 1960 "Climat et érosion" Pans: Presses Universitaires de France
- Gabriels D. 1989 "A provisional method for calculating the rain erosivity in EEC countries with reference to the Mediterranean regions" (personal communication).
- Giordano A. 1993 "Erodibilità di alcuni suoli italiani tramite simulazione di pioggia" Annali Accad.Ital: di Scienze Forestali Vol. XLII.
- Giordano A. 1993 (b) "Rischio di erosione attuale e potenziale in Italia (Programme CORINE della C.E.E.)" Cellulosa e Carta n° 2
- Giordano A., Bonfils P., Briggs D.J., Menezes de Sequeira E., Roquero de Laburu C. et Yassoglou N. 1991 "The methodological approach to soil erosion and important land resources evaluation of European Community" Soil Technology Vol. 4
- Kormoss I.B.F. 1975 "Carte des pentes moyennes (Italie)" D.G. VI Agriculture. C.E.E. Bruxelles.
- Larch W. 1975 "Physiological Plant Ecology" Springer - Verlag - Berlin.
- Molchanov A.A. 1966 "Le funzioni della foresta nella protezione del suolo" Monti e Boschi n.6
- Noirfalise A. 1965 "L'eau, la forêt et la sylviculture". Cebedeu - Herstal (B)
- Raglione M., Sfalanga M. et Torri D. 1980 "Misure dell'erosione in un ambiente argilloso della Calabria" - Annali Ist. Sperim. per lo Studio e la Difesa del suolo. Vol XI.
- Sartore L. 1993 "Etude des stations de deux bassins versants caractérisés par une différente réponse à l'érosion hydrique (Le Brusquet et le Moulin, bassins de Draix, Digne)" - Thèse soutenue à l'E.N.I.T.A. de Clermont-Ferrand en collaboration scientifique avec l'Université J. Fourier de Grenoble - Laboratoire de Biologie Alpine - et l'Université de Turin - Istituto di Idraulica Agraria - dans le cadre du programme Erasmus de la Communauté
- Soil Conservation Service 1951 "Soil Manual" - Handbook n.18 - U.S.D.A. Washington D.C.
- Wischmeier W.H. e Smith D.D. 1965 "Predicting rainfall-erosion losses from cropland east of Rocky Mountains. Guide for selection of practices for soil and water conservation" Agriculture Handbook n.282. USDA Washington D.C. USA

Résumé

Dans le milieu méditerranéen la forêt joue un rôle protecteur bien connu mais les incendies et parfois la mauvaise gestion des terres forestières provoquent souvent un déséquilibre environnemental dont la conséquence est l'érosion du sol. Il paraît alors très important de pouvoir chiffrer à l'avance le risque d'érosion du sol d'une forêt donnée.

NOMBREUSES SONT LES MÉTHODES POUR L'ÉVALUATION DE L'ÉROSION. UNE DES PLUS CONNUES EST CELLE DE WISCHMEIER, MAIS POUR SON FONCTIONNEMENT CORRECT EN FORÊT, IL SERAIT NÉCESSAIRE DE DISPOSER DU FACTEUR "COUVERTURE VÉGÉTALE" AMÉLIORÉE AFIN DE LE RENDRE PLUS APTE AUX SPÉCIFICITÉS DU DOMAINE FORESTIER. CELA LAISSE ENTENDRE QU'IL FAUDRAIT DÉMARRER AVEC PLUSIEURS RECHERCHES DE BASE DESTINÉES À L'ÉVALUATION DU RISQUE D'ÉROSION EN FORÊT. LA MÊME EXIGENCE SE MANIFESTE AUSSI DANS LA MÉTHODE "CN CURVE NUMBER" DESTINÉE À LA CONNAISSANCE DE L'EAU DE RUSSELLEMENT STRICTEMENT LIÉE À L'ÉROSION.

Si les recherches détaillées sont importantes, il n'est pas moins important de faire des études générales sur le risque d'érosion du sol du bassin méditerranéen. La justification de cette seconde proposition réside dans le fait que étant donné que les terres de bonne qualité sont rares et que beaucoup d'entre elles ont été dégradées par l'érosion il faut bien chercher à sauver ce qui peut l'être.

Face à cette situation assez grave la C.E.E. a lancé un projet "risque d'érosion du sol et qualité des terres dans les Pays Méridionaux de la C.E.E." dans le cadre du programme CORINE (Coordination information environnement). Le projet contribue à établir une base technique pour la mise en œuvre de politiques environnementales dont une est celle de la lutte contre l'érosion. Le programme CORINE est conçu d'une manière dynamique et par conséquence les cartes de l'érosion du sol sont quelques-uns des "outputs" du G.I.S. (Geographic information system) développé par la Direction générale XI

"Environnement" de la Communauté européenne.

La méthode mise au point, par le groupe de travail de la Communauté est fondée principalement sur les deux aspects suivants :

- le danger lié à l'érosion du sol doit être mis en relation avec la qualité des terres,*
- dans l'évaluation du risque d'érosion aussi bien que dans celle de la qualité des terres il est nécessaire de se référer à une situation potentielle déterminée par les facteurs stables de l'environnement et à une situation actuelle obtenue en introduisant les facteurs modifiables par l'homme.*

Il faut considérer que ce projet représente une première approximation qui pourra être améliorée par des données de base plus précises et détaillées, par des nouvelles méthodes d'agrégation et enfin par l'introduction d'autres facteurs parmi lesquels il est opportun de mentionner les incendies de forêt qui contribuent à aggraver le risque d'érosion du sol dans le domaine de la forêt méditerranéenne.

Summary

Natural forest ecosystems are characterized by a very high degree of environmental equilibrium. This equilibrium is, nevertheless, dynamic in type and allows, within physiological boundaries, evolution in the vegetation and soil.

The situation becomes very different when the forest ecosystems are influenced by man. In this case the equilibrium is profoundly modified. In a given environment the forest typology is largely influenced by fire and by sylvicultural models which must include possible grazing, wild life and the different human land uses. It is quite clear that such a sylvicultural model may change the humus, the soil structure, the quantity of nutrients and the erosion risk.

The difference between the natural and the anthropic states makes clear the need to evaluate the capacity of forest ecosystems to protect the soil.

Analyzing the methods for evaluating the soil erosion we may consider the well known Wischemeier's USLE and the "CN Curve Number" finalized to the assessment of the runoff which is strictly correlated to soil erosion. To use these methods for woodland, we need detailed research on the vegetation cover, which until now has usually been calculated taking into consideration only the percentage of ground covered by the tree crowns.

In order to adapt the factor "land cover" to the soil erosion prediction in the woods, the following elements must be taken into account :

- height of the branches of the forest trees,
- importance of the organic litter accumulated on the ground,
- root quantity at different depths.

A methodology conceived with such a modification of the "land cover", involves quantities of detailed data coming from well defined and specific situations.

If it is convenient to start from precise and reliable research on soil erosion in forests, it is no less important to carry out a general assessment, inevitably less precise, of the soil erosion risk on large surfaces such as a European country or even the European Community. In such a way after a certain time the data obtained by the two different methods can be integrated.

The need to rely upon detailed researches as well as upon a general framework for the soil erosion risk is especially urgent in the Mediterranean basin due to the gravity of the problems related to soil conservation. Good qua-

lity land is scarce and often threatened with degradation as a result of the new socio-economic development models which in many cases do not take into account the environment. In addition to this fact we may add the evidence of the difficult natural conditions typical of the Mediterranean environment : steep slopes, erosive climate and soil of high erodibility.

Facing these problems the EC has developed a project, within the CORINE (COordination INformation Environment), finalized for the evaluation and the cartography of soil erosion risk and the quality of the land in the Mediterranean countries of the EC.

The results of this project contribute to the establishment of the technical base for the setting up of the EC environmental policy and more specifically the soil conservation policy. The CORINE programme is structured to be dynamic : the EC General Direction XI "Environment" having put a GIS (Geographic Information System) into service can produce, as routine outputs, maps of soil erosion risk as well as maps of land quality.

The methodology considers two different indices of soil erosion risk :

- potential soil erosion risk, based on three stable physical factors : topography, climate and soil. The calculated index describes a soil's susceptibility to erosion,

- actual soil erosion risk, has a function of a given vegetation type or land uses. By this method the actual soil erosion risk is assessed by the potential soil erosion risk modified by the existing land cover.

A relevant case which demonstrates the interest in keeping separate evaluation of the two risks comes from the two big Mediterranean islands of Sicily and Sardinia. In both these islands the potential soil erosion risk is very high but analysis of the actual soil erosion risk suggests that in Sardinia the risk is moderate due to the beneficial effects of the many forests. In Sicily, on the contrary, the lack of woodland makes the potential risk equal to the actual one.

It is necessary to stress that the project "Soil erosion risk and land quality in the EC Mediterranean countries" represents only a first approach. For the future, the project must be improved by more precise and detailed basic data and new methods of integrating it and, finally by the introduction of other factors. Among such factors it is important to underline forest wild fire which has major negative effects on the soil conservation in the Mediterranean environment.

Riassunto

Gli ecosistemi forestali naturali sono dotati di un elevato grado di equilibrio ambientale il quale, però, è di tipo dinamico e permette, entro limiti fisiologici, l'evoluzione della vegetazione e del suolo.

Diversa è la situazione degli ecosistemi forestali antropizzati nei quali l'equilibrio risulta profondamente modificato. Per un dato ambiente infatti la tipologia forestale è fortemente influenzata dagli incendi e dal modello di gestione selvicolturale che, oltre al bosco, considera anche i pascoli eventuali, la fauna selvatica e le altre differenti utilizzazioni umane. Risulta allora evidente che, secondo il modello selvicolturale adottato, vi potranno essere delle considerevoli differenze nei riguardi del tipo di humus, della permeabilità del suolo e del rischio di erosione del suolo stesso.

Deriva da questa differenza tra lo stato naturale ed antropico l'esigenza di valutare la capacità protettiva degli ecosistemi forestali nei riguardi dell'erosione del suolo.

Tra i metodi più conosciuti per valutare l'erosione si ricorda l'equazione USLE di Wischemeier ed il "CN Curve Number", quest'ultimo finalizzato alla conoscenza del ruscellamento superficiale strettamente legato all'erosione del suolo. Per essere correttamente utilizzate nel settore forestale le due metodologie necessiterebbero delle ricerche di dettaglio sul fattore della copertura vegetale che secondo lo schema tradizionale viene oggi calcolato con un indice che traduce la percentuale di superficie coperta dalla proiezione della chioma degli alberi.

Passando ad esaminare gli elementi che dovrebbero essere considerati per rendere il fattore della copertura vegetale meglio adatto alle previsioni di erosione di suolo in ambiente forestale si citano i seguenti :

- altezza da terra degli apparati fogliari delle piante,
- entità dei residui vegetali accumulati a terra,
- quantità delle radici a differenti profondità.

Una metodologia di questo tipo, che si avvale di un nuovo modello per quanto riguarda la copertura vegetale, ha bisogno di molti dati di dettaglio riferiti a situazioni puntuali ben conosciute.

Se appare opportuno muoversi partendo da ricerche precise ed attendibili sull'erosione in foresta, non è però meno importante disporre di una valutazione generale, anche se non estremamente precisa, sul rischio di erosione del suolo di vaste superfici quali un Paese europeo o addirittura la Comunità Europea. Procedendo in questo modo i dati ottenuti con i due diversi approcci potranno essere integrati.

La necessità di avere un quadro generale del rischio d'erosione nell'ambiente mediterraneo sta nella constatazione che in tale ambiente i problemi riguardanti l'erosione sono particolarmente gravi. Le terre di buona qualità sono rare e molte volte degradate dai nuovi modelli di sviluppo socio-economico applicati sovente con scarsa sensibilità ambientale. A questa condizione si aggiunge la constatazione che nel bacino del Mediterraneo ci si trova quasi sempre in presenza di difficili situazioni di ambiente fisico : pendii ripidi, clima altamente erosivo e suoli facilmente erodibili.

Confrontandosi con questi problemi la Commissione Europea ha sviluppato un progetto, all'interno del progetto CORINE (COordination INformation Environment), finalizzati alla valutazione ed alla cartografia del rischio di erosione del suolo e della qualità delle terre nei paesi mediterranei della Comunità Europea.

I risultati di questo progetto contribuiscono a formare una base tecnica per

la messa in opera di politiche ambientali di cui una è quella della conservazione del suolo. Il programma CORINE è concepito in modo dinamico e di conseguenza le carte dell'erosione del suolo e della qualità delle terre sono alcuni degli outputs del GIS (Geographic Information System) sviluppato dalla Direzione Generale XI "Ambiente" della CEE.

La metodologia considera due differenti indici di rischio di erosione del suolo :

- rischio potenziale di erosione del suolo, che esprimendo la inerente suscettibilità del suolo ad essere eroso, deriva da fattori fisici di base quali il suolo, il clima e la topografia,

- rischio attuale di erosione del suolo che si riferisce al rischio di erosione che si verifica con l'attuale vegetazione o con il presente uso delle terre. Il rischio d'erosione attuale è quindi determinato dal rischio potenziale d'erosione modificato dalla protezione offerta dall'attuale copertura delle terre.

Un caso molto chiaro che dimostra l'interesse a tenere separati i due rischi proviene dalle due grandi isole del Mediterraneo : Sicilia e Sardegna. In ambedue le isole il rischio potenziale di erosione del suolo è molto alto ma passando al rischio attuale esso diventa moderato in Sardegna a motivo delle numerose foreste ivi presenti. In Sicilia, invece, dove le foreste sono molto scarse l'elevato rischio di erosione potenziale del suolo si traduce in un altrettanto alto rischio di erosione attuale.

E' opportuno ricordare che il progetto CORINE "rischio d'erosione del suolo e qualità delle terre" rappresenta soltanto una prima approssimazione. Quest'ultima potrà essere migliorata con dati di base più precisi e puntuali, con nuovi modelli di aggregazione e con l'introduzione di ulteriori fattori tra i quali è necessario menzionare gli incendi dei boschi che hanno tanta importanza nel determinare la degradazione del paesaggio e l'erosione del suolo in ambiente mediterraneo.