

I. — Introduction

La réussite des plantations forestières dans les zones humides et subhumides de la Tunisie dépend en grande partie des techniques de préparation du sol. Les techniques manuelles qui sont les plus utilisées se sont avérées dans plusieurs cas défaillantes pour que dans le futur la tendance devrait être vers l'introduction d'un minimum de mécanisation dans les reboisements de production. Cependant, l'intensification des techniques de reboisement va s'accompagner d'une perturbation plus importante de l'écosystème forestier.

Cet article se propose d'estimer l'impact de certaines techniques mécanisées de reboisement sur l'érosion hydrique des sols.

II. — Description des parcelles à reboiser

Dans les étages bioclimatiques humides et subhumides de la Tunisie, les groupements végétaux se rattachent aux séries suivantes (1, 3) :

La série du chêne Zeen.
La série du chêne liège.
La série de l'olivier lentisque.
La série du chêne kermes.
La série du Pin d'Alep.

Les parcelles à reboiser dans ces séries sont souvent couvertes par des formations de dégradation qui constituent un maquis d'espèces arbustives et buissonnantes de un à trois mètres de haut. Le faciès de dégradation du chêne Zeen est représenté par le groupe d'espèces héliophiles suivantes :

Erica arborea.
Cistus salvifolius.
Aira tenorei.
Genista tricuspidata.
Helianthemum guttatum.
Briza maxima.

Ce groupe occupe des sols dont l'horizon humifère a rarement une épaisseur inférieure à 15 cm et le taux de matières organiques est en moyenne de 5 % sur 30 cm. Ce sont généralement des sols acides fertiles.

Pour la série du chêne liège les faciès de dégradation comportent des espèces variables avec le type de sol. Sur les sols peu argileux sur 90 cm et avec un horizon humifère d'au moins 10 cm apparaissent deux groupes dynamiques.

- a. — *Arbutus unedo*
Myrtus communis
Erica arborea
Viburnum tinus.
- b. — *Erica arborea*
Erica scoparia
Myrtus communis.

Sur les sols argileux acides apparaissent quatre groupes dynamiques.

- a. — *Pistacia lentiscus*
Phillyrea media
Smilax aspera.
- b. — *Pistacia lentiscus*
Phillyrea media
Viburnum tinus.

Application de la méthode des sous-facteurs pour l'estimation de l'impact de certaines techniques de reboisement sur l'érosion du sol dans les zones subhumides et humides de la Tunisie

par Mohamed Habid SNANE *,
Mohamed MECHERGUI *
et Elies HAMZA **

* Maîtres de conférences à l'Institut national agronomique de Tunis.

** Assistant à l'Institut national agronomique de Tunis,
43, avenue Charles Nicolle, 1002 Tunis, Tunisie.

- c. — *Callycotome villosa*
Cystus monspeliensis.
- d. — *Schoenus nigricans*
Erica multiflora
Pulicaria sicalia.

Pour la série de l'olivier lentisque les faciès de dégradation sont réduits à un maquis bas et discontinu voire une pelouse à *Hedysarum coronarium* sur les marnes et argiles calcaires, et à *genista ferox* sur les terrasses alluviales bien pourvues en eau et bien aérées. La série du chêne kermes occupe les dunes littorales acides ou les dunes encroûtées calcaires.

Pour la série du Pin d'Alep dont le sol est humifère sous les arbres et érodé sans humus ailleurs les faciès de dégradation sont caractérisés par *Arbustus unedo* dans l'étage humide et *Rosmarinus officinalis* dans l'étage subhumide.

Bien que d'intérêt économique peu intéressant, ce maquis d'espèces arbustives constitue souvent une couverture végétale dense qui d'une part protège le sol contre toutes les formes d'érosion mais d'autre part constitue une entrave aussi bien à la régénération des espèces climaciques qu'à l'introduction de nouvelles espèces d'arbres forestiers productifs. En effet un simple recépage de ce maquis en vue d'y effectuer des plantations lui permet de rejeter vigoureusement et de reconquérir rapidement les parcelles plantées. Ainsi la réussite des nouvelles plantations productives est conditionnée par le dessouchement de ce maquis une fois recepé. Cependant, l'intervention, vigoureuse sur le maquis va perturber l'équilibre écologique de son biotope pouvant aller jusqu'à l'érosion du sol qui constitue le support principal de cet écosystème.

Si l'impact des différentes techniques d'intervention sur la végétation et le sol a fait l'objet de travaux de recherche et d'études importantes pour plusieurs cultures agricoles, il n'en est pas de même pour les techniques de reboisement. En effet, les milieux forestiers peu perturbés présentent des caractéristiques différentes des milieux agricoles assez remaniés et nous nous proposons d'étudier l'impact des différents types d'intervention sur les pertes en terre en tenant compte des spécificités de ces milieux.

III. — Caractéristiques spécifiques au milieu forestier

Le milieu forestier présente les caractéristiques suivantes :

- Recouvrement du sol avant sa mise en valeur par une végétation pérenne et broussailleuse pouvant atteindre les 3 m de haut et par une litière de feuilles assez épaisse.
- Présence d'un horizon humifère assez épais et d'un taux de matière organique important jusqu'à 60 cm de profondeur.
- Absence d'horizon compacté.
- Présence d'un matelas dense de racines fines jusqu'à 4 cm de profondeur.
- Une richesse importante du biotope en espèces animales et végétales.
- Irrégularité de la pente du terrain non travaillé qui présente un nombre important de seuils ou petites terrasses naturelles.

IV. — Variantes des techniques de reboisement

N'importe quelle variante dans les techniques de plantation va entraîner la destruction d'une certaine biomasse animale et végétale et une perte de terre par érosion. Le forestier doit savoir choisir la variante qui lui permettrait de concilier entre la conservation de la nature, du sol et la réussite des plantations à effectuer. Cette variante conservatrice de l'environnement naturel peut coûter moins cher non seulement pour les générations futures mais aussi pour la génération actuelle puisque toute destruction d'une quantité de biomasse nécessite la dépense d'une certaine quantité d'énergie qui lui est proportionnelle. Les variantes que nous allons présenter dans ce qui suit diffèrent quant à leur impact sur l'environnement mais peuvent présenter des conditions similaires de réussite pour les jeunes plantations. Les trois premières variantes n'ont pas été testées en Tunisie.

Variante 1 : Maquis tué aux herbicides débroussaillants. La moitié de la parcelle est ripée et labourée par bandes sur les lignes de plantation.

Variante 2 : Maquis recépé jusqu'au niveau de la souche sur toute la parcelle. La moitié de la parcelle est ripée et labourée par bande sur les lignes de plantation.

Variante 3 : Le maquis de la moitié de la parcelle est recépé par bande le long des lignes de plantation. Un ripage et un labour lui succèdent.

Variante 4 : Décapage du maquis jusqu'au niveau des racines sur toute la parcelle suivi d'un ripage et d'un labour avec nivellement.

Variante 5 : Recépage avec broyage du maquis sur toute la parcelle suivi de deux passages croisés au débroussaillleur à disques lourds ou au ripper.

Pour chacune de ces variantes nous avons considéré les deux conditions de travaux effectués dans le sens parallèle ou perpendiculaire à la pente. Le recépage ou le décapage du maquis et le ripage sont effectués respectivement avec la lame frontale et les dents du ripper du bull dozer. Pour les 4 premières variantes le labour est effectué avec une charrue à soc jusqu'à 1 mètre de profondeur. Le débroussaillleur à disque lourd ne pénètre pas plus de 30 cm dans le sol. En présence d'un maquis vigoureux le ripper peut remplacer le débroussaillleur pour obtenir un bon dessouchage. Pour la 4^e variante l'enlèvement du maquis est accompagné du décapage de 5 cm à 10 cm de sol. La plantation et les binages sont effectués à la main d'œuvre pour toutes les variantes. Nous allons aussi supposer qu'aucun aménagement physique de conservation des eaux et du sol n'est exécuté sur la parcelle à reboiser.

V. — Impact sur l'érosion hydrique du sol

L'estimation de la perte en terre pour chacune de ces variantes de technique de reboisement est effectuée avec l'équation universelle de perte en terre (Wischmeier et Smith, 1978) adaptée grâce à la méthode des sous-facteurs aux conditions spécifiques au milieu forestier. Cette équation s'énonce comme suit :

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P$$

où nous avons :

A = la quantité de terre transportée.

R = L'érosivité de la pluie.

K = L'érodabilité du sol.

LS = Le facteur topographique.

C = Le facteur de protection du sol par les aménagements cultureaux.

P = Le facteur de protection du sol par les ouvrages de conservation des eaux et du sol.

De tous ces facteurs nous pouvons constater que seul le facteur C est endogène à la technique de reboisement utilisée. Tous les autres sont exogènes. Aussi allons-nous donner une estimation du facteur C pour les différentes variantes de technique de reboisement pour les comparer entre elles quant à leur impact relatif sur la perte de terre. Pour tenir compte des spécificités du milieu forestier et afin d'avoir une estimation du facteur C aussi proche que possible de la réalité nous l'avons subdivisé en plusieurs sous-facteurs correspondants aux composantes principales influençant le comportement de ce facteur à savoir :

- La litière ou le résidu du maquis,
- La couverture végétale naturelle ou introduite,
- La reconsolidation du sol pulvérisé par le labour,
- Le matelas de racines dans les 2 à 4 premiers centimètres de sol,
- La matière organique,
- L'effet résiduel de la matière végétale verte enfouie dans le sol après le labour,
- L'effet « seuil » dû au nivellement et à l'irrégularité de la pente,
- Le labour grossier le long de la pente ou en courbe de niveau.

1. — Sous-facteur de la litière et/ou du résidu du maquis

La couverture du sol par la litière ou le maquis broyé protège le sol contre « les forces érosives des gouttes de pluie et du ruissellement. Un sol forestier complètement couvert de litière a dans la majorité des cas des vitesses d'infiltration d'eau qui dépassent l'intensité de la pluie. Aussi ce sous facteur est en principe égal à zéro pour une couverture complète du sol et à 1 lorsque le sol est

complètement nu. Pour les couvertures intermédiaires ce sous facteur doit suivre environ la courbe établie par Wischmeier et Smith (1978) pour le cas des cultures agricoles.

2. — Sous-facteur de la couverture végétale

La couverture végétale intercepte les gouttes de pluie qui en retombant atteignent rarement leur vitesse terminale. Aussi l'énergie de ces gouttes de pluie en atteignant le sol est inférieure à celle des gouttes de pluie non interceptées. Pour une hauteur moyenne du maquis de 1,5 m nous avons estimé que ce sous facteur est proche de 0,4 et de 1 respectivement pour une couverture végétale de 100 % et 0 %. Par ailleurs pour les densités de couverture intermédiaires, ce sous-facteur doit être inversement proportionnel au taux de couverture.

3. — Sous-facteur de la reconsolidation du sol

Juste après le labour le sol pulvérisé est plus sensible à l'érosion. Le retrait de ce sol à l'action de la charrue lui permet avec le temps de se reconsolider et de devenir moins érodable. Ce sous-facteur de reconsolidation des sols forestiers ne doit pas différer beaucoup de celui des sols agricoles cultivés. Des valeurs pour ce sous facteur de 1, 0,7 et 0,5 respectivement pour les années zéro, 2^e et 8^e années après le labour seront assez proches de celles trouvées pour les sols agricoles cultivés.

4. — Sous-facteur des racines

Un matelas de racines fines est normalement présent dans les 4 premiers centimètres de sol forestier non ramanié depuis de longues dates dans les zones humides

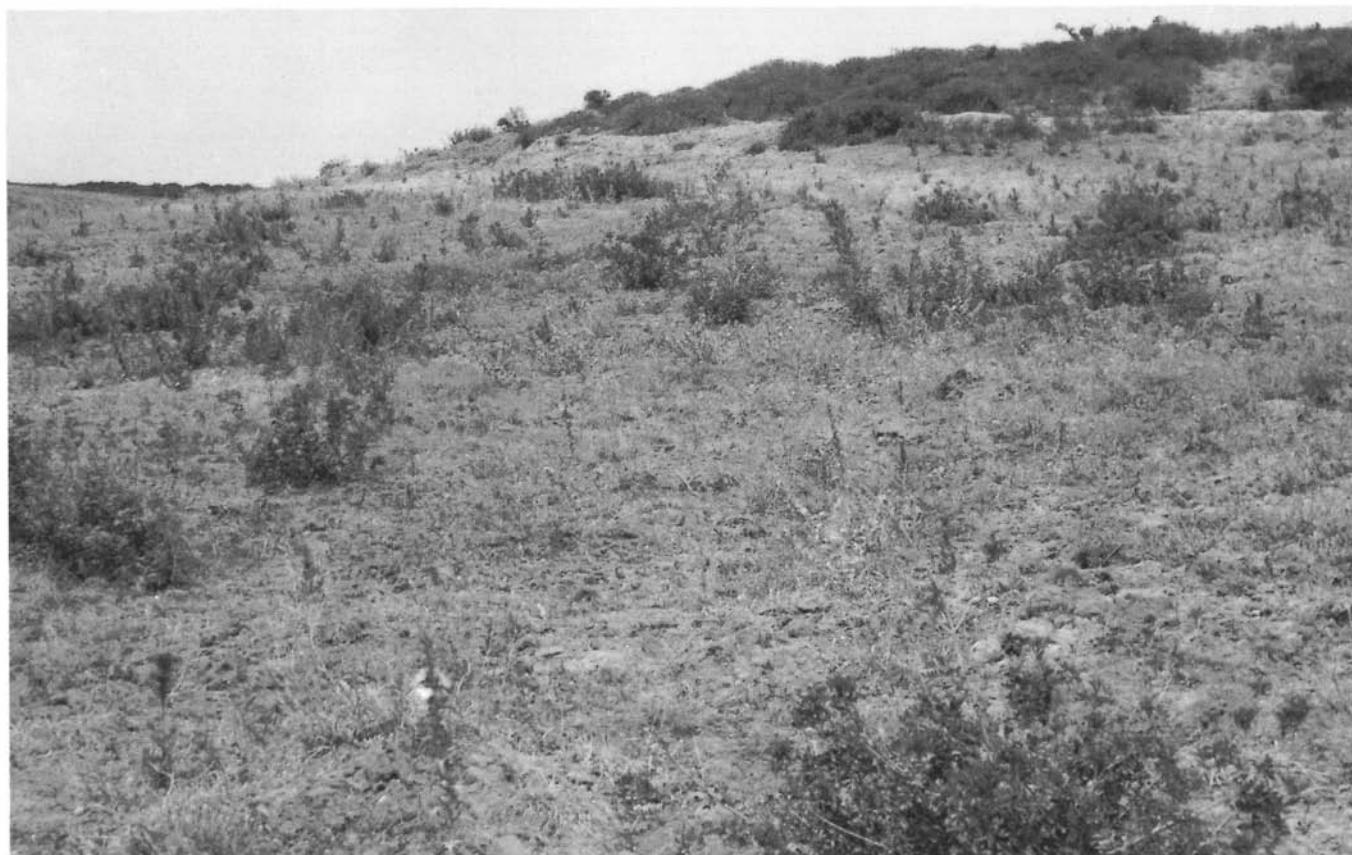


Photo 1. — Plantation de Pin pignon âgée d'un an (Avril 1987) réalisée sur une parcelle recepée et labourée par deux passages croisés avec le ripper du bulldozer.
Remarquer les rejets de maquis et l'absence de rigoles d'érosion.



Photos 2 et 3. — Plantation de Pin d'Alep âgée d'un an (Avril 1987) réalisée sur une parcelle préparée avec la variante n° 4.
Remarquer l'absence de rejets de maquis, la présence de rigoles d'érosion.



ou subhumides. Ce matelas peut exister plus profondément dans les zones plus sèches, auquel cas le sous-facteur de racines sera égal à 1. Lorsqu'il existe ce sous facteur doit être proche de celui des prairies permanentes des graminées et qui est égal à 0,2 pour une couverture du sol de 100 % par le matelas de racines. Pour notre situation nous avons estimé ce sous facteur égal à 0,4 correspondant à une couverture de 60 %.

5. — Sous-facteur de la matière organique

Le labour profond avec une charrue à soc enfouit en principe le sol superficiel sous les horizons profonds peu riches en matière organique. Le labour superficiel avec la charrue à disques lourds conserve la distribution initiale des couches du sol dont les plus superficielles ont un taux de matière organique dépassant le maximum de 4 % existant dans le normographe d'érodabilité des sols de Wischmeier et Smith (1978). Ces deux auteurs recommandent d'utiliser ce sous facteur égal à 0,7; mais nous avons opté pour la valeur 0,8 pour être plus conservateur.

6. — Sous-facteur résiduel de la matière végétale enfouie

Il est le plus difficile à discerner car sa valeur et sa durée sont fonction du climat, du type de sol, de la structure, de la perméabilité et de la quantité de matière végétale enfouie au moment du labour. Selon que les racines, les souches et les tiges du maquis seront enlevées ou enfouies le sol sera plus ou moins sensible à l'érosion. Le temps que met cette matière végétale pour se décomposer et que le sol retrouve ses conditions de départ est fonction des facteurs mentionnés ci-dessus. Si pour les conditions forestières des régions humides et subhumides de la Tunisie, ce facteur peut prendre environ la valeur de 0,7 juste après le labour, il ne tardera pas au bout de la 3^e année de reprendre la valeur de celle d'un sol sans matière végétale enfouie.

7. — Sous-facteur de l'effet « seuil »

La pente d'une parcelle forestière est souvent constituée d'une infinité de seuils ou méplats distribués au hasard et qui interrompent la vitesse de l'eau de ruissellement. Une fois la pente labourée ces seuils sont détruits et le sous-facteur passe de la valeur 0,8 à 1.

Nous avons présenté dans le tableau I les valeurs des différents sous facteurs pour les 5 variantes de techniques de reboisement ainsi que la valeur résultante de C qui n'est autre que le produit de tous les sous-facteurs et ceci pour le labour dans le sens de la pente et pour la première année de plantation. Pour les deux à huit années suivantes les sous-facteurs de la reconsolidation du sol, de la couverture végétale et de l'effet résiduel vont changer. Il en est de même pour le sous-facteur du labour en courbe de niveau qui est fonction de l'importance de la pente et qui tout compte fait n'influence pas beaucoup les résultats obtenus pour le facteur C sans le labour en courbe de niveau sous les conditions topographiques de fortes pentes des parcelles à reboiser. En effet avec des labours aussi grossiers et ne formant pas de sillons bien distincts et non communicants le sous-facteur du labour est égal à 1 pour le labour le long de la pente; 0,9 et 0,8 pour le labour en courbe de niveau respectivement pour des pentes entre 10 et 15 % et supérieures à 15 %. Nous avons ainsi présenté dans le tableau 2 les valeurs du facteur C pour les labours en courbe de niveau pour les deux types de pente et pour la deuxième et la huitième année après la plantation.

VI. — Analyse des résultats sur l'érosion du sol

Tous les facteurs autre que celui de la protection du sol par l'aménagement des cultures (C) étant invariables pour une parcelle à reboiser, la quantité de sol qui va partir de cette parcelle va être proportionnelle au facteur C pour chaque technique d'aménagement ou de reboisement.

Soit :

$$A = kC$$

k étant une constante pour une parcelle donnée. Elle englobe tous les autres facteurs de la formule universelle de perte en terre. Il apparaît ainsi clairement d'après le tableau II, en considérant la moyenne de la valeur de C pour une période de huit ans après le reboisement, que la variante 5 est la moins érosive. Elle est suivie par ordre croissant d'érosion successivement par les variantes 1, 3, 2 et 4. Cette dernière étant la technique de reboisement actuellement utilisée dans l'agrocombinat de l'oued el Abid (Office des terres domaniables de Tunisie) avec laquelle la

	Ripage et labour profond à la charrue à soc						
	Maquis tué aux débroussaillants	Maquis réécépé sur toute la parcelle	Maquis conservé sur la partie non labourée	Maquis enlevé	Labour superficiel au ciel au débroussailleur		
Sous facteur	Non laboué : 50% : 50%	Non laboué : 50% : 50%	Non laboué : 50% : 50%	Non laboué : 50% : 100%	Labouré : 100% : (2)		
Litière ou résidu	0,1	1	0,3	1	0,2	1	0,9 : 0,4 : (1) Technique actuellement utilisée à Oued Abid.
Couverture végétale	0,8	1	1	1	0,4	1	1
Reconsolidation	0,6	1	0,6	1	0,6	1	1
Matelas de racines	0,4	1	0,4	1	0,4	1	1 : 0,6 : (2) Technique préconisée.
Matière organique	0,8	1	0,8	1	0,8	1	1 : 0,8 :
Effet résiduel	1	0,7	1	0,7	1	0,7	0,7
Effet "seuil"	0,8	1	0,8	1	0,7	1	1 : 0,9 :
Labour le long de la pente	1	1	1	1	1	1	1
Facteur C	0,013	0,7	0,046	0,7	0,011	0,7	0,63 : 0,122 :
Facteur C pour chaque variante.	0,36		0,38		0,36	0,63	0,122 :

Tableau I : Détermination du facteur C pour chaque variante de technique de reboisement.

	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5
Labour le long de la pente					
0 an après labour	0,36	0,38	0,36	0,63	0,122
2 ans après labour	0,36	0,38	0,36	0,45	0,090
8 ans après labour	0,16	0,16	0,16	0,27	0,042
Moyenne pour 8 ans	0,29	0,30	0,29	0,43	0,08
Labour en courbe de niveau Pente < 15 %					
0 an après labour	0,29	0,31	0,29	0,51	0,099
2 ans après labour	0,29	0,31	0,29	0,36	0,072
8 ans après labour	0,13	0,13	0,13	0,22	0,034
Moyenne pour 8 ans	0,23	0,25	0,23	0,35	0,065
Labour en courbe de niveau Pente > 15 %					
0 an après labour	0,33	0,34	0,32	0,57	0,11
2 ans après labour	0,33	0,34	0,32	0,41	0,08
8 ans après labour	0,14	0,15	0,14	0,24	0,04
Moyenne pour 8 ans	0,26	0,27	0,26	0,39	0,08

Tableau II : Variation du facteur C en fonction de l'année, de la pente et du type de labour.

parcelle va perdre durant les huit premières années de la plantation environ 5,3 fois plus de sol arable qu'avec la variante 5 qui correspond à la technique que nous conseillons de suivre. C'est à partir de la 8^e année que les jeunes plantations vont commencer à perdre une quantité suffisante de feuilles pour rétablir l'effet anti-érosif de la litière qui est reconnue pour être le plus important sous-facteur dans les formations forestières. En effet l'examen du tableau I montre que le sous-facteur dû à la litière couvrant les sols forestiers constitue le plus important paramètre d'influence du facteur global C.

	: Variante				
	: 1	: 2	: 3	: 4	: 5
Labour le long de la pente	35	36	35	52	10
Labour en courbe de niveau					
VÉAU					
Pente < 15%	28	30	28	42	8
Pente > 15%	31	32	35	47	10

Tableau III : Perte en sol moyenne annuelle durant la période de huit ans après la plantation à Oued El Abid (Tonne/ha).

La détermination du nombre d'année après la plantation à partir duquel l'effet « litière » va être complètement rétabli va dépendre de l'espèce plantée et nécessite des travaux de recherche. C'est à partir de cette date que les sous-facteurs dus à la litière vont s'équilibrer pour toutes les techniques de plantation et la supériorité antiérosive des unes sur les autres va s'atténuer.

Il est par conséquent difficile de prévoir la perte en terre moyenne annuelle au-delà de huit ans de la vie du reboisement sans avoir étudié préalablement les étapes de



Photo 4. — Plantation d'Eucalyptus en bordure d'une parcelle préparée avec la variante n° 4.
Remarquer les ravines d'érosion importantes malgré la très faible pluviométrie de l'année 1988 (moins de 100 mm).

rétablissement de la litière dans les reboisements forestiers.

A titre d'exemple nous allons estimer la perte en terre moyenne annuelle durant la période de 8 ans pour les cinq variantes dans une parcelle assez représentative des conditions de Oued el Abid et ayant les caractéristiques suivantes :

Sol superficiel de texture équilibrée après labour (sable, limon argileux) ($k = 0,2$). Parcelle dont la pente de 15% a une longueur de 100 m ($LS = 4,5$).

Les sédiments retenus par les banquettes seront considérés comme perdus pour les arbres ($P = 1$). L'indice d'érosivité de la pluie pour le subhumide est d'environ ($R = 1027$ joules mm/m²/ha). Nous pouvons ainsi dresser le tableau IV de perte en terre moyenne annuelle durant une période de 8 ans pour les 5 variantes.

$$A = 121 \times C$$

A : La perte de terre en T/ha/an.

Pour un sol dont la densité apparente est égale à 1,2, cette perte en terre correspond à un décapage du sol par l'érosion hydrique de moins de 0,8 mm par an pour la variante 5 et de 3,5 mm par an pour la variante 4.

Variante	Perte en terre durant les 50 ans		Moyenne par an t/ha		
	Durant les 10 premières années	Durant les 40 dernières années			
	Durant les 10 premières années	Total	Pour une rotation de 50 ans	Pour une rotation de 40 ans	
1	31,4	193	507	10,2	11,4
2	32,7	193	520	10,4	11,6
3	31,4	193	507	10,2	11,4
4	47,1	193	664	13,3	15,4
5	9,7	193	290	5,8	6

Tableau IV : perte en terre durant la vie du peuplement.

Conclusion

A l'instar des assolements agricoles, l'aménagiste est intéressé de connaître la perte en terre moyenne annuelle d'une parcelle reboisée durant toute la vie du peuplement.

L'âge d'exploitation des arbres est fonction du sol, du climat et de l'essence. Pour une futaie d'essence résineuse un âge d'exploitation de 40 à 50 ans peut être considéré comme une bonne moyenne dans les zones humides et subhumides. Nous avons ainsi déterminé dans le tableau IV les pertes en terre durant les 50 ans pour les 5 variantes de techniques de reboisement en considérant qu'à partir de la 10^e année de plantation toutes les variantes auraient atteint la valeur de C la plus favorable et qui est égale à 0,04. Durant les 10 premières années du reboisement la valeur moyenne annuelle de C sera prise égale à la moyenne pour les 8 ans.

Durant toute la vie du peuplement la perte en terre moyenne annuelle est d'autant plus forte que l'âge d'exploitation est plus faible. Il semblerait que même en ne labourant que la moitié de la parcelle (variante 1, 2, 3) la perte en terre tolérable de 7 t/ha/an risque d'être dépassée et que seule la technique dont le labour est associé à une protection du sol contre l'énergie cinétique de la pluie par une couverture de résidu du maquis broyé réduit la perte en terre de 2, 3 fois par rapport à la variante 4.

M.-H.S.
M.M.
E.H.

BIBLIOGRAPHIE

1. Dimanche P., Schoenenberger A., (1970). — Description des milieux des Mogods et de Kroumirie. INREF — IRT — Variété scientifique N° 4.
2. Dissmeyer G.E., Foster G.R., (1985). — Modifying the universal soil loss equation for forest land. In Soil Erosion and conservation. Ed. S.A. El Swaify, W.C. Moldenhawer and Andrew. Lo.
3. Institut de Reboisement de Tunis. — PNUD-FAO — (1974). — Manuel pratique de reboisement F.D. SF/TUN 11/Rapport technique 2.
4. Wischmeier W.H., and Smith D.D. (1978). — Predicting rainfall erosion losses — A guide to conservation planning. Agr. Handbk. 537. U.S. Dept. Agr. Washington, D.C.

Résumé

La réussite moyenne des reboisements effectués à la main d'œuvre en Tunisie va inciter les forestiers à mécaniser les travaux préparatoires du sol dans les futurs reboisements de production des zones humides et subhumides. Nous avons présenté les caractéristiques générales et spécifiques des milieux forestiers dans ces zones qui sont constituées par cinq séries forestières principales. Cinq variantes de techniques de plantation ont été ensuite décrites avant de passer à l'estimation des pertes en terre avec l'équation universelle de perte en terre. A cet effet nous avons procédé à l'estimation des facteurs de couverture et d'aménagement des cultures en utilisant la méthode des sous-facteurs.

SUMMARY

The use of the subfactor approach for the estimation of soil loss related to some forest trees plantation technics in humid and subhumid areas of tunisia.

The success of Forest trees plantation in humid and subhumid areas of Tunisia depends on the method of soil preparation for planting. The conventional method using mostly labour has not been that successfull in the last few years. Indeed the dense cover of native vegetation that need to be cleaned prior to planting cannot be removed efficiently by workers and hand tools. This one to three meters high scrub is mostly usefull to control soil erosion and protect wildlife and there is no way to convert it for economical timber production without clearing and rooting it up with plowing.

Nevertheless intensive plowing is harmfull both to wildlife and to the soil where severe erosion can take place during the establishment period of the forest trees plantation which can be as long as ten years duration. Five technics of soil preparation have been, presented in this paper. They are :

— 1st method : The killing of the scrub on the whole plot is done using herbicides. But only half the plot is strip deep plowed and levelled along the plantation lines.

— 2nd method : The scrub is cut on the whole plot. But only half of it is strip deep plowed and levelled along the plantation lines.

— 3rd method : Half of the scrub is strip cut along the plantation lines. it is followed by a strip deep plowing and levelling.

— 4th method : The scrub is scraped with a five to ten centimeters depth of soil and litter. Deep plowing and levelling is done on the whole plot.

— 5th method : Scrub is cut, broken and spread all over the plot. Shallow plowing with a heavy disc plow will follow up without levelling.

For the first four methods deep plowing is done with a one meter deep moldboard plow once most of the scrub has been removed from the plot whereas for the last method a big part of the cut and broken scrub is kept covering the plowed soil.

The soil loss for five planting methods has been estimated using the universal soil loss equation where only the management factor "C" has been found to undergo some change. The estimation of this factor "C" is made easier to find using the subfactor approach. Indeed a subfactor "C" has been related to every component of the forestry biotope and the resultant "C" factor has been determined as the product of these subfactors for every planting method. These components are :

- Soil cover by litter, slashed logs and surface rock.
- Soil cover by canopy.
- Soil reconsolidation after disk, root raking and plowing.
- Dense fine root mat present in the top 4 cm of most forest soils.
- Accumulation of organic matter in the top of most forest soils.
- Residual binding effect of freshly turned organic matter.
- Steps formed by soil deposits in depression and behind obstacles.

Litter and scrub residu soil cover subfactor has been determined using the Wischmeier and Smith normograph established for an agricultural crop residu. Therefore it should be equal to 0.1, 1, and 0.4 for an undisturbed, deep moldboard plowed and shallow heavy disked soil.

Canopy cover subfactor should vary between 0.4 and 1 according to the percent soil cover by canopy.

Reconsolidation subfactor for the plowed forest soil should not be quite different from that of a crop cultivated land. So it should be equal to 1, 0.7 and 0.5 for the first, second and 8th year following plowing respectively.

Forest soil root mat is quite similar to those of a meadow. The scrub root mat subfactor should be higher than that of a meadow since the canopy soil cover is less.

Wischmeier and Smith recommend for the organic matter subfactor a value of 0.7 once the organic matter content of the top soil exceeds 4 percent. This is the case for most forest soils. But we have used a more conservative value of 0.8.

The residual binding effect subfactor should increase very quickly in our climatic conditions according to the quick decomposition of the freshly turned organic matter in the soil. It should vary between 0.7 just after plowing under the residu and 1 in the third year.

The steps subfactor should be equal to 0.8 in an undisturbed forest plot and 1 for a levelled soil.

This method was applied to a plot located at the O.T.D. farm of Oued el Abid "(Office des terres domaniales de Tunisie)". The main scrub species existing on the plot prior to planting are :

Pistacia lentiscus	Olea europaea
Quercus coccifera	Arbutus unedo
Rosmarinus officinalis	Callycotide villosa
Cystus monspeliensis	Erica multiflora

Apart from the crop management factor "C" in the universal soil loss equation the contribution of all the other factors has been found to be equal to 121 for this plot conditions. Therefore the estimation of soil loss has been done using the following equation :

$$A = 121 \times C$$

where A is the soil loss in metric tons/ha.

The calculation made for this plot showed that for the whole life of a pine plantation (50 years) the average annual soil loss per hectare should be 10.2, 10.4, 10.2, 13.3 and 5.8 metric tons for the five succeeding planting methods respectively. Indeed with an up and downhill plowing the average "C" factor for the first eight years of a plantation has been found to be equal to 0.29, 0.3, 0.29, 0.43 and 0.08 for the five succeeding planting methods respectively. It should be the same later on for all the methods with the value of 0.08. It is well known that once the land slope exceeds 15 % there is no much difference in soil loss whether plowing is done along the contour or up and downhill. Indeed the rough plowing on the contour and the land levelling prior to planting will leave the soil surface

similar to that of an up and down hill soil working. Moreover even without levelling the furrows formed with this rough plowing should not have their ridges as neat and efficient in storing runoff water as the furrows formed in a cultivated land. The high soil loss in the forth method is due mainly to the scraping of the litter and very shallow fine scrub roots whereas the low soil loss in the fifth method is mainly due to the broken scrub residu covering soil.

RIASSUNTO

Applicazione del metodo dei sottofattori per la stima dell'impatto di alcune tecniche di rimboschimento sull'erosione del suolo nelle zone subumide e umide della Tunisia.

La riuscita delle Siantagioni forestali nelle regioni umide e subumide della Tunisia dipende dal metodo utilizzato per la preparazione del suolo.

Il metodo convenzionale che utilizza soprattutto la mano d'opera non ha dato i risultati previsti nel Corso di questi ultimi anni. Infatti la la Copertura Vegetale naturale densa non puo essere dissodata efficacemente con gli attrezzi manuali e gli aperai. Questa macchia di 1 a 3 uretri di altezza è efficace per la protezione della natura e del suolo ma necessita di un dissodamento ed una estirpazione meccanica per Convertirla in una piantagione forestale produttiva.

Tuttavia qualsiasi lavoro intensivo del suolo può essere nocivo tanto alla fanno che alla flora non chè al suolo il quale rischia di subire un'erosione severa durante il periodo della sistemazione della foresta che può durare una diecina di anni.

Abbiamo presentato in quest'articolo cinque tecniche di preparazione del suolo le quali sono :

1) metodo : Macchia distrutta con erbicida sterpante
— Solo la metà della particella viene arata e livellata a fasce lungo le linee di piantagione.

2) metodo : La macchia di tutta la particella è tagliata.
Soltanto la metà della particella Vienne arata è livellata a fasce Lungo le linee di piantagione.

3) metodo : La metà della macchia è tagliata lungo le linee di piantagione. E seguito da un'aratura profonda ed un livellamento.

4) metodo : scrostamento della macchia con la letteria di foglie fino al livello delle radici su tutta la particella seguito da un'aratura profonda con livellamento.

5) metodo : La macchia viene tagliata, triturata e sparsa su tutta la particella con in seguito due passaggi incrociati allo sterpatore a dischi pesanti.

Per i quattro primi metodi l'aratura è effettuata con un aratro a vomere a un metro di profondità una Volta che la macchia tagliata è stata completamente tolta dalla particella mentre per l'ultimo metodo una grande parte della macchia tagliata e triturata rimane in Copertura della superficie del suolo. La stima di perdita di terra per ciascuno di questi metodi di rimboschimento è effettuata tramite l'equazione universale di perdita in terreno e nella quale soltanto il fattore "C" dello sfruttamento razionale delle culture dovrà subire una variazione. La stima di questo fattore "C" è più facile da determinare se si utilizza il metodo dei sottofattori.

Infatti un sottofattore "C" può essere trovato per ogni componente specifico all'ambiente forestale in questione per determinare il fattore "C" globale il quale non è altro che il prodotto di tutti questi sottofattori.

I componenti studiati sono :

- la letteria o residuo della macchia
- la Copertura vegetale naturale o introdotta
- Il riconsolidamento del suolo irrorato dell'aratura
- Il materasso di radici nei due a cinque centimetri di suolo
- La materia organica
- L'effetto residuale della materia vegetale verde conficcata nel suolo seguito all'aratura.
- L'effetto "Soglia" dovuto all'irregolarità della pendenza del terreno naturale.

Il sottofattore della letteria e del residuo della macchia è stato determinato utilizzando la Curva stabilità da Wishmeier et Smith per il residuo di una cultura agricola.

Sarebbe Così uguale a 0,1,1 e 0,4 rispettivamente per un suolo non arato, arato profondamente con un aratro a vomere e con uno sterpatore a dischi pesanti.

Il sottofattore della Copertura Vegetale. dovrebbe Variare tra 0,4 e 1 secondo il grado di Copertura del suolo.

Il sottofattore del riconsolidamento del suolo forestale dopo l'aratura non dovrebbe essere differente di un suolo agricolo arato. Sarebbe caso ugrale a 1,0,7 e 0,5 rispettivamente per il primo il secondo e l'ottavo anno dopo l'aratura.

Il materasso di radici in un suolo ricoperto di foresta sarebbe simile a quello di una prateria. Tutavia per una macchia il sottofattore dovuto a questo materasso di radici sarebbe più elevato data che la Copertura Vegetale è meno densa.

Wishmeier e Smith raccomandano il Valore di 0,7 per il sottofattore della materia organica una Volta che quest'ultima oltrepassa il 4 per cento.

Questo è il Caso sovente per i suoli forestali. Abbiamo utilizzato un valore più conservatore di 0,8. Il sottofattore dell'effetto residuale della materia Verde sotterrata nel suolo dovrebbe aumentare rapidamente grazie alle nostre condizioni climatiche. Egli dovrebbe Variare tra 0,7 per l'anno di sotterrato ed 1 tre anni dopo. In quanto al sottofattore dovuto all'effetto "Soglia" dovrebbe essere uguale a 0,8 in una foresta naturale e ad 1 in una particella forestale arata e livellata.

Quest'avvicinamento dei sottofattori è stato applicato ad una particella situata in una fattoria dell'oued El abid dell'office des Terres Domaniales de Tunisie.

Le specie dominante della macchia esistente in questa particella sono :

Pistacia lentiscus	Olea europaea
Quercus coccifera	Arbutus unedo
Rosmarinus officinalis	Callycotome villosa
Cystus monspeliensis	Erica multiflora

Il fattore di sfruttamento razionale delle Culture "C" dell'equazione universale di perdita d'acqua messo a parte, il contributo di tutti gli altri fattori è costante e uguale a 121 per le Condizioni di questa particella.

Così la stima del trasporto solido è stata fatta utilizzando la seguente equazione.

$$A = 121 \times C$$

Dove abbiamo :

A = la perdita in terra in tonnellate per ogni ettaro ed ogni anno.

I Calcoli effectuati per questa particella dimostrano che durante tutta la Vità di una piantagione di pini d'Aleppo (50 anni) la perdito in terreno medio annuale sarebbe per ogni ettaro di 10,2, 10,4, 10,2, 13,3 e 5,8 Tonellate e rispettivamente per : cinque metodi di piantagione sopraindicati.

Infatti con un'aratura nel senso della pendenza il fattore "C" medio per i primi otto anni di rimboschimento è stato trovato uguale a 0,29, 0,3, 0,29, 0,43 e 0,08 rispettivamente per queste cinque tecniche di piantagione. E a partire dallo ottavo anno che questo fattore diventa uguale a 0,08 per le cinque tecniche studiate d'altra parte è noto che quando la pendenza della particella oltrepassa il 15 per cento la differenza in perdita di terra non è importante tra un'aratura parallela o perpendicolare alle curve del livello

— Infatti l'aratura grossolana ed il livellamento che gli succede lasciano la superficie del suolo nelle stesse condizioni con i due tipi di aratura. quantunque anche senza livellamento i solchi formati da quest'aratura grossolana sarebbero o Comunicanti fra di loro e non sarebbero così efficaci per il stocaggio dell'acqua come dei solchi formati in un suolo agricolo arato parallelamente alle curve di livello.

La perdita in terra elevata nel quarto metodo è soprattutto dovuto allo scrostamento della letteria a del materasso di radici mentre la debole perdita in terra della quinta tecnica è soprattutto dovuta alla macchia stritolata conservata per ricoprire il suolo della particella da piantare.