



34326

MICROFICHE N°

République Tunisienne

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

CENTRE NATIONAL DE

DOCUMENTATION AGRICOLE

TUNIS

الجمهورية التونسية
وزارة الزراعة

المركز القومي
للتوثيق الفلاحي
تونس

F

1



CND A 34 326

PO : SUTUN 540

Rapport technique 1

RENFORCEMENT ET DEVELOPPEMENT DE L'INSTITUT
NATIONAL DE RECHERCHE FORESTIERE

TUNISIE

AMENAGEMENT DES BASSINS VERANTS

PROGRAMME DES NATIONS UNIES POUR LE DEVELOPPEMENT
ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION
ET L'AGRICULTURE - Tunisie 1976.

70137/TU/ 540

Rapport technique 1

RECHERCHE ET DEVELOPPEMENT DE L'INSTITUT
NATIONAL DE RECHERCHES PORTUAIRES

TUNISIE

AMENAGEMENT DES BASSINS VERSANTS

Rapport préparé pour
le Gouvernement de Tunisie

par

l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
agissant en qualité d'agence d'exécution pour le
Programme des Nations Unies pour le Développement

sur la base des travaux de

H. N. Tschinkel - Expert 540

en collaboration avec

H. Hadri - Section Aménagement des Bassins Versants

PROGRAMME DES NATIONS UNIES POUR LE DEVELOPPEMENT
ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE

Tunisie 1976

Ce rapport technique fait partie d'une série de rapports préparés durant le projet FAO/WHO indiqué sur la page de garde. Les conclusions et recommandations données dans ce rapport sont celles considérées appropriées au moment de sa préparation. Elles peuvent être modifiées par suite de l'expérience acquise durant les stades ultérieurs du projet.

Les désignations utilisées et la présentation des données qui figurent dans le présent document et sur les cartes géographiques n'impliquent, de la part des Nations Unies ou de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, aucune prise de position quant au statut juridique ou constitutionnel de l'un quelconque des pays, territoires ou zones maritimes y figurant ni quant au tracé des frontières.

10. Renforcement et Développement de l'Institut National de Recher-
ches Forestières, Tunisie. Aménagement des bassins versants : Rapport
établi sur la base des travaux de M. L. Tachineel, en collaboration avec
M. Nadri. Tunisie, 1976, 20p.

RESUME

REMERCIEMENTS

L'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture tient à remercier vivement la Direction de la Recherche et de la Formation des Cadres du Ministère de l'Agriculture pour sa coopération dans le projet, ainsi que la Direction des Forêts et toutes les organisations et personnes qui l'ont aidée dans la réalisation du projet en lui fournissant des renseignements, des conseils et l'assistance nécessaire à la bonne fin des travaux.

TABLA DES MATIERES

	<u>Pages</u>
Chapitre 1 INTRODUCTION	1
1.1. Développement du plan de travail	1
1.2. Thèmes de recherche	2
1.3. Les thèmes de recherches en relation avec les autres activités de l'INP	3
1.4. Personnel national	4
Chapitre 2 RÉSULTATS ET CONCLUSIONS	5
2.1. Résultats techniques de la recherche	5
2.2. Résultats d'ordre institutionnel	11
Chapitre 3 RECOMMANDATIONS	16
3.1. Recommandations techniques	16
3.2. Recommandations d'ordre institutionnel	
BIBLIOGRAPHIE	19 - 20

CHAPITRE I

INTRODUCTION

Tandis que l'ancien projet FUN 11 s'est surtout préoccupé des problèmes de reboisement dans le Nord du pays, le présent projet FUN/71/540 devait mettre l'accent sur "la protection du sol et des ressources hydrauliques". Parmi les événements qui avaient causé ce changement d'orientation de la recherche, on peut citer les crues catastrophiques de 1969 et le transfert de la Section de Conservation des Forêts et du Sol à la Direction des Forêts en 1971.

L'Expert en Aménagement des Bassins Versants, le premier expert recruté parmi les six, ayant travaillé au projet, est entré en service le 12 juin 1972. Sa mission a duré 4 mois, jusqu'au 29 février 1976.

1.1. DEVELOPPEMENT DU PLAN DE TRAVAIL

Le plan de travail en aménagement de bassins versants résumé dans le Document du Projet, était intentionnellement très vague avec comme but principal "établir des axes pilotes pour la recherche, la démonstration et la formation." Le premier point de ce plan : le regroupement des données existantes, la reconnaissance et l'orientation générale, a commencé dès avril 1972, alors que l'expert attendait encore son recrutement officiel. La visite du pays en 10 mai 1972, du Professeur Y. Cornu, Consultant de la FAO dans le domaine de l'aménagement des bassins versants, a beaucoup aidé l'expert au cours de cette étape préparatoire (1). Durant les nombreuses entretiens avec les responsables de divers organismes tels que la Direction des Forêts, la Division des Ressources en Eau, le Service National de la Sédimentologie, l'ENRST, l'UNAFU, etc..., l'expert a dégagé du vaste domaine de l'aménagement des bassins versants, les divers problèmes auxquels la recherche pouvait éventuellement apporter des solutions. A la suite des discussions tenues avec le Directeur et le Co-Directeur Adjoint du projet, et compte-tenu de l'ensemble des informations recueillies, on a mis en relief l'utilité de modifier le plan de travail décrit dans le Document du Projet. Au lieu de concentrer la plupart des activités de recherches dans un seul bassin versant expérimental, on a décidé de répartir les essais selon la nature des problèmes étudiés. Au lieu de travailler de façon ponctuelle et de créer un modèle d'aménagement de bassin versant, on a préféré essayer de résoudre un certain nombre

de problèmes pratiques liés à ces aménagements quelque soit leur localisation, dans les régions semi-arides de la Tunisie.

Les raisons de ce changement sont nombreuses :

Parmi les plus importantes, on peut citer :

- 1) Un climat socio-politique, après l'échec et le rejet du système coopératif, très peu favorable aux actions dirigées, et orientées qu'ait été l'aménagement intégré des bassins versants.
- 2) Le manque de moyen et de personnel à l'INRW, y compris le manque d'un homologue en aménagement des bassins versants, pour prendre en charge l'aménagement correct d'un bassin de surface intéressante.
- 3) Le recouvrement partiel avec les objectifs des Projets P10/SEDA TUN 5 et 1) chargé d'étudier, de planifier et d'assister des projets d'aménagement intégré de différents bassins versants (Oued Feon, Oued El Ouars, etc...).
- 4) La très grande difficulté d'arriver à une intégration réelle des activités avec la Direction des Forêts et les différents services gouvernementaux concernés par de pareils travaux intégrés, dû principalement au cloisonnement administratif, structurel et personnel des différents organismes.

1.2. THÈMES DE RECHERCHES

Les thèmes de recherches étudiés par l'expert se situent dans le cadre général du programme de recherche forestière.*

Les thèmes propres à la section d'aménagement des bassins versants sont soulignés.

Sous 22 : Garrigue de l'étage semi-aride de la Dorsale

Thème 2.2.1. Transformation de la garrigue à romarin en vue d'une production ligneuse et d'une meilleure protection des sols.

Thème 2.2.1.1.2. Technique du semis direct du pin d'Alep

Thème 2.2.1.1.3. Les facteurs du milieu limitant la régénération de *Pinus halepensis*

* INRW : Programme de recherche pour l'année 1974.

Sous 32 : Terres cultivées, ou récemment cultivées, prédisposées à l'érosion.

Thème 3.2.1. Effets de l'utilisation du sol sur l'hydrologie des bassins versants (Djouggar)

Thème 3.2.2. Stabilisation des ravins et exutoires

Thème annexe : La protection de la couverture végétale par la substitution d'autres combustibles aux combustibles ligneux.

Les résultats des recherches entreprises sur ces sujets sont décrits au chapitre 2.
L'expert a réparti son temps de travail approximativement de manière égale entre les trois premiers thèmes. Concernant l'étude du thème annexe, l'expert s'est limité à recueillir les informations existantes sur différents types de réchaud et à préparer un rapport sur des besoins techniques entendus bénévolement à l'étranger.

1.3. LES THÈMES DE RECHERCHES EN RELATION AVEC LES AUTRES ACTIVITÉS DE L'INR

Tout au long du projet, le cloisonnement excessif des chercheurs de l'INR enfermés dans leur "section" individuelle a constitué un obstacle important au travail en équipe. L'organisation détaillée du thème de recherche sur la régénération du pin d'Alep (voir paragraphe 1.2.) a permis de réduire quelque peu cet isolement des différents chercheurs, et a servi de point de départ à un réexamen approfondi de tous les sujets de recherche de l'INR. Ces discussions ont abouti au document "Programme de recherche pour l'année 1974" qui regroupe les sujets de la recherche de l'Institut en quatre grandes zones écologiques avec plusieurs thèmes de recherche dans chacune des zones considérées. La principale nouveauté de ce programme (qui en réalité est un programme général pour plusieurs années) a été la mise en évidence de la nécessité d'instaurer des liaisons entre les chercheurs et d'orienter les équipes vers l'étude de problèmes concrets intéressant le pays et la Direction des Forêts. L'intégration des thèmes de recherche intéressant l'aménagement des bassins versants dans ce programme général de l'INR a été indiquée au paragraphe précédent.

Deux consultants ont contribué de manière essentielle à la planification de la recherche :

- 1) Le Professeur Stone, Consultant de la VAO en mai 1973 a exprimé et insisté sur un certain nombre d'idées importantes pour l'orientation de la recherche, y compris dans le domaine de l'aménagement des bassins versants. Le Professeur Stone envisageait le problème d'aménagement des bassins versants surtout comme un problème de reconstitution d'une couverture végétale et a recommandé l'intégration étroite de la recherche des diverses disciplines pour atteindre ce but (12).
- 2) Le Dr. E. Kunkle, Consultant de la VAO en aménagement des bassins versants (1er au 14 juillet 1974) a effectué une évaluation générale de la recherche dans cette spécialité et a fait une série de recommandations techniques (13).

1.4. PERSONNEL NATIONAL

Au cours des deux premières années, l'expert a travaillé sans homologues nationaux. Ce dernier, le Dr. E. Hadri, n'est entré en service qu'en août 1974, venant directement d'Allemagne (Pribourg) où il avait effectué toutes ses études universitaires. Sans l'aide des trois aspects techniques affectés à la section des bassins versants pendant presque toute la durée du projet (deux seulement après fin 1974) la réalisation des travaux sur le terrain et l'exécution des nombreux calculs et dépouillements n'auraient pas été possibles.

Chapitre 2

RESULTATS ET CONCLUSIONS

2.1. RESULTATS THEORIQUES DE LA RECHERCHE

2.1.1. Titres de recherche 2.1.1. : Hydrologie de trois petits bassins versants caractérisés par une utilisation différente des sols (3)

Dans le nord-est de la Tunisie (Djougar), on a mesuré de 1963 à 1975, les précipitations et le ruissellement dans trois petits bassins versants drainés par des cours d'eau généralement secs et ne coulant qu'après de fortes pluies pendant une période de courte durée. L'occupation dominante des sols était :

- Bassin I (60 ha) : forêt naturelle de jeunes pins d'ilex
- Bassin II (100 ha) : céréaliculture mécanisée traditionnelle avec jachère, sans aucune précaution antérosive
- Bassin III (83 ha) : arboriculture mécanisée (olivier) en courbes de niveau dans un réseau de banquettes.

Les précipitations se sont révélées pratiquement identiques dans ces trois bassins contigus, soient 530 mm par an en moyenne. Les régimes hydrologiques des bassins I et III, sous forêt et celui sous arboriculture avec traitement CFS sont relativement semblables, mais ils contrastent fortement avec celui du bassin versant cultivé en blé, où le ruissellement est beaucoup plus marqué. Au cours de chaque année d'observation, on a noté qu'il y avait une chance sur deux d'avoir, dans le bassin versant sous céréaliculture traditionnelle, une crue dépassant 3.50 l/s/km^2 , alors que les crues n'atteignaient, par contre, qu'un débit de 200 l/s/km^2 dans les deux autres bassins versants.

Dans le premier bassin versant, 26 % des précipitations ont ruisselé contre 3 % seulement dans les deux autres. 40 à 80 % du ruissellement total mesuré durant la période d'observation, ont été relevés pendant les cinq plus grandes crues. Les variables les plus étroitement corrélées avec le lame d'eau déversée et le débit maximal de la crue sont : la quantité totale de la pluie, l'intensité de la pluie pendant 30 minutes et l'indice de la pluie antécédente.

L'examen de la méthode de l'U.S. Soil Conservation Service pour prédire le ruissellement a donné des résultats prometteurs et les "curve numbers" ont été donc calculés pour chaque bassin versant.

Le schéma expérimental établi pour l'étude ne permet pas de séparer l'influence des diverses occupations du sol sur le régime hydrologique des différences provenant de la nature des sols et des conditions topographiques. Cependant, de toute évidence, on peut dire que les mauvaises pratiques culturales, sans considération pour les techniques de conservation des sols sont responsables en grande partie du mauvais comportement hydrologique du bassin occupé par la céréaliculture.

2.1.2. Thème de recherche 2.1.2. : Réhabilitation des ravins et goudoirs (3) (4)

Les zones de sols marécageux ayant atteint un stade d'érosion extrême sont fréquentes en Tunisie. L'établissement d'une couverture végétale constitue le seul moyen pratique de stabiliser ces zones critiques et de combattre l'extension des ravines. Environ 40 espèces d'herbes, arbustes et arbres ont été produites en pépinière et testées sur le terrain en quatre endroits de la Tunisie Centrale, climatologiquement différents. Les espèces qui ont le mieux adaptées à ces conditions écologiques autochtones sont : Atriplex halimus, Atriplex nummularia et Halimolobos clausa. En certains endroits, Lecium orobanchum, Salvia rosmarinifolia et Origanum onites fournissent aussi des résultats prometteurs.

2.1.3. Thème de recherche 2.1.3. : Transformation de la terre de l'étage semi-aride en vue d'une production ligneuse et d'une meilleure protection des sols

2.1.3.1. Thème 2.1.3.1.2. : Techniques de semis direct de pin d'Alep

- In forêt : semis peuplement et après coupe rase (5) (7)

Afin d'améliorer les techniques de régénération du Pin halepensis dans la forêt de la Tunisie Centrale, quatre essais après exploitation par coupe rase d'un peuplement adulte et un essai sous un peuplement adulte ont été installés dans le Centre expérimental d'Ouz Djedour. Ces essais ont comparé différentes techniques de préparation du sol, et étudié des

méthodes de semis direct et l'effet de l'abandon sur place des branchages après coupe rase, sur la régénération.

Dans les essais après la coupe rase, aucune technique de préparation du sol et de semis direct n'a sensiblement amélioré la régénération, en comparaison avec celle obtenue dans les parcelles témoins. Ces parcelles, qui n'ont subi d'autre traitement que l'abandon du branchage sur place après coupe rase, ont donné un résultat apparemment satisfaisant pour la régénération du pin d'Alep (en moyenne 11.000 plants/ha, 4 ans après la coupe).

Dans l'essai installé sous un peuplement adulte après une éclaircie légère, ni le labour ni le semis direct n'ont amélioré la régénération. Ici, les parcelles témoins indiquent qu'une clairière légère et une aise en défense permettent l'établissement de 12.000 jeunes pins par hectare, mais ces jeunes pins souffrent de la concurrence des arbres et ont besoin d'être dégagés.

Quatre ans après la coupe rase, un autre essai a été établi afin de déterminer dans quelle mesure le recépage en plein de la végétation concurrente autour des jeunes pins pouvait améliorer la survie et la croissance. Au cours des deux années qui ont suivi le recépage, le taux de survie a dépassé 95 % tant dans les parcelles recépées que dans les parcelles témoins n'ayant subi aucune intervention. Pendant le même laps de temps, la croissance moyenne en hauteur des plants a été de 16 cm dans les parcelles avec recépage et de 11 cm dans les parcelles témoins. Il semble donc que l'avantage apporté par un tel recépage soit minime et qu'une fois établis après la coupe rase, les jeunes pins résistent bien à la concurrence.

- Hors forêt : dans la garrigue (5) (7)

Au vue de développer une technique pratique de semis direct du pin d'Alep, de nombreux essais ont été réalisés dans les zones montagneuses semi-aride de la Tunisie Centrale. L'étude de ce problème a été axée sur les deux obstacles principaux à la réussite du semis direct :

- 1. la destruction des graines par les oiseaux et les rongeurs
- 2. les facteurs réduisant la survie et la croissance.

On a trouvé que la méthode suivante donne des résultats satisfaisants.

- 1. labour total de la surface à semer, ou labour de bandes de 3 m de largeur minimale, suivant les courbes de niveau
- 2. semis à la volée à raison de 10 kg/ha en décembre, janvier ou février
- 3. recouvrement immédiat des graines par un travail léger du sol soit au moyen d'une herse légère, soit en trainant de lourds branchages sur la surface semée.

En appliquant cette méthode, on a obtenu régulièrement, plus de 50.000 plants à l'ha, uniformément distribués après la première saison estivale. Sur les sites favorables, après le second été, les plants sont vigoureux et atteignent 30 cm de hauteur en automne. Le semis direct en poquets n'est pas à préconiser, à cause d'un faible taux de survie et d'une croissance médiocre. L'emploi des répulseurs, endrin et thirum s'est révélé très positif pour réduire la destruction des graines par les prédateurs, mais leur usage n'est cependant pas impératif dans le cas d'un semis à la volée sur grande surface labourée.

Le choix correct du site à semer est de la plus haute importance pour la réussite de l'opération. Les meilleurs résultats ont été obtenus sur des rendaines recouvertes d'une végétation à dominance de Rosmarinus officinalis. Par contre, sur des sols lourds dérivés de marne, les risques d'échec sont particulièrement élevés, de même sur les anciennes zones de culture où l'apparition abondante de plantes annuelles pose un grave problème de concurrence.

2.1.3.2. Thème 2.2.1.1.3. : Facteurs du milieu limitant l'établissement du pin d'Alep (7) (8) (9)

- La préparation du terrain

Pour la réussite du reboisement, soit par plantation soit par semis direct, la préparation adéquate du terrain est essentielle.

Un casai a été établi en Tunisie Centrale (Ouesseltia et Sakiet Sidi Yousef) dans le but de déterminer jusqu'à quelle distance la garrigue doit être éliminée autour des jeunes P. halepensis. Des pins ont

664
plantés dans des bandes recépées de 2 m, 4 m, et 8 m de large, ainsi que dans la garrigue non recépée à titre de témoin.
Deux ans après, il ne restait presque plus de plants vivants dans la garrigue, alors que dans toutes les bandes, le survie dépassait 60 %, à l'exception des bandes de 2 m, à Sakiet Sidi Yousef. Les observations sur la vigueur et les mesures de hauteur révèlent que les plants dans les bandes de 2 m, commencent à souffrir de la concurrence.

Les mesures concernant la tension de l'humidité du sol en Juin du premier et en Juillet du deuxième été, montrent qu'entre 5 et 25 cm de profondeur, plus les bandes sont larges plus la tension est basse (sol plus humide).

Le recépage de bandes de 3 m de large environ semble suffisant pour augmenter sensiblement les réserves d'eau dans le sol en été et, par conséquent, assurer aux jeunes pins, une bonne survie.

La contradiction entre les résultats de cet essai démontrent l'influence active de la végétation concurrente sur l'établissement des jeunes pins dans la garrigue, et l'absence d'influence d'un recépage total de la végétation adventive afin de dégager une régénération de pins installés 4 à 5 ans après coupe rase, n'est qu'apparente.

En effet c'est la phase d'installation qui est critique pour la vie de la plantule et du jeune plant. Pendant la première année, ceux-ci, n'ayant pas développé de système racinaire en profondeur, sont extrêmement vulnérables à la concurrence d'une végétation et d'une vigoureuse et particulièrement bien adaptée aux conditions écologiques des stations. C'est pourquoi le recépage total, ou tout au moins les bandes larges est indispensable pour obtenir des résultats lors de l'installation d'une régénération de pin d'Alep. Par contre, une fois solidement installés, les jeunes plants de trois ou quatre ans peuvent se défendre et continuer à se développer correctement malgré la présence d'un recru, pour autant cependant qu'ils ne soient pas recouverts et étouffés par une végétation trop arborescente.

- L'influence d'un paillis (mulch) sur l'humidité du sol et la survie des jeunes pins

Un essai à Ouesdalis a montré que la tension de l'humidité du sol, au début du mois d'août, dans un sol couvert de paillis formé des arbustes coupés de la garrigue est inférieure à celle d'un sol nu.

On a trouvé que la méthode suivante donne des résultats satisfaisants.

- 1. labour total de la surface à semer, ou labour de bandes de 3 m de largeur minimale, suivant les courbes de niveau
- 2. semis à la volée à raison de 10 kg/ha en décembre, janvier ou février
- 3. recouvrement immédiat des graines par un travail léger du sol soit au moyen d'une herse légère, soit en traçant de lourds branchages sur la surface semée.

En appliquant cette méthode, on a obtenu régulièrement, plus de 30.000 plants à l'ha, uniformément distribués après la première saison estivale. Sur les sites favorables, après le second été, les plants sont vigoureux et atteignent 30 cm de hauteur en moyenne. Le semis direct en poquets n'est pas à préconiser, à cause d'un faible taux de survie et d'une croissance médiocre. L'emploi des répulseurs, amirins et thirins s'est révélé très positif pour réduire la destruction des graines par les prédateurs, mais leur usage n'est cependant pas inspiratif dans le cas d'un semis à la volée sur grande surface labourée.

Le choix correct du site à semer est de la plus haute importance pour la réussite de l'opération. Les meilleurs résultats ont été obtenus sur des rendzines recouvertes d'une végétation à dominance de Somarrigue officinalis. Par contre, sur des sols lourds dérivés de basalte, les risques d'échec sont particulièrement élevés, de même sur les anciennes zones de culture où l'apparition abondante de plantes annuelles pose un grave problème de concurrence.

2.1.3.2. Thème 2.2.1.1.3. : Facteurs du milieu limitant l'établissement du pin d'Alep (7) (8) (9)

- La préparation du terrain

Pour la réussite du reboisement, soit par plantation soit par semis direct, la préparation adéquate du terrain est essentielle.

Un essai a été établi en Tunisie Centrale (Ousseltia et Sahel Sidi Youssef) dans le but de déterminer jusqu'à quelle distance la garrigue doit être éliminée autour des jeunes P. halepensis. Des pins ont

694
plantée dans des bandes recépées de 2 m, 4 m, et 8 m de large, ainsi que dans la garrigue non recépée à titre de témoin.
Deux ans après, il ne restait presque plus de plants vivants dans la garrigue, alors que dans toutes les bandes, la survie dépassait 60 %, à l'exception des bandes de 2 m, à Sakiet Sidi Youssef. Les observations sur la vigueur et les mesures de hauteur révèlent que les plants dans les bandes de 2 m, commencent à souffrir de la concurrence.

Les mesures concernant la tension de l'humidité du sol en Juin du premier et en Juillet du deuxième été, montrent qu'entre 5 et 25 cm de profondeur, plus les bandes sont larges plus la tension est basse (sol plus humide).

Le recépage de bandes de 3 m de large environ semble suffisant pour augmenter sensiblement les réserves d'eau dans le sol en été et, par conséquent, assurer aux jeunes pins, une bonne survie.

La contradiction entre les résultats de cet essai démontrant l'influence négligeable de la végétation concurrente sur l'établissement des jeunes pins dans la garrigue, et l'absence d'influence d'un recépage total de la végétation adventice afin de dégager une régénération de pins installés depuis quatre ans après coupe rase, n'est qu'apparente.

En effet c'est la phase d'installation qui est critique pour la vie de la plantule et du jeune plant. Pendant la première année, ceux-ci, n'ayant pas développé de système racinaire en profondeur, sont extrêmement vulnérables à la concurrence d'une végétation en pleine vigueur et particulièrement bien adaptée aux conditions climatiques locales de ces stations. C'est pourquoi le recépage total, ou tout au moins un bandage large est indispensable pour obtenir des résultats lors de l'installation d'une régénération de pins d'alep. Par contre, une fois solidement installés, les jeunes plants de trois ou quatre ans peuvent se défendre et continuer à se développer correctement malgré la présence d'un recépage, pour autant cependant qu'ils ne soient pas recouverts et étouffés par une végétation trop envahissante.

- L'influence d'un paillis (mulch) sur l'humidité du sol et la survie des jeunes pins

Un essai à Oueslatia a démontré que la tension de l'humidité du sol, au début du mois d'août, dans un sol couvert de paillis formé des arbustes coupés de la garrigue est inférieure à celle d'un sol nu.

En se basant sur ces résultats, des pins d'Alep ont été plantés dans des cercoles ouverts et recouverts dans la garrigue : le moitié des plants ont été recouverts par une couche épaisse de paillis d'arbustes de 1,5 m de diamètre, le reste a servi de témoin. A la fin du mois de juin, après la plantation, le teneur de l'humidité dans le sol sous le paillis s'est révélée inférieure à celle observée dans le sol nu, indiquant une plus grande réserve d'eau sous le paillis. Néanmoins, la survie à la fin du premier été a été supérieure à 85 % pour les deux traitements, sans différence significative entre eux. Il semblerait que la mention d'une humidité plus grande sous le paillis n'ait pas amélioré la survie des pins dans cet essai. Il est possible que son influence se révélerait plus favorable sous des conditions écologiques plus difficiles.

2.1.4. Essai de recherche : la protection de la couverture végétale sur la substitution d'entrées combustibles aux combustibles ligneux : porphyre et écorce de quatre types de richards (10)

Dans plusieurs régions arides, la destruction de la couverture végétale résultant des besoins en bois de chauffage et en charbon de bois, a atteint des proportions alarmantes et a amené les gouvernements à encourager l'utilisation du gaz et du pétrole comme substituts aux combustibles ligneux. Pour permettre le choix rationnel d'un type de richard convenant le mieux aux zones rurales, quatre types de richards à un brûleur ont été testés en laboratoire. Ce sont 1°) le richard à pression-pétrole, 2°) le richard à même variable-pétrole, 3°) le richard à même fixe-pétrole et 4°) le richard à gaz propane ou butane. On a comparé l'économie du combustible, la production maximale de chaleur, l'étendue de réglage et les propriétés de fonctionnement. Le richard à pression-pétrole s'est avéré supérieur sur presque tous les plans ; bien que les propriétés de chauffage du richard à gaz soient similaires, le prix élevé du propane en Tunisie fait que le richard à pression-pétrole est le plus économique.

Ces résultats techniques ont été diffusés par l'intermédiaire de différentes publications reprises en annexes et exposés au cours de plusieurs conférences. Toutes les publications ainsi que les supports visuels illustrant les conférences ont été réalisés par la "Cellule de Communication" dirigée par l'expert en communication, du projet, Mr. P. Huby.

Sans cette collaboration efficace, il n'aurait certainement pas été possible de diffuser les résultats et d'atteindre les utilisateurs.

En se basant sur ces résultats, des pins d'Alep ont été plantés dans des cercles ouverts et recouverts dans la garrigue : la moitié des plantations ont été recouvertes par une couche épaisse de paille d'arbustes de 1,5 m de diamètre, le reste a servi de témoin. À la fin du mois de juin, après la plantation, la teneur de l'humidité dans le sol sous la paille s'est révélée inférieure à celle observée dans le sol nu, indiquant une plus grande réserve d'eau sous la paille. Néanmoins, la survie à la fin du premier été a été supérieure à 85 % pour les deux traitements, sans différence significative entre eux. Il semblerait que la mention d'une humidité plus grande sous la paille n'ait pas amélioré la survie des pins dans cet essai. Il est possible que son influence se révélerait plus favorable sous des conditions écologiques plus difficiles.

2.1.4. Phase de recherche : la protection de la couverture végétale par la substitution d'entrées combustibles aux combustibles ligneux : Rapport sur et économie de quatre types de réchauds (10)

Dans plusieurs régions arides, la destruction de la couverture végétale résultant des besoins en bois de chauffage et en charbon de bois, a atteint des proportions alarmantes et a amené les gouvernements à encourager l'utilisation du gaz et du pétrole comme substituts aux combustibles ligneux. Pour permettre le choix rationnel d'un type de réchaud convenant le mieux aux zones rurales, quatre types de réchauds à un bruleur ont été testés en laboratoire. Ce sont : 1°) le réchaud à pression-pétrole, 2°) le réchaud à mèche variable-pétrole, 3°) le réchaud à mèche fixe-pétrole et 4°) le réchaud à gaz propane ou butane. On a comparé l'économie du combustible, la production maximale de chaleur, l'attention de réglage et les propriétés de fonctionnement. Le réchaud à pression-pétrole s'est avéré supérieur sur presque tous les plans : bien que les propriétés de chauffage du réchaud à gaz soient similaires, le prix élevé du propane en Tunisie fait que le réchaud à pression-pétrole est le plus économique.

Ces résultats techniques ont été diffusés par l'intermédiaire de différentes publications reprises en annexe et exposés au cours de plusieurs conférences. Toutes les publications ainsi que les images visuelles illustrant les conférences ont été réalisées par la "Cellule de Communication" dirigée par l'expert en communication, du projet, Mr. P. Mitty.

Sans cette collaboration efficace, il n'aurait certainement pas été possible de diffuser les résultats et d'atteindre les utilisateurs.

potentielle. L'utilité de spécialistes en moyens de communication, attachés à un Institut de recherches a été clairement démontrée au cours du projet.

2.2. RÉSULTATS D'ORDRE INSTITUTIONNEL

2.2.1. Formation de l'homologue

L'harmonie avec laquelle s'est déroulé le travail en équipe avec le Dr. Hadri, homologue national, a constitué un facteur positif important pour le déroulement des activités du groupe. Cette bonne ambiance de travail, a facilité pour l'homologue, l'approche des problèmes pratiques de la recherche en Tunisie et son passage de la formation théorique aux réalités concrètes du terrain.

Dès son arrivée, il a participé activement de manière pratique à tous les aspects des recherches mentionnées ci-dessus. Cela lui a permis d'avoir une vue d'ensemble des divers problèmes de recherches et d'aménagement des bassins versants en Tunisie.

C'est également grâce à cette bonne entente dans le travail, qu'il a pu surmonter les périodes de découragement résultant des difficultés administratives posées par son recrutement à l'INRP. Il lui a fallu 18 mois avant de voir sa situation régularisée par la fonction publique.

Ce qui est important maintenant pour lui, et pour les autres chercheurs de l'Institut, c'est de souhaiter que l'Administration se rende compte de l'importance du soutien moral qu'il faut accorder aux chercheurs. Si les moyens nécessaires en personnel et en équipements sont indispensables, ce n'est cependant pas suffisant pour développer des activités de recherches dynamiques et efficaces.

2.2.2. Mise en relief du problème de la régénération de la forêt de pin d'Alep

Parmi les tâches de recherches étudiées par l'expert, la régénération du pin d'Alep et surtout la technique du semis direct, sont certainement ceux qui ont suscité le plus grand intérêt et retenu la plus grande attention des techniciens. Une des principales raisons est que les échecs enregistrés dans les travaux de régénération des forêts de pin d'Alep constituent une préoccupation essentielle des forestiers de la Tunisie Centrale. Il est urgent de trouver des solutions techniques d'application immédiate pour résoudre ce problème.

air de plus en plus les responsables se rendant compte que la disparition progressive et continue de cette forêt de protection, sous la pression de l'homme et de son bétail risque d'avoir des conséquences très graves, surtout en ce qui concerne la conservation des eaux et des sols, dans ce milieu très fragile.

Outre les résultats techniques qui ont été présentés ci-dessus, les divers essais sur la régénération du pin d'Alep ont amené un certain nombre de conséquences et résultats complémentaires que l'on peut résumer comme suit :

2.2.2.1. Concentration de l'attention des techniciens sur les importants problèmes de la régénération et leur solution possible

Les contacts très fréquents maintenant avec le personnel du terrain au cours de l'établissement et de l'évaluation des essais de régénération a fourni l'occasion de nombreux échanges de vue et a permis d'attirer l'attention sur les principaux obstacles techniques. Ces essais ont été le point de départ de l'organisation des "Journées d'Information sur la régénération du pin d'Alep" à Insecrino, et sur le terrain, les 19 et 20 Mai 1975.

Le résultat de ces journées est le résultat de la coopération et des efforts conjoints d'une équipe de spécialistes de l'INHP. Elles ont réuni 80 participants, la plupart appartenant à la Direction des Forêts et ont abouti à la publication d'un dossier réunissant les exposés et discussions. L'attention du public a été attirée au sujet de ces journées par un discours du Gouverneur et par des articles publiés dans la presse. L'ensemble de ces activités a contribué à mettre en relief l'importance et l'urgence du problème de la régénération du pin d'Alep, tant au niveau des techniciens que des autorités politiques.

2.2.2.2. Démonstration de l'avantage du travail en équipe pour résoudre un problème complexe

Le fruit de ce travail en coopération s'est manifesté à deux niveaux : au sein même de l'INHP et entre l'INHP et la Direction des Forêts.

- A l'INHP, les spécialistes de la sylviculture, des techniques de reboisement, du pastoralisme, de l'écologie, de la communication et de l'aménagement des bassins versants ont travaillé en équipe sur le

car de plus en plus les responsables se rendent compte que la disparition progressive et continue de cette forêt de protection, sous la pression de l'homme et de son bétail risque d'avoir des conséquences très graves, surtout en ce qui concerne la conservation des eaux et des sols, dans ce milieu très fragile.

Outre les résultats techniques qui ont été présentés ci-dessus, les divers essais sur la régénération du pin d'Alep ont amené un certain nombre de conséquences et résultats complémentaires que l'on peut résumer comme suit :

2.2.2.1. Concentration de l'attention des techniciens sur les importants problèmes de la régénération et leur solution possible.

Les contacts très fréquents maintenus avec le personnel du terrain au cours de l'établissement et de l'évaluation des essais de régénération a fourni l'occasion de nombreux échanges de vues et a permis d'attirer l'attention sur les principaux obstacles techniques. Ces essais ont été le point de départ de l'organisation des "Journées d'Information sur la régénération du pin d'Alep" à Inaurina, et sur le terrain, les 19 et 20 Mai 1975.

Le résultat de ces journées est le résultat de la coopération et des efforts conjoints d'une équipe de spécialistes de l'INRP. Elles ont réuni 80 participants, la plupart appartenant à la Direction des Forêts et ont abouti à la publication d'un dossier résumant les exposés et discussions. L'attention du public a été attirée au sujet de ces journées par un discours du Gouverneur et par des articles publiés dans la presse. L'ensemble de ces activités a contribué à mettre en relief l'importance et l'urgence du problème de la régénération du pin d'Alep, tant au niveau des techniciens que des autorités politiques.

2.2.2.2. Démonstration de l'avantage du travail en équipe pour résoudre un problème complexe.

Le fruit de ce travail en coopération s'est manifesté à deux niveaux : au sein même de l'INRP et entre l'INRP et la Direction des Forêts.

- A l'INRP, les spécialistes de la sylviculture, des techniques de reboisement, du pastoralisme, de l'écologie, de la communication et de l'aménagement des bassins versants ont travaillé en équipe sur le

problème de la régénération.

L'avantage de cette manière intégrée de travailler est de chercher les solutions à des problèmes complexes que pour déterminer l'impact que les résultats peuvent avoir, a été clairement démontré au cours des "Journées d'Information".

On a vu que les thèmes de recherches discutés et planifiés en coopération, vers la fin de 1973, ont effectivement apporté des résultats nouveaux intéressants. De plus, cela a permis d'atténuer dans une certaine mesure le cloisonnement chronique existant entre les "sections" de l'INR.

- Pendant la planification et l'exécution des études, le "feedback" entre le personnel de l'INR et celui de la Direction des Forêts a souvent été avantageux pour les deux parties. Entre autres, en ce qui concerne le suivi direct, l'expert et son homologue ont pu souvent utiliser des chantiers de la Direction des Forêts pour y installer des casiers. D'autre part, le personnel de terrain de la Direction des Forêts au courant de ces casiers et de leurs résultats a pu appliquer rapidement le plus prometteur d'entre eux, dans les chantiers pilotes à échelle opérationnelle.

2.2.3. Encouragement de l'application des résultats de la recherche

Il est évident que les recherches sont entreprises pour obtenir des résultats et que les résultats obtenus doivent servir à résoudre des problèmes qui se posent. Il est donc très important que tout soit mis en oeuvre pour réduire le décalage entre l'obtention de ces résultats et leur mise en application pratique.

Malheureusement en Tunisie, la différence entre ce qui a été trouvé et ce qui est appliqué est particulièrement grande. Dans le contexte de l'INR en particulier, deux façons de favoriser l'application des résultats de la recherche ont été considérées :

- l'établissement de zones pilotes de démonstration sous la direction et le contrôle propre de l'INR.

- la mise en application directement dans les chantiers de la Direction des Forêts à l'initiative de l'INR et avec sa participation et en collaboration à tous les stades des opérations.

2.2.3.1. Les zones pilotes de démonstration sont des exemples, des modèles visant essentiellement à montrer aux gens "ce qu'il faut faire, et donc ce qu'ils devraient faire". Sans doute, les résultats sont-ils souvent spectaculaires et éducatifs, surtout pour les autorités administratives qui y voient des signes concrets de progrès. Il y a eu de nombreux efforts dans ce sens et réalisations de petits travaux en Tunisie : chantiers pilotes, fermes pilotes, bassins verrouillés pilotes, zones pilotes etc. Néanmoins, même lorsque ces actions ont vraiment donné de très bons résultats techniques, leur impact sur le développement du pays semble souvent avoir été faible et éphémère. Trop souvent, il s'agissait de réalisations isolées, ponctuelles, créées dans des conditions spéciales, souvent avec l'aide d'une assistance étrangère ou l'enthousiasme éphémère d'un organisme, sans liaisons avec les techniciens locaux et leurs problèmes, sans véritables contacts avec les populations qui auraient dû être concernées directement.

D'autre part, en matière forestière, il nous paraît difficile, de toute façon, de créer des chantiers de démonstration pilotes, à partir des premiers résultats de nouvelles recherches, sous peine d'échecs graves. En effet, par suite de la complexité des problèmes à résoudre, les premiers résultats d'une recherche forestière demandent une période de rodage et d'adaptation à diverses caractéristiques et variations des conditions locales avant d'être confirmés.

Les réalisations pilotes en ce domaine devraient donc être limitées à des actions de démonstration de techniques déjà bien expérimentées et rodées, ce qui prend du temps. Elles ne pouvant pas servir à la diffusion et à la mise en application de nouveaux résultats de recherches.

2.2.3.2. La deuxième méthode est d'aller chez ceux auxquels les résultats de la recherche sont destinés en disant : "essayons de résoudre ensemble vos problèmes". Les chercheurs y supervisent l'application des nouvelles techniques mises au point dans leurs essais en vue de les confronter aux diverses conditions et problèmes du terrain. Mais dans ce cas, il s'agit d'une oeuvre en commun où on essaye de résoudre ensemble les problèmes posés en appliquant les meilleures techniques dérivées des recherches et expériences. Cette manière de travailler n'est certes pas nouvelle en Tunisie. Il existe plusieurs exemples dans le domaine des forêts et de l'agriculture où une collaboration active et continue entre la recherche et l'application a abouti à l'implantation de changements importants :

choix des espèces pour les reboisements ; choix des milieux pour les reboisements, extension de la culture des plantes fourragères comme le cantus et l'Atriplex.

Il paraît évident que, si on veut trouver une solution au manque de passage généralisé des résultats de la recherche dans la pratique courante des opérations forestières, c'est à cette dernière méthode qu'il faut recourir.

Ce n'est pas en installant ses propres aménagements de bœufs versants, ni ses propres zones pilotes de démonstration que l'INP sortira de son isolement, et que l'on pourra rencontrer toutes les objections mises en avant par les forestiers du terrain, concernant la mise en application des résultats de la recherche.

Les expériences réalisées avec les forestiers de la Direction des Forêts, concernant les techniques de semis direct pour la régénération du pin d'Alep, sont une parfaite illustration du bien fondé de cette proposition.

Chapitre 3

RECOMMANDATION

3.1. RECOMMANDATIONS TECHNIQUES

3.1.1. Le principal problème d'aménagement des bassins versants en Tunisie est la conservation et le rétablissement d'une couverture végétale. Il est nécessaire d'intégrer les divers spécialistes de l'INRP dans une équipe de recherche, pluridisciplinaire pour l'étudier et le résoudre.

3.1.2. Bien que toutes les responsabilités pour la conservation des eaux et des sols, tant en milieu forestier qu'en milieu agricole, aient été transférées à la Direction des Forêts, il n'en reste pas moins vrai que l'étude des techniques de conservation sur les terres agricoles, par ailleurs déjà fort avancée, peut difficilement s'effectuer dans un institut de recherches forestières. Il est donc recommandé de concentrer les recherches de l'INRP dans le domaine de la conservation des eaux et des sols, en priorité sur les terrains à vocation forestière et sur les parcs naturels, où l'INRP a plus d'expérience et où les possibilités d'actions sont peut être plus faciles que dans les terres agricoles privées. Il n'en reste pas moins vrai que tous les problèmes doivent être étudiés et résolus de façon intégrée, avec toutes les personnes concernées.

3.1.3. Il est indispensable que, malgré les difficultés actuelles du PNUE, l'homologue de l'expert bénéficie de la bourse VAO prévue au plan d'opération pour participer à des travaux et recherches d'aménagement intégrés de bassins versants, à l'étranger. Avant donné sa formation de base et sa première approche des problèmes tunisiens, son stage devrait être orienté vers des problèmes concrets et des travaux pratiques sur le terrain. Des cours universitaires ou de simples visites seraient moins utiles. Pour profiter d'avantage de son stage à l'étranger, il serait souhaitable que l'homologue soit détaché quelques semaines à la Direction des Forêts en Tunisie pour participer activement à la préparation de projets d'aménagement de bassins versants qui sont en cours dans le cadre des activités du projet TP - TB/5 - 13 (3^{er}).

- 3.1.4. Les thèmes de recherche qui paraissent les plus intéressants et dont l'étude doit être poursuivie en priorité par l'homologue sont :

1°) L'utilisation des plantes pour la stabilisation des ravins et autres zones critiques

Les études doivent passer du choix des espèces aux techniques de mise en place et à leur utilisation conjointe avec les autres techniques de conservation du sol.

2°) L'influence des travaux de conservation des eaux et du sol (C.T.S.) sur le bassin versant agricole du Soudan

Il faut étudier l'influence de l'application de meilleures techniques de C.T.S. dans le bassin versant agricole n° II (100 ha). Cette étude nécessitera probablement une amélioration de la précision dans la prédiction de la hauteur d'eau ruisselée. Cependant, cette application de techniques correctives de C.T.S. dans le bassin versant II peut commencer tout de suite. Les différences qui seront observées entre les valeurs calculées au moyen des abaques et courbes d'étalement actuelles et celles qui seront mesurées après l'application de ces mesures, fourniront une indication de l'influence du traitement.

Étant donné que les mesures hydrologiques sont effectuées régulièrement depuis 1963, la continuation des observations ne doit pas présenter de problèmes sérieux. L'effet des travaux C.T.S. sur la réduction des crues sera déjà perceptible après 2 à 3 ans. Cette expérience peut avoir un important rôle démonstratif. Par contre, l'établissement de nouveaux bassins versants expérimentaux de ce genre constituerait un gaspillage des ressources limitées de l'IBR.

- 3.1.5. La recherche de solutions pour remplacer les combustibles ligneux par le pétrole et le gaz ou d'autres sources d'énergie, doit être intensifiée. Il s'agit surtout d'un problème social, qui est étudié actuellement par la Direction des Forêts mais où l'aide extérieure pourrait jouer un rôle plus actif.

3.2. RECOMMANDATIONS D'ORDRE INSTITUTIONNEL

- 3.2.1. Le rôle de l'IBR dans l'aménagement des bassins versants, comme dans les autres domaines sus-cités, doit être celui d'un service qui cherche

des solutions aux différents problèmes techniques concrets qui se posent actuellement à travers le pays. Le prise en charge d'un ou plusieurs hommes venant et la réalisation d'un programme intégré de démonstration par l'INRA ne permettaient pas d'atteindre ces objectifs prioritaires. La recherche de solutions aux problèmes techniques exige une collaboration étroite avec la Direction des Forêts. Il ne suffit pas que les membres de l'Institut ou de la Direction des Forêts soient "isolés", il faut aussi qu'ils, entreprendre une action pour instituer, dans le cadre de leurs structures de fonctionnement, un système de liaison permanent entre les deux organismes.

- 1.2.2. L'importante contribution de la cellule de communication au niveau de toutes les publications et autres moyens de communication souligne que c'est un élément très utile pour faciliter le transfert de la science en application de nouvelles techniques. Elle doit être associée en permanence et être renforcée pour satisfaire non seulement les besoins propres de l'INRA, mais également et possible avec des autres organismes concernés par les forêts et les problèmes forestiers.

BIBLIOGRAPHIE

Hydrologie

1. Hedri, H. : Tachinkol, H. - Pour une meilleure connaissance de l'hydrologie des petites bassins versants - INRP, Bulletin d'Information n° 19, pp. 40-43, 1975.
2. Hedri, H. : Tachinkol, H. - Hydrologie de trois petites bassins versants caractérisés par une utilisation différente du sol - Tunis, INRP, Annales de l'INRP, 1976 (sous presse).

Stabilisation du sol

3. Hedri, H. : Tachinkol, H. - La stabilisation des ravins arénoux par la végétation - INRP, Bulletin d'Information n° 18, pp 13-19, 1975.
4. Hedri, H. : Tachinkol, H. - Le choix des espèces pour la stabilisation des terrains arénoux - Tunis, INRP, Note de Recherche 1976 (sous presse).

Régénération du pin d'Alep

5. Hedri, H. : Tachinkol, H. - Semis direct de pin d'Alep : Comparaison de plusieurs techniques - Tunis, INRP, Note de Recherche n° 5, 1975, 25p.*
6. Hedri, H. : Tachinkol, H. - La régénération de *Pinus halepensis* après coupe rase et sous peuplement - Tunis, INRP, Note de Recherche n° 9, 1975, 18p.*
7. Hedri, H. : Tachinkol, H. - Le semis direct de *Pinus halepensis* en Tunisie - Tunis, INRP, Annales de l'INRP, 1976 (sous presse).

* Totalement révisé dans : Compte-rendu des Journées d'Information sur la Régénération du Pin d'Alep, Tunis, INRP, 1975.

8. Tachinkel, N. - Effets de l'élimination de la végétation concurrente sur l'humidité du sol et sur la réussite des reboisements avec Pinus halapensis - Tunis, INRP, Note de Recherche n° 11, 1975, 16p.
9. Tachinkel, N. - La mesure de la tension de l'humidité du sol - Unasylva 27 (107) : 33-33, 1974/75

Combustibles

10. Tachinkel, J.G. ; Tachinkel, N. - Pour remplacer les combustibles ligneux : performances et économie de quatre types de réchauds - Tunis, INRP, Note de Recherche n° 4, 1973.

Rapports de Consultants

11. Gormery, Y. - Rapport de mission : Institut de Recherches Forestières de Tunisie, 1 - 13 mai 1972.
12. Stone, E.G. - A review of the Tunisian Forest research institute : Research programme, April 1973 - Tunis, INRP, 21p.
13. Finkbe, L. - Trip report Tunisia 1 - 2 July 1974.

26