

CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA DYNAMIQUE EROSIVE
DANS LE BASSIN VERSANT DE L'OUED ETTIOUR
(Région de HAFFOUZ - TUNISIE Centrale)

S. NASRI *, A.HAMZA *, F. SFAR *

RESUME

Les auteurs tentent d'évaluer les pertes en terre dans un bassin versant représentatif d'une partie de la Tunisie centrale à savoir le bassin versant de l'oued ettiour affluent de l'oued Marguellil dans la région de Haffouz. Ils procèdent de deux façons différentes, une première approche consiste à simuler des pluies sur des parcelles dont les caractéristiques sont connues. Dans une deuxième étape l'évaluation de l'érosion a été essayée par une application de l'équation universelle de la perte en terre*. Les résultats montrent l'importance du travail du sol, du couvert végétal et des traitements anti-érosifs dans la conservation des terres et des eaux.

ملخص : المساهمة في دراسة ديناميكية التعرية بحوض وادي الطيور (منطقة حفوز تونس الوسطى).

إنّ الإنجراف هو نتيجة لعدة عوامل ، أساسا التضاريس وحدة الأمطار ونوعية الغطاء النباتي وخاصيات التربة وطرق استغلال الأراضي . ولقد أثبتت التجارب أنّه لا يمكن مقاومة الإنجراف بطرق مجدية قبل معرفة ألياته وأسبابه .

إنّ جمع وتحليل المعطيات المتوفرة عن جهة معينة يساعدنا على معرفة خصائص عوامل الإنجراف ويؤدي إلى تحسين طرق حماية التربة . ودراسة عوامل التعرية تستوجب استعمال الصور الجوية والخرائط الأساسية مدعومة بالبحث الميداني . وهذه الوسائل تمكننا من رسم خريطة عن كل عنصر من عناصر الإنجراف . ويتراكم الخرائط المفصلة فتتوصل على خريطة التعرية الممكنة لمنطقة البحث . وهذه الخريطة النهائية تعتبر مرجعا هاما يخول لنا عرض مشروع متكامل لحماية التربة من التعرية خاصة إذا دعمناه بالمعطيات الكافية عن الوسط

* INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE DE TUNIS, GENIE RURAL 43, AV. Chales Nicolle 1082
Tunis.

DYNAMIQUE EROSIVE A OUED ETTIOUR

Abstract : CONTRIBUTION TO THE EROSION DYNAMIC STUDY IN WADI ETTIOUR WATERSCHED (HAFFOUZ AREA CENTRAL TUNISIA)

Water erosion depends on several parameters, mainly, Cropping up, land form, rain aggressivity, vegetative cover, soil characteristics and farming practices. It is not pratically possible to face efficiently the water erosion without understanding previously causes and machanisms.

Collecting and analysis of available information on one region in order to determine the quantitative parameter of water erosion, contribute to improve the methodology of projects of presering soil and water.

Analysis of spacial variations of the different factors of water erosion from information previously collected (by photo-interpretation of available base maps and land diagnosis) permit to establish a detailed map for each factor.

Superposing different maps permits to get the potential map of water erosion in the concerned area : an important document which when complete by the map of actuel dynamics and the data on humain environment permits to propose a fiting up plan of land preservation.

INTRODUCTION

La présente étude concerne l'un des poroblèmes majeurs du monde rural tunisien à savoir l'EROSION HYDRIQUE.

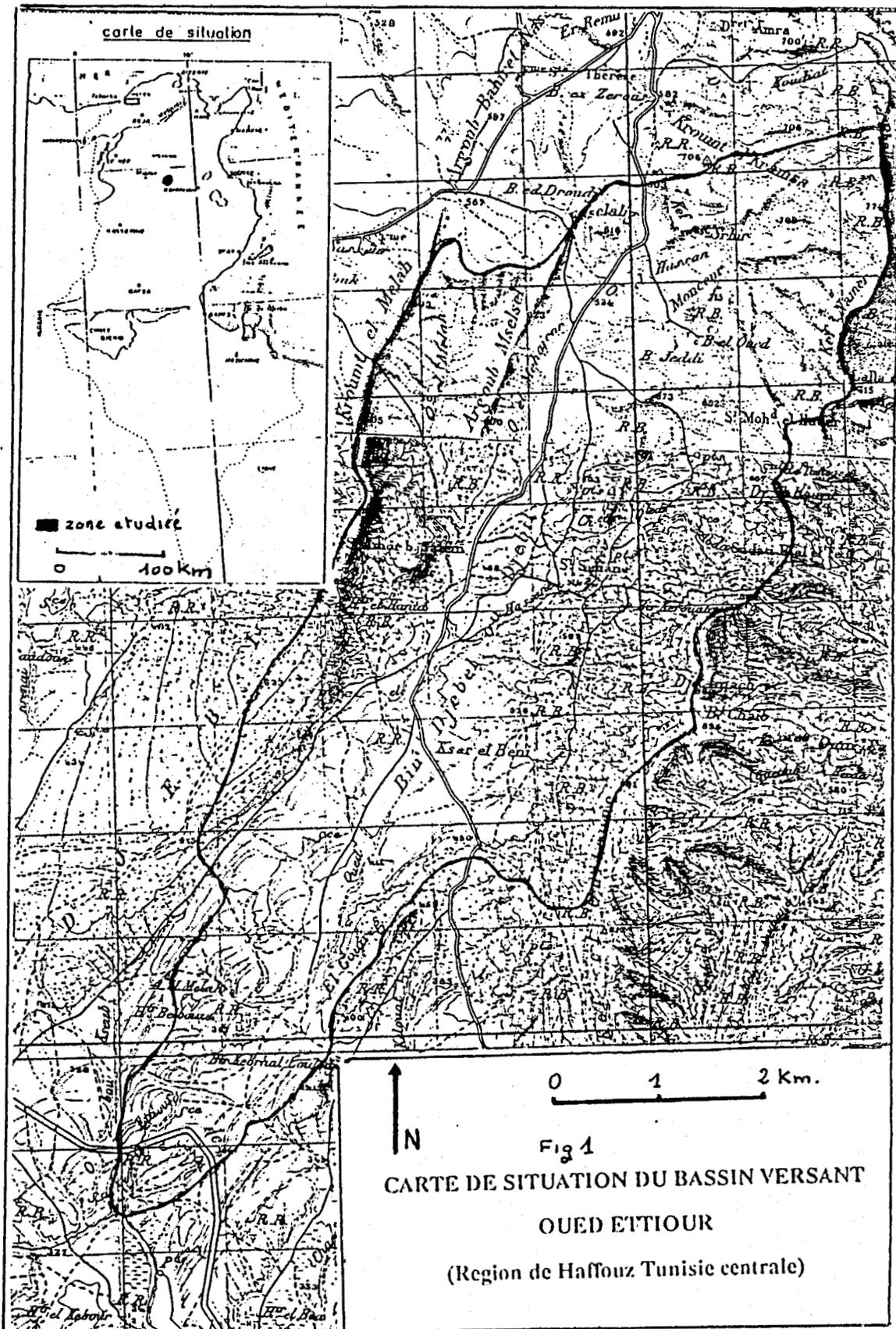
De nombreux facteurs, tant physiques qu'humains, font de la région de Haffouz et d'autres régions de la Tunisie centrale des régions de forte érosion. (fig 1)

Sur le plan physique, la sensibilité de la région est particulièrement bien soulignée par la topographie et sa grande dissection par un réseau hydrographique très ramifié, par la structure et surtout la lithologie.

Sur le plan humain, la dégradation de la végétation par le surpâturage et la généralisation du labour sur les terres en pente participent à l'accélération de l'érosion.

Ainsi, toutes les conditions sont réunies pour que le phénomène d'érosion atteigne une vitesse importante sur les sols les moins résistants, situés sur les pentes les plus longues.

Certes, tout cela resterait atténué si les oscillations des précipitations étaient minimales. Or, ces dernières sont non seulement très intenses mais aussi très concentrées dans le temps, les maxima étant enregistrés pendant quelques jours de la saison pluvieuse.



DYNAMIQUE EROSIVE A OUED ETTIOUR

Une lutte anti-érosive efficace doit passer par une bonne connaissance de la dynamique érosive en jeu. Une première approche d'évaluation de l'érodabilité des sols va être entreprise par la méthode des pluies provoquées sur des sites dont les caractéristiques morphologiques et biologiques sont différentes. Une campagne de simulation de pluies effectuée avec le groupe de l'O.R.S.T.O.M. (juin 1989), nous a renseigné sur les quantités de terre transportées sur des parcelles de 1m². La deuxième approche qui permet l'évaluation de l'érosion fait l'objet d'une transposition méditerranéenne des études américaines ou plutôt d'une adaptation de "l'équation universelle de perte en terre" qui est le modèle mathématique le plus couramment employé pour prédire les pertes de terre dues à l'érosion de surface.

I/ SIMULATION DES PLUIES

La simulation des pluies intègre la variabilité des caractéristiques des averses et celles des caractéristiques physiques et végétales du sol sur des parcelles de 1m².

Les études sous pluies simulées nous permettent de connaître et d'analyser :

- le rôle des différents facteurs du milieu dans les mécanismes de ruissellement, d'infiltration et d'érosion.

- l'étude de l'érodabilité des sols, bien que la longueur des parcelles ne permette pas de prendre en compte le facteur longueur de pente très important dans les processus d'érosion.

- l'étude de l'érodabilité des sols, bien que la longueur des parcelles ne permette pas de prendre en compte le facteur longueur de pente très important dans les processus d'érosion.

La simulation de pluie permet cependant de chiffrer la détachabilité des différents sols et peut donc servir de test à l'érodabilité de ces sols.

1- PROTOCOLE DE SIMULATION DE PLUIE

Le tableau suivant présente les caractéristiques des pluies qui ont été effectuées sur les différentes parcelles des sites choisis.

N° pluie	intensité mm/h	durée mn	hauteur mm	R _{USA}	I _{30max} mm/h
1er jour P1	20	15	5	33.3	60
	40	15	10		
	80	15	20		
Après 24h P2	30	20	10	17.4	45
	60	15	15		
Après 15mn F3	120	10	20	14.1	(40*)

* Par convention

Deux sites de mesure ont été choisis sur le bassin versant en fonction des caractéristiques morphostructurales et biologiques. Les parcelles Pw1, Pw2 et Pw3 correspondent à un sol peu évolué sur matériau sableux à sable fin. Les parcelles Pf1, Pf2 et Pf3 correspondent à un sol lourd, caractérisé par des structures verticales plus ou moins prononcées. Voir tableaux 1, 2 et 3.

2- LES RESULTATS DE PLUIES SIMULEES

a - le ruissellement

Le ruissellement est l'agent principal de l'érosion hydrique il dépend de la lame précipitée, de son intensité, de l'humidité préalable du sol et de l'état de surface.

Les résultats du débit ruisselé montrent une grande variabilité en fonction des caractéristiques morphologiques et biologiques des parcelles.

Nous avons constaté que le ruissellement diminue de 75% à 80% sur les parcelles cultivées (Pw2 et Pf2) que sur les jachères (Pw1, Pw3, Pf1 et Pf3). (voir tableaux n°4 et 5). De même nous avons observé que le ruissellement est plus important sur les jachères non travaillées (Pw1 et Pf3) que sur les jachères travaillées (Pw3 et Pf1). Ainsi le travail du sol favorise l'infiltration.

b - la détachabilité

La détachabilité représente la quantité de terre transportée par la lame ruisselée. D'après les résultats du tableau n°4, on constate que la détachabilité n'est pas proportionnelle au ruissellement. On a toujours une détachabilité plus importante sur les jachères que sur les parcelles cultivées; nous avons mesuré une diminution de perte de terre de 90% sur Pw2 que sur Pw3 et de 56% sur Pf2 que sur Pf3. Il semble que la végétation, aérienne et au sol, a joué le plus grand rôle dans l'atténuation des pertes de terre.

La détachabilité est aussi variable en fonction des caractéristiques morphostructurales des parcelles en plus du couvert végétal; nous avons mesuré une détachabilité plus importante sur Pf1 que sur Pw1 (deux jachères nues). En effet le pourcentage d'éléments fins (A + L) est de 92% pour Pf1 et de 36% pour Pw1.

c - l'érodabilité

Elle est définie comme étant la quantité de terre transportée par unité d'un facteur d'érosivité pour les conditions, physiques et biologiques des parcelles données. Les tableaux 4 et 5 nous donnent l'érodabilité des parcelles en fonction de la hauteur de la

DYNAMIQUE EROSIVE A OUED ETTOUR

Tableau 1 : Caractéristiques morphométriques et Pluviométriques / Pluie P1

N° de la	Pente en %	Rugosité totale en %	Végétation aérienne en %	Pellicule de battance	Végétation au sol	Pecouvrement sableux + sol nu sans battance	Gravillons + pierres	Hauteur totale de la pluie	Li lame d'eau infiltrée	Ke (%) coefficient d'efficacité de la pluie	LR lame ruisselée	Kru (%) coefficient de ruissellement	Erosion en (gr/m ²)	Erosion en tonnes/ha
PW1	5,8	1,55	0,072	0,313	0,105	0,581	0	35	18,5	52,85	16,5	47,14	68,5	0,635
PW2	4,5	9,14	1,027	0,138	0,022	0,839	0	35	35	100	0	0	0	0
PW3	7,0	3,85	0,45	0,216	0,152	0,631	0	35	24,2	68,94	10,8	30,85	101,4	1,01
PF1	7,5	6,76	1,24	0,177	0,318	0,34	0,163	35	29,5	84,28	5,5	15,71	70,8	0,709
PF2	12,0	5,57	1,92	0	0,060	0,85	0,088	35	35	100	0	0	0	0
PF3	12,0	7,74	0,97	0,110	0,254	0,235	0,398	35	22,5	64,28	12,5	35,71	101,3	1,01

Tableau 2 : Caractéristiques morphométriques et Pluviométriques / Pluie P2

N° de la parcelle	Pente en %	Rugosité totale en %	Végétation aérienne en %	Pellicule de battance	Végétation au sol	Pecouvrement sableux + sol nu sans battance	Gravillons + pierres	Hauteur totale de la pluie	Li lame d'eau infiltrée	Ke (%) coefficient d'efficacité de la pluie	LR lame ruisselée	Kru (%) coefficient de ruissellement	Erosion en (gr/m ²)	Erosion en tonnes/ha
PW1	5,8	1,55	0,072	0,313	0,105	0,581	0	25	7,0	28	18	72	38,9	0,389
PW2	4,5	9,14	1,027	0,138	0,022	0,839	0	25	21,9	87,6	3,1	12,4	2,9	0,29
PW3	7,0	3,85	0,45	0,216	0,152	0,631	0	25	11,3	49,2	12,7	50,8	72,8	0,72
PF1	7,5	6,76	1,24	0,177	0,318	0,34	0,163	25	16,5	66	8,5	34	65,7	0,657
PF2	12,0	5,57	1,92	0	0,060	0,85	0,088	25	25	0	0	0	0	0
PF3	12,0	7,74	0,97	0,110	0,254	0,235	0,398	25	13	52	12	48	35,1	0,351

Tableau 3 : Caractéristiques morphométriques et Pluviométriques / Pluie P3

N° de la parcelle	Pente en %	Rugosité totale en %	Végétation aérienne en %	Pellicule de battance	Végétation au sol	Pecouvrement sableux + sol nu sans battance	Gravillons + pierres	Hauteur totale de la pluie	Li lame d'eau infiltrée	Ke (%) coefficient d'efficacité de la pluie	LR lame ruisselée	Kru (%) coefficient de ruissellement	Erosion en (gr/m ²)	Erosion en tonnes/ha
PW1	5,8	1,55	0,072	0,313	0,105	0,581	0	20	5,1	25,5	14,9	74,5	43,6	0,436
PW2	4,5	9,14	1,027	0,138	0,022	0,839	0	20	12,5	62,5	7,5	37,5	21,5	0,216
PW3	7,0	3,85	0,45	0,216	0,152	0,631	0	20	6,0	30	14	70	129,6	1,296
PF1	7,5	6,76	1,24	0,177	0,318	0,34	0,163	20	5,7	28,5	14,3	71,5	96,8	0,968
PF2	12,0	5,57	1,92	0	0,060	0,85	0,088	20	12,6	63	7,4	37	105,2	1,052
PF3	12,0	7,74	0,97	0,110	0,254	0,235	0,398	20	2,8	14	17,2	86	109,8	1,09

pluie Hp et de la lame ruisselée Lr. (E/Hp et E/Lr).

Les moyennes de l'érodabilité présentent des variations en fonction des séquences pluviométriques et des caractéristiques des parcelles.

- Pour les parcelles nues (Pw1, Pw3, Pf1 et Pf3) l'érodabilité augmente nettement avec l'intensité de la pluie.

- Nous avons remarqué aussi que l'érodabilité de Pw3 peut dépasser le double de celle de Pw1 pour des intensités inférieures à 80mm/h et plus que le triple pour une intensité de 120mm/h. En effet Pw1 est labourée en courbes de niveau et Pw3 est non travaillée. C'est une confirmation du rôle que peut jouer le labour en courbes de niveau dans la protection des terres.

- Pour Pf1 et Pf3 nous avons remarqué que les valeurs de l'érodabilité n'ont pas de rapports nets avec le ruissellement; la différence de pente (12% pour Pf3 et 7% pour Pf1) a provoqué un ruissellement sur Pf3 supérieur à celui sur Pf1. Mais nous avons obtenu une érodabilité sur Pf1 nettement supérieure à celle sur Pf3. Le rôle de la pente dans ce cas est négligé devant d'autres facteurs tels que la stabilité structurale, le pourcentage de gravillons et de pierres, la pellicule de battance,...

**Tableau 4 : Erodibilité par rapport à la hauteur précipitée (E/Hp)
Erodibilité par rapport à la lame ruisselée (E/LR)**

Parcelles	1 mm/h	E/Hp g/mm	E/LR g/mm	Parcelles	1 mm/h	E/Hp g/mm	E/LR g/mm	Parcelles	1 mm/h	E/Hp g/mm	E/LR g/mm
PW1	40	0,49	3,5	PW3	40	0,30	7,50	PF2	40	-	-
	80	3,185	4,19		80	4,925	9,292		80	-	-
	30	0,45	1,046		30	0,64	4,571		30	-	-
	60	2,293	2,511		60	4,426	5,876		60	-	-
	120	2,18	2,926		120	6,48	9,257		120	5,26	14,21
PW2	40	-	-	PF1	40	-	-	PF3	40	0,25	8,33
	80	-	-		80	3,54	12,87		80	4,94	8,10
	30	-	-		30	0,69	5,75		30	0,15	1,15
	60	0,193	0,906		60	3,92	7,94		60	2,24	3,14
	120	1,075	2,866		120	4,84	6,76		120	5,49	6,38

Tableau 5 : Hauteur du Pluie (HP) - Lame ruisselée (LR) - Erosion (E)

Parcelles	Hp mm	LR mm	E g/m ²	Parcelles	Hp	LR	E g/m ²	Parcelles	Hp mm	LR mm	E g/m ²
PW1	10	1,4	4,9	PW3	10	0,4	3,0	PF2	10	-	-
	20	15,2	63,7		20	10,6	98,5		20	-	-
	10	4,3	4,5		10	1,4	6,4		10	-	-
	15	13,7	34,4		15	11,3	66,4		15	-	-
	20	14,9	43,6		20	14,0	129,6		20	7,4	105,2
PW2	10	-	-	PF1	10	0,0	0,0	PF3	10	0,3	2,5
	20	-	-		20	5,5	70,8		20	12,2	98,9
	10	0,0	0,0		10	1,2	6,9		10	1,3	1,5
	15	3,2	2,9		15	7,4	58,8		15	10,7	33,7
	20	7,5	21,5		20	14,3	96,8		20	17,2	109,8

DYNAMIQUE EROSIVE A OUED ETTIOUR

d - Conclusion

En conclusion de cette première méthode d'évaluation des pertes de terres sur des parcelles de 1m² de caractéristiques physiques et biologiques différentes, nous pouvons confirmer que l'érodabilité des terres est fonction de plusieurs paramètres à savoir :

- les caractéristiques des pluies, essentiellement leurs répartitions et leurs degrés d'agressivité,
- les caractéristiques du sol, à savoir la stabilité structurale, la pellicule de battance, etc...
- le couvert végétal et son rôle dans l'interception du ruissellement,
- les pratiques culturales effectuées, labour en courbe de niveau, labour dans le sens de la pente, sol travaillé ou non,...

Nous nous proposons d'étudier dans la partie suivante ces différents paramètres à l'échelle de tout le bassin versant avec une méthodologie qui combine les facteurs de l'érosion en tenant compte de leurs variabilités spatiales et temporelles.

II / EVALUATION DES PERTES DE TERRES POTENTIELLES SUR TOUT LE BASSIN VERSANT

La deuxième approche de l'évaluation potentielle de perte de terre, fait l'objet d'une adaptation de "l'équation universelle de perte de terre". Cette équation s'applique plus spécialement à l'érosion en nappe, la seule que nous étudierons ici.

1 - EQUATION UNIVERSELLE DE PERTE DE TERRE (U.S.L.E.)

C'est le modèle mathématique le plus employé pour prédire les pertes de terre dues à l'érosion de surface. La prudence est recommandée, quand on l'utilise hors de son domaine d'établissement (U.S.A.).

La formule de l'équation est :

$$A = R.K.L.S.C.P.$$

avec :

A : perte de terre calculée par unité de surface,

R : index des pluies caractérisant son agressivité,

K : facteur d'érodibilité : c'est la perte de terre en tonnes/ha par unité de R quand tous les autres termes ont la valeur unité,

L : indice représentant la longueur de la pente; c'est le rapport des pertes de terre d'un champ de longueur donnée, à celle d'un champ de 22.1m, de même longueur et même conditions de sol.,

S : indice inclinaison de la pente; c'est le rapport des pertes de terre d'un champ d'inclinaison donnée, à celle d'un champ à pente de 9% et de même longueur et même conditions de sol,

C : indice cultural (sol totalement couvert C = 0, sol complètement nu C = 1),

P : indice des pratiques conservatrices du sol déjà installées,

Tous ces paramètres seront quantifiés sur chaque maille du bassin versant digitalisé.

2 - AGRESSIVITE DES PLUIES (facteur R)

L'érosivité des pluies peut être définie comme étant la capacité potentielle d'une précipitation à provoquer de l'érosion. Au cours d'une pluie, l'énergie cinétique, ainsi que la quantité de mouvement dissipée lors de l'impact des gouttes permettent la mise en mouvement de quantités importantes de matériaux solides. Comme ces deux caractéristiques sont très variables d'une pluie à l'autre, c'est avant tout de l'agressivité des pluies que dépendent les variations de masses de terres perdues.

L'analyse de l'effet des pluies ne pourra être réalisée qu'après une séparation en séquences pluvieuses selon le critère suivant (WISHMEIER et SMITH 1958, BOLLINE 1982 et BOIFFIN 1984) : deux séquences pluvieuses sont distinctes si pendant 6 heures la hauteur d'eau enregistrée est inférieure à 1.27mm entre les deux séquences.

Le calcul de l'énergie cinétique E_c est complexe; il faut connaître la masse M et la vitesse V de chacune des gouttes d'eau.

$$E_c = 0,5.M.V^2$$

On fera ensuite la somme de l'énergie cinétique pour toutes les gouttes pour avoir l'énergie totale. En pratique, on décompose la séquence pluvieuse en pluviophases (intervalle de temps pendant lequel l'intensité est constante). On calcule ensuite l'énergie de chaque pluviophase et on effectue la somme sur toutes les pluviophases (HUDSON, 1971).

L'équation de l'énergie cinétique pour un mm de hauteur d'eau d'une pluviophase est :

$$e = 11,90 + 8,76. \text{Log} l$$

e : énergie en joules/m²/mm

l : intensité en mm/h ($l > 0.044$ mm/h)

l'énergie cinétique d'une pluviophase est :

$$E_T = \sum_{i=1}^{np} E_{Pi}$$

vec np : nombre de pluviophases d'une pluie.

L'agressivité de la pluie est :

$$R = \frac{E_T I_{30}}{1735}$$

R : indice d'agressivité ou d'érosivité en tonnes/ha/année

E_T : énergie cinétique totale de l'averse (J/m²)

I_{30} : intensité horaire maximum de l'averse en 30mm (en mm/h).

DYNAMIQUE EROSIVE A OUED ETIOUR

L'indice mensuel de l'agressivité pour le mois i avec k averses est : $R_{mi} =$

$$R_{mi} = \sum_{k=1}^1 R_k$$

L'indice annuel est :

$$R_{\bar{a}} = \frac{1}{4} \times \sum_{q=1}^{12} R_{aq}$$

Nous avons effectué les dépouillements des enregistrements pluviométriques de la station de Haffouz (1980-1988) et celle de l'oued el Hajar (1980-1988) situées à 10km environ du bassin versant.

Les calculs ont été faits pour les deux stations. On a pu avoir 297 séquences pluvieuses pour la station de l'oued Hajar et 348 pour la station de Haffouz. En tenant compte des résultats sur les deux stations (tabl.1, tabl.2), la moyenne annuelle de l'indice d'érosion pour la région est de l'ordre de $R = 25$.

Nous avons remarqué après examen des données pluviométriques que :

- moins de 3% des pluies enregistrées fournissent plus de 40% des valeurs de l'indice d'érosion.

- si on néglige les pluies donnant moins de 6.0 mm au pluviographe associé, et celles comprises entre 6.0 et 12.7mm dont l'intensité maximum en 30mm est inférieure à 6.0 mm/h le travail de dépouillement sera diminué de 80% tandis que le total des valeurs des indices d'agressivité n'est diminué que de 10% seulement.

- les mois de septembre et octobre sont les mois les plus dangereux avec 60% de l'indice d'érosion de l'année moyenne.

(voir tabl.6,7 et fig 2 à 5).

3 - LES FACTEURS TOPOGRAPHIQUES L et S

Les pentes les plus raides sont soumises à une érosion maximum. La perte en terre E augmente plus vite que l'inclinaison S selon la relation (HUDSON, 1971) :

$$E = S^a \text{ avec } 1.3 < a < 1.5$$

L'indice de longueur de la pente est définie comme la distance du point d'origine du ruissellement de surface jusqu'à un des points suivants :

- le point où diminue la pente et commence la sédimentation.
- le point où pénètre le ruissellement dans un chenal bien défini.

La relation entre la perte de terre e par unité de surface et l'indice de longueur de pente L est (HUDSON, 1971) :

$$e = L^b \text{ avec } 0.3 < b < 0.6$$

Le calcul du facteur L.S. se fait comme suit :

L'inclinaison S est obtenue à partir de la valeur de la pente s en pourcentage (WISCHMEIER et SMITH, 1965) par :

$$S = \frac{0.17 + 0.12s + 0.017s^2}{6.613}$$

Tableau 6 : INDICE D'AGRESSIVITE DE PLUIES (Rusa)
Station Oued El HAJAR

PW1 Année	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	TOTAL
1980	0.042	0.796	4.301	0.248	0.471	0.368	0	0.03	1.565	0.607	0.31	5.049	13.787
1981	0.691	0.742	0.615	0.708	1.529	0.877	0.035	0.707	3.022	2.389	0.245	0.183	11.743
1982	4.258	1.147	0.308	26.919	0.458	2.098	0.006	0.451	3.016	1.771	35.22	0.578	76.23
1983	4.489	0.09	1.256	0.264	1.163	1.604	0	0	0	0	0	0	8.866
1984	0	0.012	1.032	0.123	0.865	0	0	0.016	0	0	0	0	20.48
1985	0.008	1.496	2.007	2.952	13.206	0.396	0	0	0	0.658	0	0.15	20.873
1986	0.057	0	17.544	0.779	0.094	0	0	0	0.029	8.468	0.343	0.053	27.367
1987	0.214	0.056	0.402	0.098	0.119	0.34	0.12	0	0.124	0.356	0.026	0.02	2.975
1988	0.083	0.306	1.175	7.178	5.196	2.022	0	1.05	0.328	0.125	5.132	2.56	25.15
Total	9.842	4.645	29.64	39.269	23.101	7.705	0.161	2.254	8.084	14.374	41.276	8.593	188.94
Moyenne	1.093	0.516	3.293	4.363	2.566	0.856	0.017	0.25	0.89	1.597	4.586	0.954	20.993
%Rusa	5.2	2.45	15.68	20.78	12.22	4.07	0.08	1.19	4.27	7.6	21.84	4.54	
Cumulé	5.2	7.65	23.33	44.11	56.33	60.4	60.48	61.67	65.94	73.54	95.38	99.92	

Tableau 7 : INDICE D'AGRESSIVITE DE PLUIES (Rusa)
Station de HAFFOUZ

PW1 Année	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	TOTAL
1980	0.504	0.621	3.853	1.377	0.258	0.093	0	1.386	12.335	0.129	0.089	4.075	24.81
1981	0.227	0.269	0.064	0.539	7.798	0.832	0	0.051	0.136	6.826	0.028	0.183	16.953
1982	1.875	1.757	0.206	3.924	0.628	1.157	0	0.247	78.47	0.853	8.909	1.146	99.172
1983	2.808	0.005	0.068	0.021	1.688	2.178	0	1.548	0.945	2.89	0.322	0.001	12.474
1984	0.015	0.362	2.432	0.152	0.01	0	0	4.485	13.117	0.015	0	0	20.528
1985	0.379	0.303	2.96	0.976	4.189	0	0	0	19.171	0.421	0.074	0.643	29.085
1986	0.196	0.934	14.153	0.285	0.39	0.008	0	0	12.381	7.956	0.873	0.095	37.181
1987	0.194	0.106	1.216	0.199	0.428	0	0	0.069	0	12.601	2.353	0.019	17.181
1988	0.005	0.002	6.244	4.07	1.508	1.592	0	0.17	0.703	0.002	4.651	0.529	19.476
Total	6.203	4.359	31.596	11.533	16.857	5.86	0	7.952	137.26	31.789	17.302	6.691	277.01
Moyenne	0.689	0.484	3.466	1.282	1.873	0.651	0	0.883	15.25	3.532	1.922	0.743	30.77
%Rusa	2.239	1.573	11.261	4.166	6.085	2.115	0	2.87	49.549	11.47	6.245	2.415	
Cumulé	2.239	3.812	15.073	19.239	25.324	27.439	27.439	30.309	79.858	91.333	97.578	99.993	

Fig (2) - Répartition Mensuelle de l'Indice d'Agressivité des Pluies Station Oued Hajar 1980 - 1988

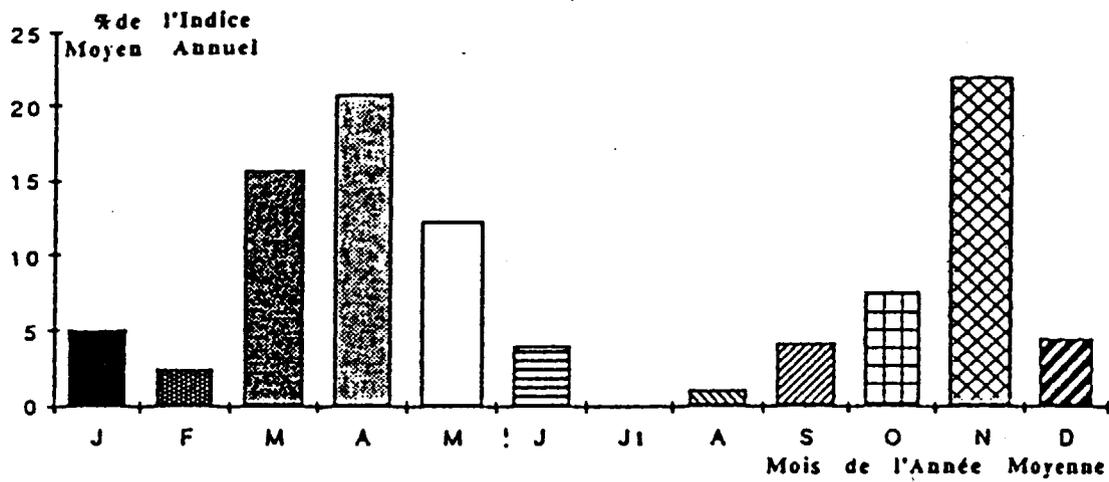


Fig (3) - Répartition Mensuelle Moyenne de l'Agressivité des Pluies Station Oued Hajar 1980 - 1988

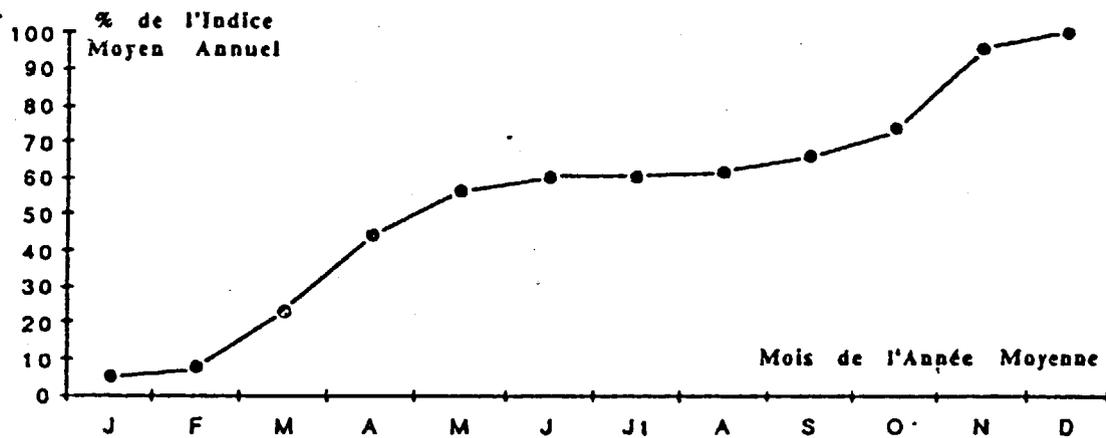
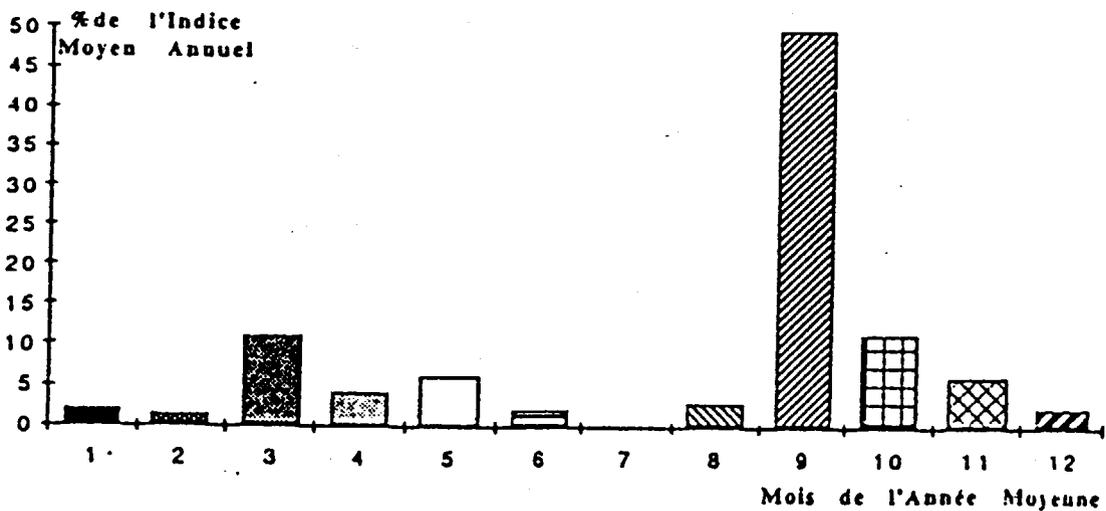
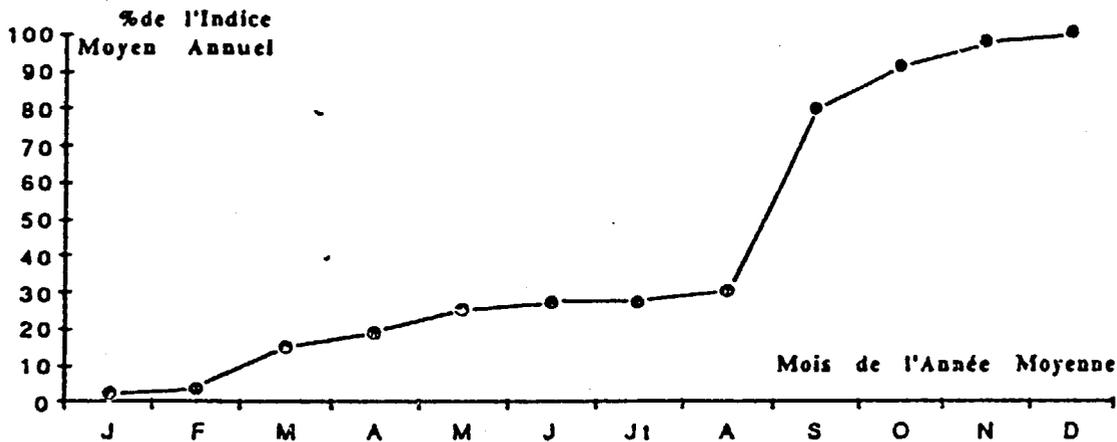


Fig (4) - Répartition Mensuelle de l'Indice d'Agressivité des pluies Station de Haffouz 1980 - 1988



**Fig (5) - Répartition Mensuelle Moyenne de
L'agressivité des Pluies
Station de Haffouz 1980 - 1988**



De même l'indice de longueur de la pente L est exprimé par la relation :

$$L = \lambda \frac{m}{22,1}$$

avec λ : longueur de la pente exprimée en mètres

m : exposant variant entre 0.3 et 0.6

évidemment, le produit L.S. est :

$$L. s. = \lambda \frac{m}{22,1} \frac{0,17 + 0,12.s + 0,17.s^2}{6,613}$$

L'exposant m est de l'ordre de 0.5 on utilise une abaque.

Enfin, ces formules s'appliquent seulement à des champs en pente uniforme, condition souvent non remplie.

Les valeurs de L.S. seront donc calculées sur des segments d'égales longueurs et multipliées par des facteurs d'ajustement donnés dans une abaque. La valeur de L.S. sera enfin obtenue sur le champ par la moyenne des valeurs ajustées.

Une fois les calculs faits nous avons procédé à l'établissement de la carte L.S. On a commencé par effectuer un maillage (200m x 200m) du bassin versant, puis on a déterminé l'altitude à chaque noeud. Les pentes dans toutes les directions (8 directions) ont été calculées à l'aide d'un programme qu'on a élaboré puis une carte des pentes maximales avec les directions correspondantes a été établie.

Enfin, à l'aide de cette carte et les abaques on a dressé la carte du facteur L.S. (carte n°1).

NB : Les cartes sont données sous forme numérique

4 - L'INDICE D'ERODIBILITE DU SOL (K)

Les abaques du facteur K sont déterminées expérimentalement sur le terrain. Elles dépendent du pourcentage des particules fines, de la matière organique, de la structure du sol et de sa perméabilité. Les valeurs peuvent être obtenues à l'aide d'un abaque.

On les a déterminées directement en utilisant :

- les photographies aériennes et la reconnaissance sur terrain,

- des prélèvements d'échantillons de sol (0-15cm et 15-30cm) couvrant presque tout le bassin versant.

Après analyse granulométrique des échantillons et la détermination de la perméabilité, on a calculé la valeur de K en utilisant l'expression suivante (BARIL Pierre, 1988) qui remplace l'abaque de Wischmeier :

$$1000 K = 2,110^{-(12 - MO\%)} \cdot M^{1,4} + 3,25 (s - 2) + 2,5 \cdot (P - 3)$$

avec :

K : facteur d'érodibilité.

MO : pourcentage en matière organique,

S : indice de structure,

P : classe de perméabilité,

M : pourcentage (sable fin + limon) \cdot (100 - argile).

On détermine alors la valeur de K à chaque point de prélèvement puis on établit la carte d'érodibilité (carte n°2).

5 - INDICE CULTURAL (C)

L'influence des cultures et des pratiques culturales sur l'érosion dépend d'un grand nombre de facteurs :

- nature des cultures et type de rotation,
- qualité de la couverture et croissance des racines,
- traitement des chaumes .. etc

Ces facteurs varient tout au long de la période s'écoulant des semailles à la récolte, les valeurs de C doivent donc être établies à chacun des stades de croissance végétative.

Pour évaluer convenablement l'indice C en un lieu, il faut tenir compte de la distribution de l'érosivité au cours de chaque stade de l'assolement choisi.

Actuellement, la quasi-totalité des terres est exploitée en céréales avec un assolement triennal (blé, orge, jachère). La valeur du facteur C se calcule à partir du rapport des pertes de terre de chaque stade multiplié par le pourcentage d'indice E_{130} applicable à cette période. Ce pourcentage est étudié mensuellement à partir de l'indice d'agressivité des pluies (fig. 2 et 3). On établira, enfin, la carte du facteur couvert végétal (C) sur le bassin versant (carte n°3).

6 - FACTEUR CONSERVATION DU SOL (P)

Dans les calculs précédents, on a toujours envisagé des cultures réalisées parallèlement à la ligne de plus grande pente d'où une érosion maximale.

Le facteur P est le rapport entre la perte de terre sur un champ cultivé avec une technique anti-érosive et la perte mesurée sur un champ travaillé dans le sens de la pente. Parmi les pratiques utilisées on cite : la culture suivant les courbes de niveau, la construction de banquettes, de terrasses et la culture en bandes parallèles aux courbes de niveau.

Les pertes de terre possible sur un bassin versant seront donc calculées pour le cas d'un terrain non traité (P = 1).

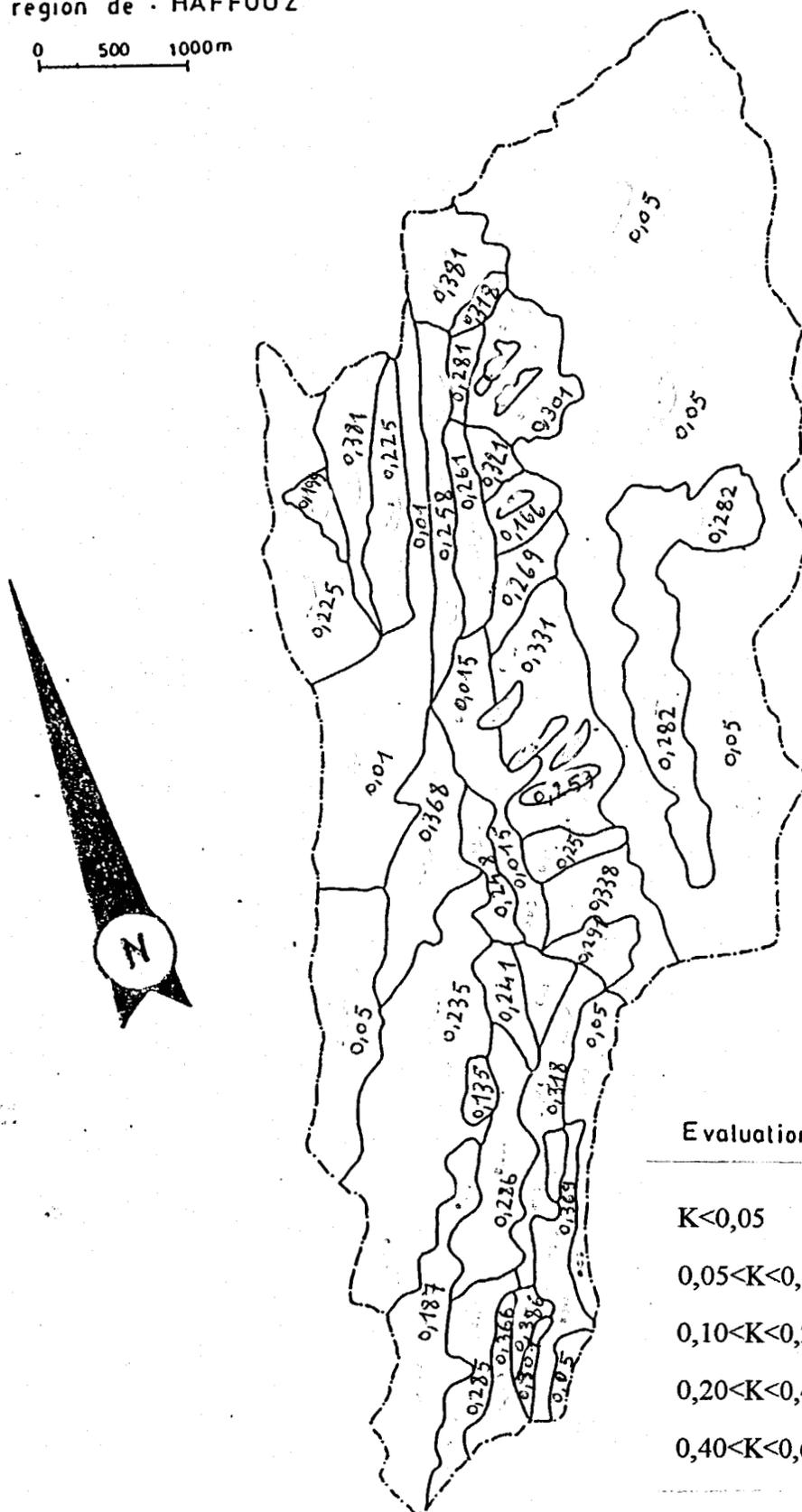
Carte n°2

Facteur érodibilité des terres (K)

Bassin Versant Oued Ettieur

région de HAFFOUZ

0 500 1000m



Evaluation des classes d'érodibilité

$K < 0,05$	sol peu érodible
$0,05 < K < 0,10$	sol faiblement érodible
$0,10 < K < 0,20$	sol moyennement érodible
$0,20 < K < 0,40$	sol fortement érodible
$0,40 < K < 0,60$	sol très fortement érodible

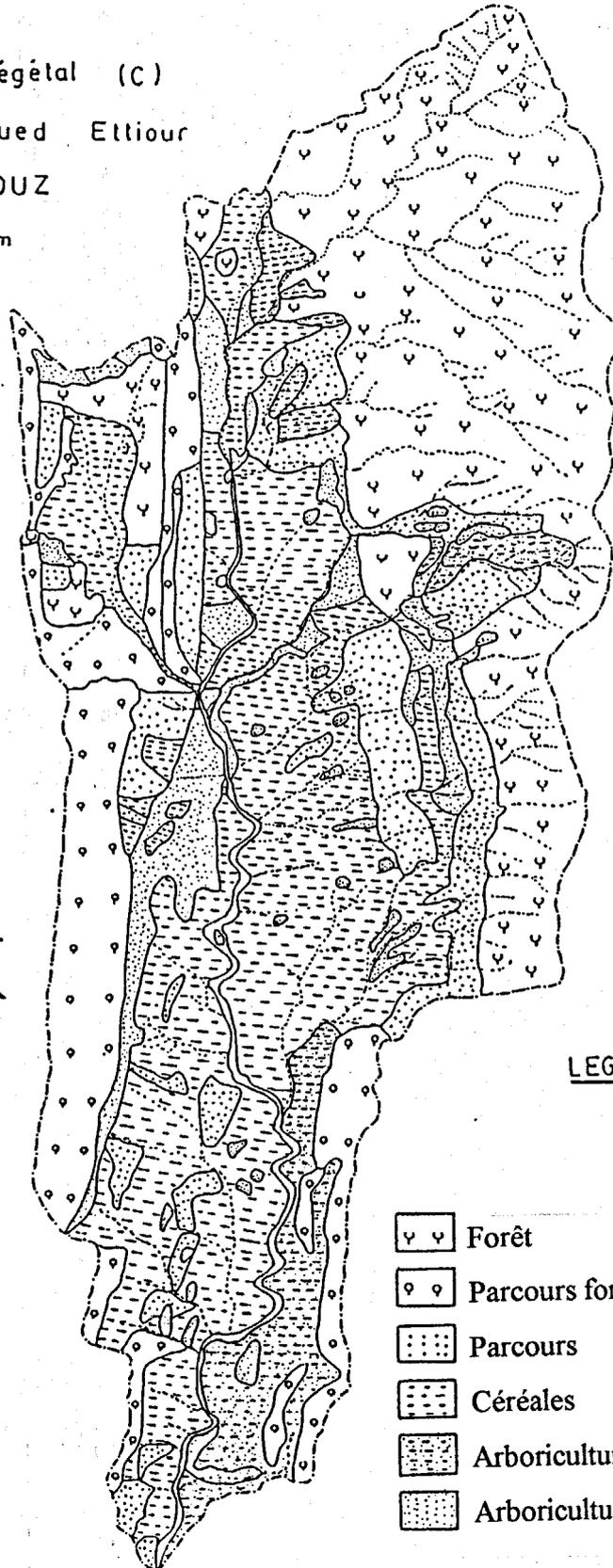
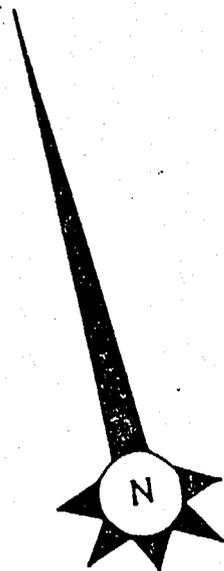
Carte n° 3

Facteur Couvert Végétal (C)

Bassin Versant Oued Ettliour

Région de HAFFOUZ

0 500 1000m



LEGENDE

	Forêt	C = 0.09
	Parcours forestier	C = 0.20
	Parcours	C = 0.45
	Céréales	C = 0.63
	Arboriculture + céréales	C = 0.57
	Arboriculture	C = 0.90

DYNAMIQUE EROSIVE A OUED ETTIOUR

7 - CARTE DES PERTES DE TERRE POSSIBLE SUR LE BASSIN VERSANT

C'est la synthèse de la combinaison de trois documents :

- carte du facteur K,
- carte du facteur L.S.,
- carte du facteur C.

La valeur de R est supposée constante ($R=25$) pour tout le bassin versant de superficie $A = 27,2 \text{ km}^2$.

Le facteur P est pris égal à 1 (bassin non traité).

Les pertes de terre trouvées varient de 1 à plus de 200 tonnes/ha/an. On a essayé de les regrouper en classes arbitraires de perte d'après le tonnage des pertes donné par la formule (tabl. n°8).

Les 4/5 de la terre emportée proviennent seulement du 1/5 de la superficie du bassin versant avec une lame moyenne d'ablation annuelle de l'ordre de 0,7mm.

Tableau (8) : Classes des pertes de terre

Classe	Surface en ha	% du B.V	Pertes correspondantes tonne / an	% des pertes du B. V.
1 t/ha/an	1036	38,1	1036	2,1
3,5 t/ha/an	547	20,1	1914,5	3,9
7,5 t/ha/an	333	12,2	2497,5	5,09
15 t/ha/an	295	10,8	4425	9,0
35 t/ha/an	229	8,4	8015	16,3
65 t/ha/an	111	4,0	7215	14,7
115 t/ha/an	104	3,8	11960	24,3
175 t/ha/an	32	1,1	5600	11,4
200 t/ha/an	32	1,1	6400	13,0
Ensemble du bassin versant	2719	100	49063	100,0
Moyenne	/	1 hectare	18,04	/

8 - LES TRAITEMENTS A METTRE OEUVRE

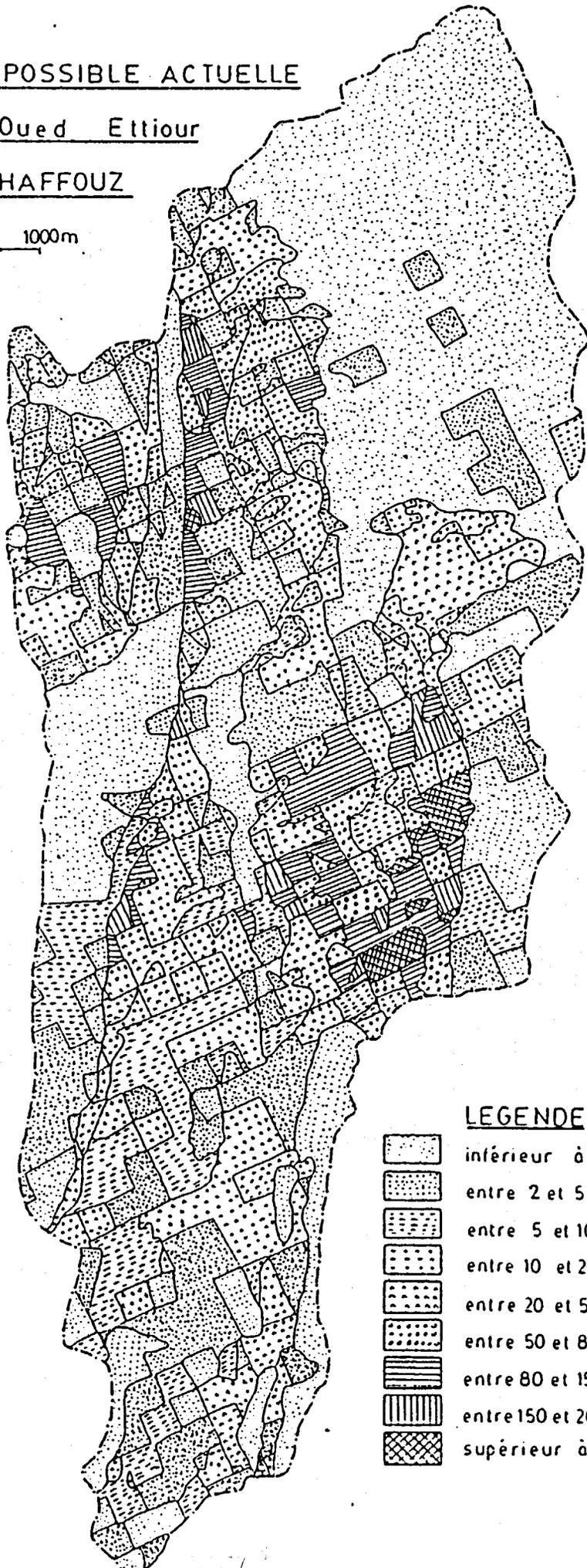
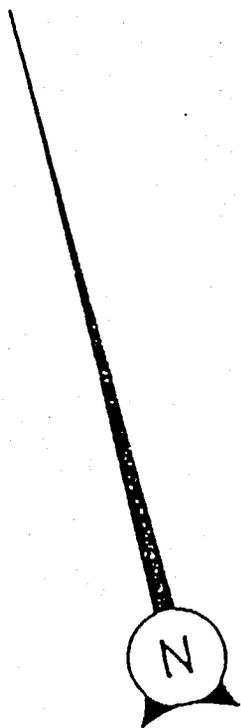
Un programme raisonnable d'aménagement doit fixer une perte tolérable puis chercher à réduire l'érosion sur chaque zone homogène. Ceci dépendra de l'assolement choisi. Un assolement triennal (blé, orge, jachère) avec un facteur $C = 0,63$, les banquettes espacées au plus de 60m, permettent une perte moyenne de 2,5 tonnes/ha/an. Le même assolement, mais avec un écartement des banquettes de 25m, permet une perte moyenne de 1,5 tonnes/ha/an.

CARTE D'ÉROSION POSSIBLE ACTUELLE

Bassin versant Oued Ettieur

Région de HAFFOUZ

0 500 1000m



LEGENDE

-  inférieur à 2 Tonnes/ha/an
-  entre 2 et 5 Tonnes/ha/an
-  entre 5 et 10 Tonnes/ha/an
-  entre 10 et 20 Tonnes/ha/an
-  entre 20 et 50 Tonnes/ha/an
-  entre 50 et 80 Tonnes/ha/an
-  entre 80 et 150 Tonnes/ha/an
-  entre 150 et 200 Tonnes/ha/an
-  supérieur à 200 Tonnes/ha/an

Conclusion

Il s'avère qu'en prenant la valeur moyenne annuelle de l'indice d'agressivité des pluies, on ne tient pas compte de sa répartition saisonnière. Cette dernière se répercute surtout au niveau des assolements. La pente agit par sa longueur et son degré d'inclinaison. L'érosion est proportionnelle au carré du pourcentage de pente et à la racine carrée de sa longueur.

Enfin, la méthodologie utilisée est basée sur des expérimentations sur terrains et l'élaboration des cartes peut être améliorée :

- en multipliant les prélèvements avec un choix convenable des sites,
- le calcul des pentes peut être fait à différents horizons en choisissant la longueur "optimale" pour une érosion maximale,
- le calcul de l'indice d'agressivité des pluies donnera sûrement d'autres résultats avec d'autres critères de séparation des séquences pluvieuses.

BIBLIOGRAPHIE

- WISCHMEIER, W.H. and SMITH, D.D. (1965)
Predicting rainfall erosion losses from cropland east of the rocky mountains.
(Agriculture handbook n°282 pp.47 Agr.Res.Serv in Coop. With Purdue Agr.Exp. station
U.S.Depth of Agriculture. Washington D.C.)
- BOLLINE, A. (1982)
Etude et prévision des sols limoneux cultivés en moyenne Belgique. (Thèse de
l'Université de Liège).
- BOIFFIN, J. (1984)
La dégradation structurale des couches superficielles du sol sous l'action des pluies.
(Thèse I.N.A., Paris).
- HAMZA, A. (1988)
Erosion et lutte anti-érosive dans le bassin versant de l'oued Zeroud (Tunisie centrale).
Thèse Doc. Etat, Starsbourg, 3 tomes 1191 p.
- HUDSON, N.W. (1971)
Soil conservation.
(Cornell University, Press. New York, 1971)
- WISCHMEIER, W.H. and SMITH, D.D. (1958)
Rainfall energy and its relationship to soil loss.
(U.G.U., Vol. 39, n°2)
- BARIL PIERRE, (1988)
Notes de cours choisies sur l'érosion et la conservation des sols (à l'I.N.A.T.)
(Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Institut de Génie Rural).



Pour citer cet article / How to cite this article

Nasri, S.; Hamza, A.; Sfar, F. - Contribution à l'étude de la dynamique érosive dans le bassin versant de l'Oued Ettiour (région de Haffouz, Tunisie centrale), pp. 314-332, Bulletin du RESEAU EROSION n° 17, 1997.

Contact Bulletin du RESEAU EROSION : beep@ird.fr