

COMPTE-RENDU DE MISSION EN ALGERIE

5 à 16 Juin 1979

par Georges AUBERT

professeur de pédologie à l'ORSTOM

I. Déroulement de la mission.

Parti de Paris le 5 Juin à 16 H 30, j'ai pu dès le soir même être reçu à Alger par M. HAMADI, Directeur Général de l'INRAA pour mettre au point le programme de ma mission.

6 Juin - matin - visite à Monsieur Gérard MARTIN - attaché scientifique à l'Ambassade de France à Alger - déjeuner offert par M. HAMADI

- après-midi - départ pour la station d'étude des sols salés des Hamadénas dans la vallée du Chélif, avec M. KADIK, M. MAKHLOUF et M. BOUYAICHE, de la Station Centrale de recherche sur le reboisement et la lutte contre l'érosion. Accueil à la station des Hamadénas par M. AOUF, directeur de la station.

7 Juin - Visite rapide de certaines parcelles très salées de la station. Parcours Hamadénas - Mostaganem.

Visite à M. le directeur des forêts de la Willaya. Exposé de M. NEFFOUSSI chef du bureau des études, sur le programme en cours de réalisation, de 30.000 ha de reboisement en eucalyptus. Visite de M. le sous-directeur des études de l'Institut de Technologie Agricole, qui nous a exposé l'organisation du département de sciences du sol de l'ITA avec ses 5 laboratoires : aménagement forestier, sylviculture, écologie, hydrologie - agrométéorologie, pédologie-géologie et topographie.

Après-midi : Tournée pour étudier les banquettes de reboisement de la zone côtière au nord de Mostaganem.

8 Juin - Tournée comme la veille, avec les représentants du service forestier, mais dans la région du Dahra : cap Ivi, cap Kramis, Sidi Slimane, Sidi Ali, et dans celle de Bel Hacal.

9 Juin - Parcours de Mostaganem à Mazouna, où nous avons été accueillis à 9 H par M. le député DEWADJI - qui nous a reçus à midi - et par M. le Chef de la Daïra.

Tournée avec M. A. MEKKI SEGHIR DAWADJI, ingénieur d'Application

d'abord dans la région de Sidi Mohammed ben Ali et à l'Ouest de Mediouna, puis dans celle située au Sud-Ouest de Mazouna où le bassin versant de l'Oued bou Tellis-Oued Maroui, semblait intéressant comme zone pilote pour un aménagement intégré ; elle paraît en fait trop peu diversifiée sur le plan des sols.

Le soir retour à la station des Hamadénas où nous sommes reçus par M. AOUF chef de station. Nous y rencontrons M. le Chef de la Daïrat de Oued Rhiou.

10 Juin - Parcours de la station des Hamadénas à Mediouna. Tournée avec M. A. SEGHIR DAWADJI, autour et à l'est de Mazouna où le bassin versant d'un affluent de l'Oued Boumata, celui de l'Oued Malah, paraît pouvoir être bien adapté à des aménagements intégrés et pourrait servir de secteur pilote pour la région d'Aïne Merjane. Retour à Alger par El Asnam et El Khemis.

A Alger - visite à M. HAMADI, directeur général de l'INRAA, et à Monsieur ABDELLAOUI, directeur des forêts, qui paraît intéressé de développer une collaboration avec l'ORSTOM sur le plan des études de sols en relation avec les reboisements et la conservation des sols et en particulier sur celui de la spécialisation ou du recyclage de techniciens supérieurs et d'ingénieurs.

11 Juin - Le matin, à Alger, travail avec M. HAMADI au sujet des observations faites au cours de la tournée des jours précédents et pour préparer la deuxième partie de ma mission, dans la zone des oasis Touggourt et Biskra.

Je n'ai pu, comme je l'aurais souhaité, et en accord avec M. G. MARTIN, attaché scientifique à l'Ambassade de France à Alger, rencontrer :

ni M. ACHI, directeur de la DEMRH à l'Hydraulique ; ni M. DJEBAILI, directeur de l'INAA, à El Harrach ; l'un et l'autre étant hors d'Alger ce jour-là.

J'ai pu rencontrer à l'INAA, M. DJILALI HEDDAJ, chef du département des sols. Il serait très intéressé par une coopération plus développée entre son département et la section de pédologie de l'ORSTOM.

Dans son laboratoire se trouve, en 5ème année, une étudiante sénégalaise Mlle NIANE, qui a travaillé l'été dernier avec l'équipe ORSTOM de Dakar-Hann. Je n'ai pu la rencontrer ce jour-là, mais seulement le 15 Juin.

12 Juin - Parcours de Bou Saada à Biskra - passage à la Station agronomique de Aïne ben Noui puis à Touggourt. Visite de la Station agronomique de Sidi Mahdi où nous avons été très aimablement et efficacement reçus par M. MAANE, directeur et par MM. DUBOST et BROCHARD, coopérants français.

Nous y avons observé les phénomènes de salinisation (eau d'irrigation à 2,7 gr), et l'influence du drainage. Dans cette station comme dans toute la région, là où l'eau des nappes Albiennes est utilisée pour l'irrigation, la formation de sulfure de fer se produit sous forme de taches noires, partout où l'eau stagne tant soit peu.

13 Juin - Touggourt - Tournée rapide sur la plaine de Morrara, guidée par MM. MAANE, DUBOST et BROCHARD. Ce secteur de palmeraie, arbres fruitiers, et cultures vivrières, irrigué depuis 20 ans ne paraît pas souffrir de salinisation excessive (eau d'irrigation à 2,5 de sels totaux par litre).

- Remontée vers le Nord. Visite de la station agronomique de el Arfiane où les palmiers sont irrigués avec l'eau des nappes supérieures, à 7 gr de sels totaux par litre.

Retour à Biskra et à la station de recherche agronomique de AIn Ben Naoui, à 7 km au nord de la ville, où nous avons été accueillis par M. Ben CHENNOUF, directeur, qui nous a fait visiter la station ; l'une des difficultés y est le trop faible débit de la source qui procure l'eau d'irrigation (résidu sec de l'eau d'irrigation 2,9 gr/l - SAR environ 10).

14 Juin - Le matin, tournée avec M. Ben CHENNOUF, pour voir certains types de sols salés autour de Biskra et jusqu'à Chegga. L'après-midi, retour sur Alger, après un arrêt à Bou Chagroun (25 km N. Biskra) : palmeraie sur sol à croute gypseuse.

15 Juin - Alger - Discussion avec M. HAMADI sur les résultats obtenus au cours de cette mission, et sur les possibilités d'établir une coopération active et efficace entre l'ORSTOM et l'INRAA.

Rencontre avec M. Gérard MARTIN de l'Ambassade de France ; discussion sur les résultats de la mission, et sur les possibilités pour l'ORSTOM de recevoir dès Octobre 1979 des étudiants de spécialisation et de D.E.A. et des stagiaires chimistes de laboratoire aux S.S.C. de Bondy.

Etude rapide avec Mlle NIANE A., stagiaire de l'ORSTOM à Dakar, de son mémoire de fin de 5ème année à l'INAA de El Harrach.

16 Juin - Retour à Paris. Arrivée à Orly à 11 H 30.

II. OBSERVATIONS FAITES AU COURS DE LA MISSION.

A. Problèmes de reboisement dans la région de Mostaganem et dans le Dahra.

1. Le projet de reboisement.

a. Selon ce qui m'a été expliqué, il est prévu de reboiser 30.000 hectares dans la willaya de Mostaganem entre cette ville et les vallées du Chélif, de la Mina et de l'Hillil. Il s'agit là d'une opération de production régulière de bois en vue d'alimenter une usine de pâte à papier, en utilisant des techniques conservatrices du sol. La société espagnole chargée de l'étude du projet a choisi comme espèces pour le reboisement *Eucalyptus botrioides* pour les terrains non calcaires et *Eucalyptus cladocalix* pour les terrains calcaires, les arbres étant toujours plantés à 625 pieds à l'hectare sur des terrasses, dites "espagnoles", de 3 m de large. Les secteurs retenus par elle l'ont été essentiellement dans la zone interne du Dahra, sur la zone côtière de ce massif et dans la région de Ain Tedeles, Bellevue et Bel Hacel. La pluviométrie annuelle y varie autour de 350-400 m/m.

b. L'une des principales difficultés est d'ordre sociologique et tient en ce que ces secteurs comprennent souvent des terrains déjà utilisés pour la culture sous des formes d'appropriation non étatique, ni même communautaire. Je n'ai pas eu, bien entendu, à envisager ce problème qui est pourtant primordial.

c. Dans la région, en 1975 un premier secteur a été reboisé, selon les normes et méthodes préconisées, dans le chaînon de Bel Hacel sur 1.000 hectares. Je l'avais visité à ce moment-là ; je l'ai revu, rapidement, cette fois-ci. Les premiers résultats ainsi obtenus sont très instructifs.

2. Observations dans le secteur pilote de Bel Hacel.

a. Dans ce secteur, rebord du plateau de Mostaganem où la pluviométrie moyenne est de 350 m/m par an environ, les sols en place et peu érodés, formés sur les grès pliocènes, sont essentiellement des sols fersiallitiques lessivés remaniés par voie surtout éolienne dans l'horizon A, parfois très peu épais, et ailleurs accumulé sur près de 1 m ou même plus, très sableux en surface, argilo-sableux en profondeur et non calcaires sur tout leur profil, sauf en profondeur où peut apparaître une croûte calcaire. Dans certaines zones basses, l'hydromorphie devient prédominante. Là où l'érosion a joué, il peut ne rester que des sols peu évolués lithiques ou régosoliques suivant les points, ou des sols calcimagnésiques plus ou moins proches des rendzines. Certaines zones de

ce plateau et de ses rebords ont déjà été étudiés, sur le plan pédologique, par M. MECHAI de la DEMRH de l'Hydraulique, qui en a dressé la carte.

b. Sur le flanc S.E. du chaînon de Bel Hacel, en sols fortement érodés sur grès calcaires dans le secteur pilote de reboisement, la croissance des eucalyptus paraît médiocre et même sur ce terrain qui, à première vue, ne paraît pas mal adapté, dans son ensemble, à ce type de traitement, les terrasses larges sont assez fortement attaquées par l'érosion en rigoles, et leur protection par la végétation est faible.

Il est intéressant de remarquer que, dans la même zone, en amont du nouveau village agricole de Bel Hacel, des reboisements "en pleins très serrés, aussi avec *Eucalyptus cladocalix* ont donné d'excellents résultats sur le versant nord de certaines collines du chaînon, mais beaucoup moins bons sur le versant sud. Nous n'avons pu, par manque de temps, étudier la raison d'une telle différence ; peut-être, s'agit-il d'un degré plus ou moins avancé de dégradation du sol, de part et d'autre, avant le reboisement ou même de deux types d'évolution des sols dans les deux expositions comme je l'ai montré avec MONJAUZE dans une zone voisine d'Oranie en 1946.

3. Observations dans la zone côtière au N.E. de Mostaganem.

Elles ont porté sur l'importance de l'érosion et le comportement des terrasses larges, dites "espagnoles" d'une part, et sur le développement de la végétation des reboisements, en eucalyptus ou pins d'autre part.

a. Dans toute cette zone l'érosion des sols est très prononcée soit par ravinement hydrique parfois sur de grandes profondeurs, et sur des grandes surfaces, soit par remaniements éoliens comme entre Mostaganem et le Chélif, par exemple, ou au nord de Khadra ou en de nombreux autres points.

Par places, comme à 15 km de Mostaganem, au nord de la vallée du Chélif, sur des sols sablo-caillouteux, face à la mer, les larges terrasses déjà mises en place, se maintiennent et paraissent jouer le rôle qui leur a été dévolu dans la conservation des sols. Ceux-ci y sont régosoliques sur de grandes surfaces, mais, parfois, des sols bruns calcaires ou plus rarement rendziniformes.

Un peu plus, au nord-est, à 20 km de Mostaganem, en certaines zones de la forêt domaniale de Boukhama, le sol est sablo-argileux, plus ou moins salé et paraît, morphologiquement alcalisé. L'utilisation de larges terrasses n'y est pas adaptée, et l'érosion les dégrade profondément, soit sous la forme de grandes

entailles soit sous celle de larges ravinements et même de glissements de terrains.

Les pistes réalisées sans précautions, y constituent de remarquables départs d'érosion.

En fait, il s'agit là de terrains à ne pas travailler profondément et à couvrir de végétation herbacée plutôt qu'à reboiser. La correction des ravins y est aussi un complément essentiel du terrassement, mais n'a jamais été entreprise dans ce secteur. Ce sera, d'ailleurs, un travail considérable. Leur reboisement par placettes (Robinier, Eucalyptus, Tamarix), la mise en place de haies vives, ou leur couverture par une végétation herbacée, peut y compléter la mise en place de petits barrages gabionnés.

b. Dans toute cette zone côtière, soumise aux vents et aux embruns marins, la croissance des eucalyptus est très irrégulière et assez médiocre, même là où le terrain se maintient. Là où le sol est un peu moins érodé et où il reste un horizon humifère, même peu épais, sur le grès calcaire, leur développement paraît un peu moins lent. Il est toujours cependant aussi irrégulier du fait des vents marins qui apportent des embruns salés.

Les reboisements expérimentaux réalisés en divers points, comme entre Cap Ivi et la maison forestière du même nom, et qui portent principalement sur différentes espèces de conifères, pin "insignis", pin maritime, pin d'Alep, et cyprès, paraissent avoir donné de bons résultats. En général ils ont été réalisés "en plein", souvent après défouage. En certaines zones, un peu à l'abri, les eucalyptus ont donné de bons résultats ; ailleurs une simple amélioration du maquis initial a été réalisée ; cela paraît avoir été préférable.

c. En résumé, et en première réflexion, il semble que ce versant côtier ne soit pas tellement adapté à un reboisement industriel à grosse production, et qu'il vaille mieux envisager de le couvrir d'une végétation aussi permanente que possible, forestière, buissonnante, ou herbacée suivant les points et suivant les sols ; sa possible utilisation sera certainement plus limitée qu'il n'avait été prévu. Elle pourra, assurément, être plus rationnelle.

Par ailleurs il n'est pas certain - il revient aux forestiers et non à un pédologue de se prononcer sur ce point - que les eucalyptus retenus soient les mieux adaptés à de telles conditions climatiques (vent marin, embruns) ; peut-être les cyprès de Lambert et certains Casuarinas (C. Cunninghamiana) conviendraient-ils mieux.

En exposition protégée et sur sols peu dégradés ou rénovés, les cultures maraîchères de primeurs et l'arboriculture fruitière y sont tout à fait à leur place.

4. Secteurs de reboisement du Dahra.

J'ai visité rapidement deux zones : celle de bordure nord-ouest du massif et celle de l'intérieur.

a. Zone de bordure nord-ouest : Située en arrière de la côte proprement dite, elle est peu soumise aux vents de mer et aux embruns salés contrairement à celle étudiée dans les pages précédentes. Il s'agit en particulier de la forêt de Zerifa, de l'arboretum de Khadra et de la zone de reboisement de Oued Kramis.

α - Les sols y sont souvent du type fersiallitique lessivé, donc non calcaires, formés sur des grès calcaires. Ils sont fréquemment érodés, ou remplacés par des sols peu évolués colluviaux ou remaniés par le vent (oued Kramis) ; par place le soubassement calcaire apparaît ou se trouve très près de la surface.

β - Souvent les eucalyptus, parfois âgés de plus de 10 ans, y viennent bien ; par places, probablement par suite de sols moins favorables au départ (différenciation texturale plus poussée entre A et B ? ou B trop compact ?) ils sont beaucoup plus médiocres, leur enracinement étant resté trop superficiel et l'érosion en nappe s'étant développée largement.

Les espèces qui paraissent le mieux adaptées sont *E. camaldulensis* et *E. gomphocephala*.

Sous ces arbres aucun horizon humifère ne se forme et le sol n'est pas à l'abri d'une érosion de surface comme nous l'avons maintes fois observé .

γ - Il est difficile d'affirmer que les terrasses larges "espagnoles" soient les mieux adaptées ; là où le grès ou une croute calcaire ne sont pas trop proches de la surface, elles sont possibles. Il est à peu près certain que les pieds d'eucalyptus doivent être plantés plus serrés que prévu, sauf peut-être, là où l'on ne peut les considérer que comme un complément à une végétation naturelle bien établie et que l'on ne détruirait pas au rotavator par exemple.

b. Zone interne et bordure sud-est du Dahra, de Khadra à Sidi Slimane, Sidi Ali et à la vallée du Chélif au pont de la route de Sour :

α - Les marnes et calcaires marneux y prennent une grande extension ainsi que les argiles et schistes argileux. Il s'y trouve aussi des massifs gypseux.

Les sols y sont, suivant les cas, des restes d'anciens sols rouges parfois encroutés et très érodés, et des sols bruns calcaires ou, au contraire, des sols brun non calcaires souvent à tendance verticale. En certains secteurs l'érosion est extrêmement forte en nappe ou par ravinement, allant jusqu'à la dénudation des schistes ou aux "bad lands".

β - Les travaux de conservation des sols y ont été rarement exécutés. Les reboisements devront être réalisés non sur de larges terrasses, mais sur des banquettes ou terrasses étroites ou sur plateaux. Dans certaines zones les banquettes fruitières et bandes cultivées alternées paraissent pouvoir être bien adaptées. D'après les résultats de quelques reboisements auprès de Sidi Ali, les Eucalyptus camaldulensis -en zone non ou peu calcaire- et les pins d'Alep semblent donner de bons résultats.

5. En conclusion de cette rapide visite de certains des secteurs pour ce "reboisement industriel" et des secteurs voisins, il me faut rappeler qu'il est toujours difficile de pouvoir définir de grands secteurs susceptibles d'un même type de mise en valeur.

a. Dans la zone côtière, face à la mer, il vaut mieux envisager le développement d'une végétation principalement de protection, boisement, maquis, couverture herbacée ou cultures en fonction des pentes et des types de sols.

b. Sur la zone de bordure du nord-ouest du Dahra, le boisement industriel apparaît comme souvent possible. On peut utiliser l'eucalyptus ou le pin suivant l'état du sol au moment de la plantation. Le premier s'adapte mal semble-t-il aux sols présentant une différenciation texturale trop forte. Les terrasses "espagnoles" en conviennent pas non plus à ce type de sol ni à ceux qui sont argileux ou alcalisés.

La répartition des espèces d'arbres en fonction de la présence ou de l'absence de calcaire posera des difficultés pratiques qui ne peuvent être résolues qu'au moment même de leur mise en place.

c. Dans la zone interne du Dahra et sur la bordure sud-est, très souvent les sols ne conviennent que difficilement à des reboisements étendus. Un aménagement intégré en fonction de leurs caractéristiques et des conditions socio-économiques du lieu devrait être envisagé, en particulier dans les secteurs de sols sur marnes, sur argiles ou sur schistes argileux.

d. Il me semble qu'il serait par contre possible de retrouver des terres aptes à être reboisées dans les 2 chaînons qui bordent le plateau de Mostaganem au sud-est et qui ne sont encore que partiellement sous végétation forestière : chaînons du Djebel Slimane et de Bel Hael.

Les terrasses larges ne seront pas toujours utiles et je pense qu'en général les boisements doivent être réalisés plus serrés qu'il n'a été prévu.

B. Projet de secteur-pilote d'aménagement intégré.

Deux zones ont été parcourues : à l'ouest-sud-ouest de Mazouna les bassins versants de l'Ouest Tellis et de l'Oued Maroui ; à l'est-nord-est ceux de l'Oued Boumata ou Oued bou Alloufa et de ses affluents oued Krouf et oued Halah. Entre les deux se trouve la zone de Mazouna avec ses sols rouges fersiallitiques sur grès calcaires et calcaires durs, ses rendzines et sols bruns calcaires sur calcaires marneux et marnes, ses sols marrons sur limons argileux calcaires et ses sols peu évolués sur alluvions et colluvions ou, au contraire, sur zones d'érosion et, par place, des sols hydromorphes en zones basses.

La région est assez touchée par l'érosion, même en glissements de terrains. Elle ne peut être retenue comme secteur pilote plus ou moins expérimental, par suite de ses conditions humaines trop particulières.

Nous avons donc surtout envisagé, grâce à l'aide que nous a apportée l'ingénieur d'agriculture de Mazouna, M. A.M. SEGHIR DAWADJI, les deux zones indiquées précédemment et qui sont situées de part et d'autre de Mazouna.

1. Zone à l'ouest de Mazouna.

a. Par suite de leur disposition, de leurs limites nettement marquées sous forme de chaînons de collines, allongées à peu près N.E.-S.O., de la zone de Sidi Mohammed ben Ali à la Kondiat el Amra au Nord, et de Mazouna aux djebels du bled ben Salah et au Djebel Araïbi au Sud, les bassins de l'Oued bou Tellis et de son affluent l'Oued Meroui, forment une belle unité.

b. Les sols y sont essentiellement des sols bruns calcaires, souvent vertiques, peut-être parfois des vertisols, et des sols hydromorphes sur les argiles et les marnes de certains bas-fonds et vallées. Les rendzines et sols fersiallitiques, surtout sols rouges, parfois lessivés, n'apparaissent qu'à la limite nord, vers Mediouna ; très rarement dans le sud.

c. L'érosion y est assez forte, en nappes et rigoles, parfois sous forme de glissements de terrain sur les marnes. Des ravins sont profondément creusés sur les quelques affleurements de calcaire blanc.

d. L'utilisation actuelle est surtout à la base de culture céréalière, et parfois de pâturage. La mise en valeur devrait comporter un grand développement de ce dernier type d'exploitation ou de cultures fourragères annuelles en assolement avec cultures céréalières ou légumières en bandes alternées avec levées en herbées et haies vives.

Dans l'ensemble ce secteur paraît être trop peu différencié quant à ces sols - les sols bruns calcaires sur marnes s'y étendant sur la presque

totalité des surfaces - pour pouvoir être retenu comme bassins versants expérimentaux de mise en valeur intégrée.

2. Zone à l'est-nord-est de Mazouna.

a. La région située à l'est-nord-est de Mazouna est constituée par plusieurs bassins versants, affluents de l'oued bou Alloufa, parfois dénommé oued Boumata, nom du douar au nord-est de la ville ; il correspond au cours amont de l'oued Quarizane.

L'ensemble de cette zone est limitée au nord par la ligne de hauteurs du djebel Kredouma que suit la route qui va de Mazouna et Sidi Mohammed ben Ali à Aïne Mérianne (ex: Rabelais). Au nord de cette crête s'étend, en contrebas, la plaine de Gri ., très cultivée, très fertile, semble-t-il.

Au Sud, la première vallée est celle de l'oued Krouf, grossi de l'oued Allel retrouvent à la limite de la Willaya d'el Asnam près du nouveau village de l'embranchement de la route de Taougrite, dans une zone de sols rouges fersiallitiques, le plus souvent érodés, et, parfois, fortement accumulés par colluvionnement. Il rejoint l'oued bou Alloufa juste au nord de Mazouna. Plus au sud s'étend à des altitudes d'environ 500-540 m le djebel Gargar, qui se termine juste à l'est de Mazouna. Il limite, au nord, le bassin versant de l'oued Malah, qui rejoint l'oued bou Alloufa au sud de la ville, et dont le cours amont se poursuit un peu plus à l'Est que celui du Krouf au-delà de Sidi Mohammed ben Ouda. Au Sud s'étendent les djebel Rari et ben el Arbi qui séparent le bassin versant de l'oued Malah de celui, nettement plus méridional de l'oued Meroui.

b. Sur les grès calcaires du pliocène inférieur qui s'étendent nettement au nord nord-est de Mazouna, et sur lesquels se déroule, pour une large part, la route Sidi Mohammed ben Ali à Aïne Mazziane se sont développés de puissants sols rouges fersiallitiques lessivés. Ils sont souvent assez érodés. Aussi, très attaqués par l'érosion et puissamment colluvionnés d'autres sols rouges fersiallitiques proviennent des calcaires blancs, non marneux, et des calcaires à dithothamnien du miocène supérieur. Ils sont particulièrement bien développés autour des sources des oueds Krouf et Malah. Ces mêmes calcaires durs, plus ou moins encroutés, donnent d'abondants sols lithiques et lithosols, à la suite d'une très forte érosion. Pratiquement dénudés, ils forment l'entablement du plateau au nord de l'oued Krouf (par exemple près du Douar Khnessa).

Sur les marnes grises et calcaires marneux blancs du miocène supérieur, qui s'étendent en particulier dans le djebel ben Kedrouma ainsi que dans les zones basses de la vallée de l'oued Krouf et dans l'ensemble du bassin de l'oued Malah, les rendzines et les sols bruns calcaires prennent une grande extension.

Enfin les marnes argileuses grises helvétiques apparaissent, semble-t-il, par places dans les bassins de l'oued Malah et, plus rarement dans celui de l'oued Krouf. Elles supportent des sols bruns calcaires, souvent vertiques.

c. Sur tout cet ensemble l'érosion s'est largement développée sous ses diverses formes :

- en nappe, assez limitée, sur les sols bruns calcaires sur marnes et sur les sols rouges sur grès calcaire,
- en nappe, et en nappe ravinante très épaisse, et très fortement, sur les sols rouges et calcimagnésiques, plus ou moins encroutés, sur les calcaires durs à Lithothamnium, souvent mis à nu (flanc nord de la vallée du Krouf par exemple) et dont le terrain est alors difficilement récupérable,
- en grands ravins, allant jusqu'à la formation de "bad lands" sur les marnes et calcaires marneux blancs, et sur les sols rouges fersiallitiques souvent puissamment colluvionnés, à la limite orientale de ces bassins,
- en glissements de terrain, par places, sur les marnes.

d. Dans l'ensemble, cette zone comprenant les bassins versants de l'oued Krouf - oued Allel et de l'oued Malah, paraît intéressante comme lieu d'implantation d'un secteur-pilote de conservation des sols et d'aménagement intégré.

Les sols y sont assez variés, depuis les sols lithiques et les sols Calcimagnésiques jusqu'aux sols fersiallitiques.

Presque toutes les formes possibles d'érosion s'y observent, et, malheureusement, souvent, avec une très forte intensité.

Les modes d'utilisation du terrain apparaissent très différenciées. Nous n'avons pas envisagé le côté humain de cette opération. M. le député DAWADJI pensait qu'il n'y aurait pas de difficultés insurmontables dans cette zone, encore que la région à l'ouest de Mazouna pouvait paraître mieux adaptée sur ce plan. L'étude de ce problème doit, être au moins dégrossie, avant toute prise de décision.

Une prospection précise devra être réalisée ensuite, le cas échéant, permettant alors, en se fondant sur ses résultats, l'établissement d'un plan de mise en valeur intégrée de ces deux bassins versants de l'oued Malah et de l'oued Krouf, au nord nord-est de Mazouna.

C. Problèmes de salinisation dans les oasis nord-sahariennes de Biskra et de Touggourt.

1. Dans cette zone aride à désertique ($P = 145$ mm par an à Biskra et 50 mm environ à Touggourt) les cultures de dattiers autres arbres fruitiers, céréales et plantes vivrières, ne se font que par irrigation, à partir d'eaux de nappes ou de sources. La nappe la plus importante, celle dite de l'Albien est très profonde. Elle est moyennement salée (R.S. = 2,5 à 3 gr/l en moyenne, et très calcaire. Son SAR est faible, autour de 3 à 5. Par contre elle est riche en SH^2 et elle arrive à la surface à une température d'environ 55 à 57°. Cette température trop élevée et sa richesse en calcaire qui se dépose à l'air et encroûte les refroidissements provoquent de grandes difficultés d'utilisation.

L'eau des nappes supérieures, dans les niveaux géologiques plus récents, est beaucoup plus salée : 5 à 7 gr par litre ; son SAR est nettement plus élevé - encore que je n'aie pas pu obtenir de chiffres précis - que dans le cas précédent. Sa température est normale. Les sols utilisés varient un peu suivant les secteurs. Ils sont très peu évolués, pauvres en matière organique (0,4 à 0,8 p. 100), sableux à limoneux et plus ou moins calcaires.

2. Station de Sidi Mahdi.

a. Cette oasis, située au sud-est de Touggourt est irriguée depuis 1959, avec une interruption de 1972 à 1975.

Le climat y est de type désertique ; la pluviométrie est très faible et très irrégulière ($P = 45$ mm par an, en moyenne). La température moyenne annuelle est de 21°2. La moyenne mensuelle varie de 9°2 en janvier à 34°1 en juillet. L'eau d'irrigation est celle de la nappe de l'Albien. Elle a une salure moyenne à assez forte, de 2,5 à 2,7 gr de résidu sec par litre. Son SAR est compris entre 3,2 et 3,5 donc très faible.

Dans la station, malgré le drainage à 3 m de profondeur pour les drains primaires et à 2 m pour les drains secondaires et tertiaires -là où ils existent - une nappe s'est établie, à 1,50 m - 1,20 m (en juin) ; elle remonte parfois à moins de 1 m de la surface. Sa salure est élevée. Elle varie de 12 à 40 mmhos suivant les points et les périodes.

Les sols sont assez hétérogènes. Ils ont été fortement remaniés par l'homme sur de grandes surfaces. Ils sont finement sableux (argile 5 à 10 % au maximum) dans leur partie supérieure, et plus limoneux en profondeur. Ils comportent fréquemment à des profondeurs variables, souvent vers 30-40 cm ou vers 70-80 cm ou à plus de 1m20 de la surface, des niveaux gypseux, plus ou moins épais, fréquemment indurés. Cette accumulation de gypse est d'origine d'hydromorphie.

Les sols sont souvent salins ; ils ne le sont fortement que par places.

Les cultures comportent principalement les palmiers-dattiers, mais aussi d'autres arbres fruitiers (oliviers, grenadiers etc...), des céréales (principalement orge) ainsi que des espèces maraîchères et fourragères. Ces dernières pourraient, en particulier, être plus développées, afin, grâce à un élevage par exemple de bovins, fournir le fumier qui pourrait améliorer ces sols.

b. Observations. Dans le temps très court dont j'ai disposé, elles n'ont pu être que tout à fait incomplètes malgré l'aide des chef de station et des ingénieurs qui y travaillent. A la fois à cause des remontées de sel, lorsque la nappe est trop proche de la surface (moins de 1,20 m semble-t-il), à cause de sa richesse en SH_2 et de la teneur élevée des sols en gypse, souvent fin, la circulation de l'eau doit être assurée et jusqu'en profondeur et sa stagnation évitée. Dans le fond des drains, dans les zones mal drainées même en surface et partout où le sol est anormalement tassé, on observe, non par simples taches, mais sur des étendues importantes, la formation de sulfure de fer noir, et, par place, de jarosite jaune. Les plantes, même les palmiers dattiers en souffrent.

β - Il est également très certain que ces sols, très finement sableux ont tendance à se battre en surface et à former croûte. Toute amélioration de la teneur en matière organique de l'horizon superficiel (si possible sur au moins 12 à 15 cm) sera bénéfique.

γ - Enfin le non entretien d'oasis (irrigation et drainage) provoque aussitôt la dégradation des sols par sursalure et le dépérissement de toutes les cultures. Il n'est pour s'en convaincre, que d'observer les zones abandonnées de certaines oasis comme celle de Tamerna à 35 km au Nord de Touggourt. Les sols très salins ou hypersolonchaks y abondent à croûte saline ou à pseudosable en surface, suivant les endroits.

c. Programme de recherche sur les sols et l'irrigation.

Il me paraît pouvoir porter sur trois points :

α - Etude des sols et, plus particulièrement, des sols salés de toute la zone depuis le revers de l'Atlas au nord de Biskra jusqu'à Ouargla. Il sera indispensable d'attacher une grande importance à la typologie des sols salés et gypseux qui se présentent différemment à Sidi Mahdi ou el Arfiane et par ailleurs à Bou Chagroun à l'ouest sud-ouest de Biskra, pour ne signaler que ceux que nous avons pu observer. Une carte au moins schématique de la répartition de ces sols salés pourra être dressée. Une carte très détaillée des sols de la station et de la nappe (position et salure) devra être réalisée à une échelle de, au moins 1/10.000, présentant plus précisément les données détaillées de texture, de salure et de répartition du gypse dans le profil, ainsi que le pH et la teneur en matière organique des sols. Les cartes de salure des sols et de la nappe devront être réalisées le cas échéant à 3 périodes de l'année : milieu et fin de la période d'irrigation et fin de la période de non irrigation.

β - Mode d'irrigation et de couverture du sol.

On pourra comparer les divers modes d'irrigation, par aspersion, par gravité et au goutte à goutte, sur 3 ou 3 types de culture, quant à leur effet sur leur développement et leur rendement, ainsi que sur l'évolution des profils hydrique et salin des sols. Des essais d'économie d'eau par couverture du sol par des plastiques devront aussi être réalisés.

γ - Fertilisation.

Les essais habituels de fertilisation seront effectués ; ceux sur les amendements tels que le gypse ne paraissent pas nécessaires pour des irrigations avec ce type d'eau et sur ces sols très sableux et déjà riches en gypse, à moins que les prospections indiquées précédemment ne fassent ressortir l'existence de sols moins perméables, moins sableux dans l'ensemble ou comportant des niveaux argileux.

Je dois enfin insister plus que jamais sur ce que à Sidi Mahdi et dans toutes les oasis du même type et irrigués avec ces eaux de la nappe albienne, une circulation rapide de l'eau doit toujours être assurée ; sa stagnation doit être évitée à tout prix. Le sol doit toujours rester aéré, valable lors de toute irrigation de terrains salés avec des eaux salées, est encore plus impérative lorsqu'il s'agit de sols riches en gypse et d'eau trop riche en SH_2 .

d. Mesures à prendre.

Elles sont de trois ordres :

α - le drainage doit être poursuivi quoique les sols soient très sableux, car ils sont finement sableux, parfois limoneux, surtout en profondeur et très souvent ils comportent des niveaux indurés peu perméables.

β - pratiquement aucun appareillage n'existe à la station pour les études de sols ; elle doit cependant être station de recherche sur les sols des zones sahariennes et leur irrigation. Un laboratoire de campagne doit donc y être monté. Dès maintenant, la station doit disposer d'un conductimètre, d'un pH mètre, d'une étuve, d'une balance, d'un trébuchet et du petit matériel nécessaire pour déterminer, même approximativement, la granulométrie des sols et d'abord pour les prélever (tarières).

γ - Le personnel doit être augmenté en nombre (et toutes les implantations matérielles correspondantes installées). Actuellement peuvent travailler sur les sols et leur irrigation 2 ingénieurs, l'un Algérien, chef de station, l'autre, coopérant français, ainsi que 1 ou 2 techniciens de niveau moyen ou supérieur. Dans le plan prévu à la suite de ma mission en 1978, il avait été proposé pour la phase actuelle (phase I), seulement 3 techniciens. Il m'apparaît que cette proposition était insuffisante. Le personnel actuel devrait être augmenté d'un technicien pédologue qui établirait les cartes de la station et commencerait le travail régional, guidé par un pédologue de la station des Hammadéna venant en missions temporaires.

Les prévisions pour la phase II (4 chercheurs et 5 techniciens supérieurs paraissent mieux adaptées aux besoins. Il serait bon cependant de les modifier un peu pour réunir 1 chercheur généraliste, chef de la station et peut-être chargé des études d'irrigation, 1 pour la fertilisation, 1 pour l'utilisation des plastiques et 1 pédologue. Je pense qu'il peut être utile de spécialiser davantage chacun des chercheurs concernés, et certains des techniciens dans le type d'activité auquel il aura principalement à se consacrer.

3. Station de El Arfiane, à environ 62 km au nord de Touggourt.

La visite de cette oasis plantée en 1926 a été très rapide. En l'absence du chef de station, elle nous a été présentée par son assistant.

Les sols y sont très sableux et, encore, finement sableux. L'eau d'irrigation, très salée, contient 6 à 7 gr de résidu sec par litre.

Grace à la perméabilité élevée des sols, quelques autres cultures sont possibles en dehors du palmier-dattier : betterave, oignon, tomate, artichaut, fève, asperge. Les drains secondaires sont très rapprochés (18 m) ce qui est probablement excessif. Il serait préférable de les approfondir -au moins certains d'entre eux - car actuellement ils ne sont qu'à 1m50. L'eau de ces drains arrive à 14-15 gr de résidu sec par litre ; dans le collecteur principal, cette valeur monte à plus de 20 gr/litre.

De toute façon dans une zone d'irrigation avec de l'eau très salée, il est indispensable que le drainage soit efficace et que l'eau percole rapidement à travers le sol.

4. Station de Aïne ben Naoui et région de Biskra.

a. Les conditions de milieu dans lesquelles se trouvent la région de Biskra et plus particulièrement la station de Aïne ben Naoui sont assez différentes de celles de Touggourt et Sidi Mahdi. Probablement en est-il de même sur le plan humain.

La pluviométrie, moins irrégulière, est aussi moins faible : 131 mm par an en moyenne, suivant d'autres documents, elle atteindrait même 146 mm ; la température moyenne est légèrement plus élevée : 21°5 avec des amplitudes un peu plus limitées.

Les sols de la région diffèrent de ceux situés plus au Sud (Touggourt) en particulier par une teneur encore plus importante en gypse qui s'y présente souvent sous forme de véritables croûtes - de nappe, me semble-t-il -, très nettement indurées. Il s'y trouve aussi de grandes étendues de sols salés hydro-morphes (vallée Oued Djedi, Chegga).

Sans être spécialisée en recherche sur les sols et l'irrigation comme celle de Sidi Mahdi, puisqu'elle doit l'être essentiellement en recherche entomologique et technologique, cette station doit avoir, je pense, sa place, comme station annexe dans le réseau de points d'étude des sols salés, de leur irrigation et de leur amélioration.

b. Cette station est irriguée depuis près de 55 ans avec une eau de source dont la salure est de 3 gr à 3,5 gr de résidu sec par litre, avec un SAR de 9,4 environ.

Les sols sont très sableux à sable moyen, et paraissant très riches en gypse qui s'indure à certains niveaux. Ils sont le plus souvent salés à très salés présentant un profil salin ascendant, ou parfois, de type intermédiaire, présentant un maximum en surface puis un minimum à un niveau intermédiaire et un second maximum en profondeur - vers 1m20 à 1m50. En zone irriguée le maximum superficiel est plus faible.

Le drainage à ciel ouvert ou en blocage de pierres n'est qu'à 1m - 1m50, les collecteurs atteignant 1m80 à 2m. La salure de la nappe phréatique qui se situe en général vers 1 m mais peut remonter à 0,60 atteint souvent 15 gr de résidu sec par litre.

En dehors des palmiers dattiers qui dans diverses parcelles sont très beaux, quelques autres cultures comme le henné, se développent très bien. Les cultures maraîchères viennent mal sauf fèves et oignons. La luzerne y est souvent brûlée par le sel. D'ailleurs l'une des difficultés de la station est la trop faible quantité d'eau disponible pour l'irrigation. Les études sur les méthodes pour économiser l'eau y sont indispensables.

c. Les essais actuels portent sur les assolements de cultures maraîchères, la fertilisation et l'enfouissement de matière organique.

Il semble qu'ils devraient être poursuivis, mais qu'il faudrait y ajouter ceux correspondant à :

- la couverture de plastique pour diminuer l'évaporation et par conséquent la quantité d'eau utilisée.
- l'emploi de nouvelles méthodes d'irrigation telles que le goutte à goutte, également pour économiser l'eau d'irrigation.

Il ne faut pas oublier cependant que l'eau employée devra être en quantité suffisante pour provoquer le lessivage profond des sels, et que cela ne sera efficace que si les drains sont approfondis et la nappe rabattue.

Après une étude plus approfondie des sols à croute gypseuse tels que ceux de Bouchagroun, un programme d'expérimentation pourra être proposé pour une meilleure utilisation de ces terrains très particuliers.

5. Plaine de M'rara, située à 34 km à l'ouest de la route Biskra-Touggourt, l'embranchement étant à 50 km au nord de Touggourt.

a. Il s'agit d'une daïa, dont les sols ont été étudiés par DUTIL avant sa mise en irrigation. La zone basse, entourée d'un plateau plus ou moins encrouté, couvre environ 900 ha dont 150 ha seulement sont irrigués alors que les forages qui puisent l'eau dans la nappe de l'Albien (environ 2,5 gr/l de résidu sec, SAR voisin de 3,5) permettraient d'étendre cette surface à 500 ou 600 ha. Le climat est analogue à celui de Touggourt.

Les sols, peu évolués, sont finement sablo-limoneux et calcaires.

D'après DUTIL ils sont constitués de sédiments superposés dont certains, peu épais, sont plus argileux. Leur teneur en argile, à base de smectite, peut atteindre 20 à 30 p.100. Ils étaient faiblement basiques (pH 7,7 à 8) et leur complexe absorbant essentiellement calci-magnésique, avant leur mise en irrigation. Leur salure était faible variant de 1,5 à 3 p. mille.

b. Cette plaine, cultivée autrefois grace aux eaux de crue de l'Oued M'Rara, est irriguée régulièrement depuis près de 20 ans. Les cultures y sont toujours très belles : palmiers dattiers, oliviers, pruniers, abricotiers, figuiers, cultures fourragères (luzerne), cultures maraîchères et orge.

Il semble que, malgré l'absence de drainage, mais probablement grace à la présence d'un relief karstique éminemment perméable sous les sédiments d'épaisseur assez limitée en général, et la nature sableuse, dans l'ensemble, de ceux-ci, la salinisation des sols n'ait été encore qu'assez limitée. Je n'ai vu nulle part, au cours d'une visite rapide, mais bien guidée, aucune trace de présence d'une nappe phréatique qui se serait constituée. Ce point est d'autant plus important à vérifier que un véritable marécage s'étend maintenant, par suite d'énormes pertes d'eau au pied du nouveau forage au nord-est du périmètre ; le sulfure de fer s'y développe très largement.

Par ailleurs, dans la zone est, j'ai pu observer plusieurs fois des sols nettement salés en surface présentant même parfois du pseudosable, et des cultures qui en souffraient. La structure de l'horizon supérieur y est médiocre et sa porosité est faible. Dans le secteur de la pépinière, insuffisamment entretenu actuellement, le sol se sale.

c. Il semble bien que l'on puisse étendre très largement les surfaces cultivées sous irrigation - avec de l'eau de la nappe de l'Albien - dans cette plaine de M'Rara. Avant toute opération de ce genre, une prospection des sols doit en être réalisée, assez détaillée. Elle devra porter en particulier sur :

- le profil des sédiments et la typologie des sols, leur texture, leur salure, leur teneur en matière organique et en gypse, leurs propriétés physiques et surtout perméabilité et porosité, la charge cationique de leur complexe absorbant, l'existence de niveaux gypseux, le cas échéant.

- la présence possible d'une nappe phréatique, sa localisation, les variations de son niveau et de sa salure.

Les résultats de cette prospection permettront d'établir le plan d'extension des irrigations, les dangers de dégradation des sels et, le cas échéant, la nécessité d'y établir un plan de drainage et les points essentiels

de son exécution.

En terminant ce rapport sur ma courte mission dans la zone saharienne, je dois insister sur les différences que l'on observe dans les phénomènes de salure des sols dans cette région par rapport à ce que je connais déjà dans le nord de l'Algérie et sur les Hauts Plateaux : eaux beaucoup plus riches en SH_2 et relativement moins sodiques ; sols beaucoup plus sableux, souvent finement sableux et limoneux, abondance des dépôts gypseux, parfois très indurés.

Enfin, je tiens à remercier ceux qui ont organisé cette mission, M. le directeur général HAMADI, M. B. KADIK et M. l'attaché scientifique Gérard MARTIN, ainsi que tous ceux qui m'ont accueilli, accompagné sur le terrain, fourni d'abondants documents et renseignements, en un mot tous ceux qui m'ont si aimablement et si efficacement aidé.

G. AUBERT.

Bondy, le 25 Juillet 1979.