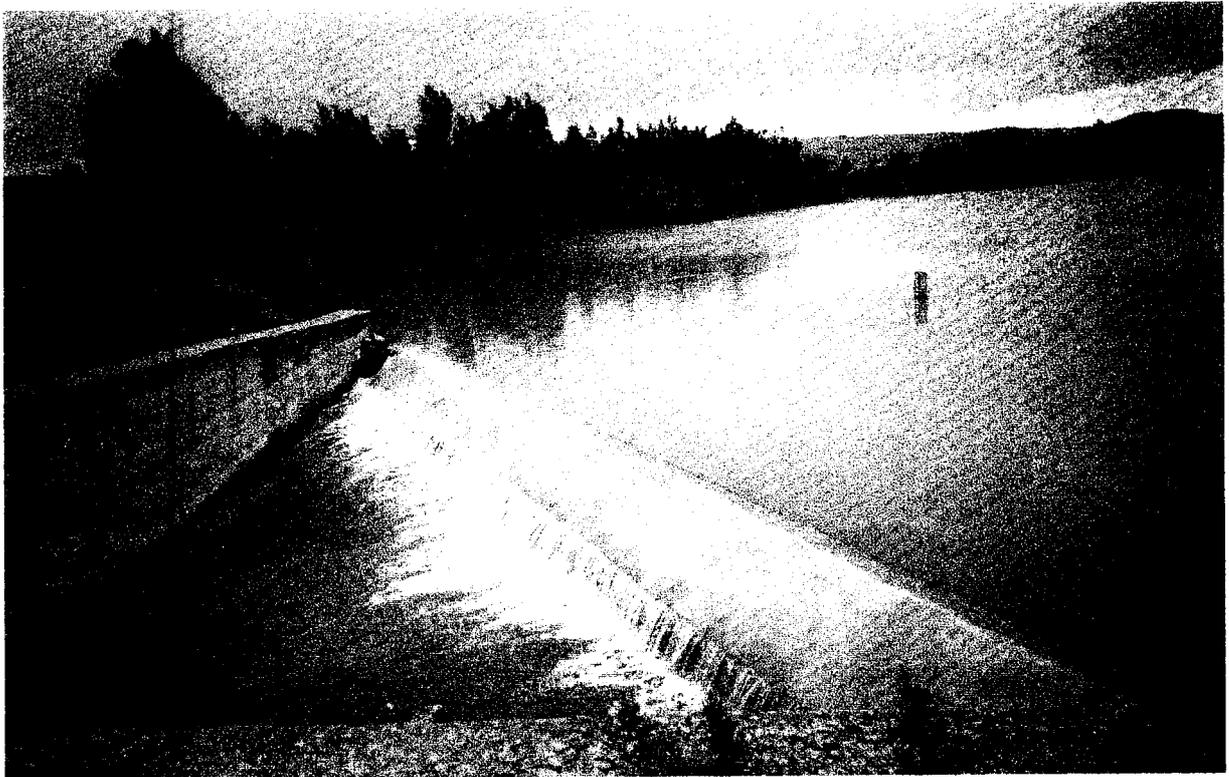




Troisième rapport d'avancement
Hydromed
ERBIC 18 CT 960091



Tunis, Juin 1998



Fonds Documentaire ORSTOM



010015622

SOMMAIRE

INTRODUCTION	3
ACTION 1 : SYNTHÈSE PRÉLIMINAIRE ET CHOIX DES SITES PILOTES	3
ACTION 2 : EAU - SOL - ENVIRONNEMENT	3
ACQUISITION DES DONNÉES HYDRO-CLIMATOLOGIQUES SUR LES RETENUES ARTIFICIELLES	3
BILAN HYDROLOGIQUE ET MODÉLISATION HYDROLOGIQUE DES LACS COLLINAIRES.....	5
LES MODÈLES MIS AU POINT À L'ORSTOM ET À L'IH DOIVENT ÊTRE MIS EN ŒUVRE AVEC LES NOUVELLES DONNÉES OBTENUES	5
ETUDE DE L'ÉROSION DES BASSINS VERSANTS ET SÉDIMENTATION DES LACS	5
QUALITÉ DES EAUX ET TRANSFERTS DES POLLUANTS DANS LES SOLS.....	6
ACTION 3 : AGRO-ÉCONOMIE - GESTION SOCIALE DE L'EAU ET DE L'ÉROSION.	6
USAGE DE L'EAU	6
GESTION DE L'ÉROSION.....	6
AGRONOMIE	7
ACTION DE COORDINATION	7
ACTION DE FORMATION	7
PRODUCTION SCIENTIFIQUE (DEPUIS LE DÉBUT DU PROGRAMME)	8
CONCLUSION	12
ANNEXE 1 : RAPPORT DE LA 2^{ÈME} RÉUNION DE CONCERTATION	14
ANNEXE 2 : RAPPORT DE MISSION AU MAROC DE FELIX MORENO	18
ANNEXE 3 : RAPPORT DE MISSION AU MAROC DE GEORGES DE NONI ET ERIC ROOSE	21
ANNEXE 4 : SITUATION DU BARRAGE DE SYNDIANÉ ET USAGE DE L'EAU, PAR SALAH SELMI. 24	
ANNEXE 5 : ETUDE DE L'ÉROSION SUR LES IMPLUVIUMS DES LACS COLLINAIRES DANS LE PROGRAMME HYDROMED. PROPOSITIONS DE RECHERCHES PAR JEAN COLLINET	26
ANNEXE 6 : RECHERCHE EN AGRO-CLIMATOLOGIE SUR L'UTILISATION DE L'EAU DES LACS COLLINAIRES DANS LE PROGRAMME HYDROMED. JEAN VACHER & Me MOUGOU	32
ANNEXE 7 : ATELIER DE LUND (RONNY BERNDTSSON)	36
ANNEXE 8 : RAPPORT DE STAGE À LUND DE SLAH NASRI	38
ANNEXE 9 : THÈSE DE NATHALIE RAHAINGOMANANA	39
ANNEXE 10 : RAPPORT DE MISSION EN SYRIE ET AU LIBAN DE RAGAB RAGAB	39

Photo page couverture (Jacques Claude) : Déversoir du barrage de Syndiané - Site pilote Hydromed en Syrie.

Fonds Documentaire ORSTOM[®]
Cote : A* 15622 Ex: 1

INTRODUCTION

Ce troisième rapport, rédigé 18 mois après la signature du contrat, présente l'état d'avancement du projet. Il fait suite au premier rapport contractuel des 6 mois du projet publié en Juin 1997 et au second publié en Décembre 1997. Il récapitule les principales actions réalisées au cours des deux premiers trimestres 1998.

Conformément au chronogramme du projet, les actions 2 : Eau - Sol – Environnement et 3 : Agro-économie - Gestion sociale de l'eau et de l'érosion ont été entreprises sur les sites pilotes du Maroc, Tunisie et Syrie.

Cette période a été marquée par de nombreuses missions de terrain, des sessions de formation, la tenue de la seconde réunion de coordination du programme à Damas en Avril et la préparation de l'atelier d'expert qui se tiendra à Lund en juin – juillet prochain.

La principale difficulté rencontrée a été d'ordre administrative et financière avec la commission. Le rapport financier, devant justifier la première avance faite en début de programme, a été transmis fin novembre 1997 et l'équipe espérait un remboursement en début d'année 1998. Après de nombreuses démarches du coordinateur, les premières informations sur ce remboursement parviennent le 6 Avril 1998 par une télécopie du Service financier de l'ORSTOM. Cette télécopie fait part d'aménagements demandés par téléphone pour les relevés de dépenses concernant : l'ACSAD, l'IAV, l'ORSTOM, l'INGREF et l'IH. Ces aménagements ont été discutés et réalisés par les partenaires au cours de la réunion de Damas et les formulaires ont été renvoyés à la commission par chaque partenaire concerné au cours des premiers jours de Mai. Le remboursement n'est pas encore fait en date de publication de ce rapport.

ACTION 1 : SYNTHESE PRELIMINAIRE ET CHOIX DES SITES PILOTES

Cette action est achevée. Les principaux résultats sont relatés dans les deux premiers rapports d'avancements. Plusieurs synthèses sectorielles ont été publiées. Des synthèses par pays sont publiées ou en cours de publication (Cf. Production scientifique du programme).

ACTION 2 : EAU - SOL - ENVIRONNEMENT

Les observations de terrain, qui ont été entreprises dès le début du contrat sur cinq sites pilotes en Tunisie, ont démarré au Maroc avec l'installation du dispositif expérimental en Novembre 1997 (Guiguen & Louati, 1997 – Merzouk & al, 1997) et en décembre 1997, en Syrie (Pépin & Louati, 1997).

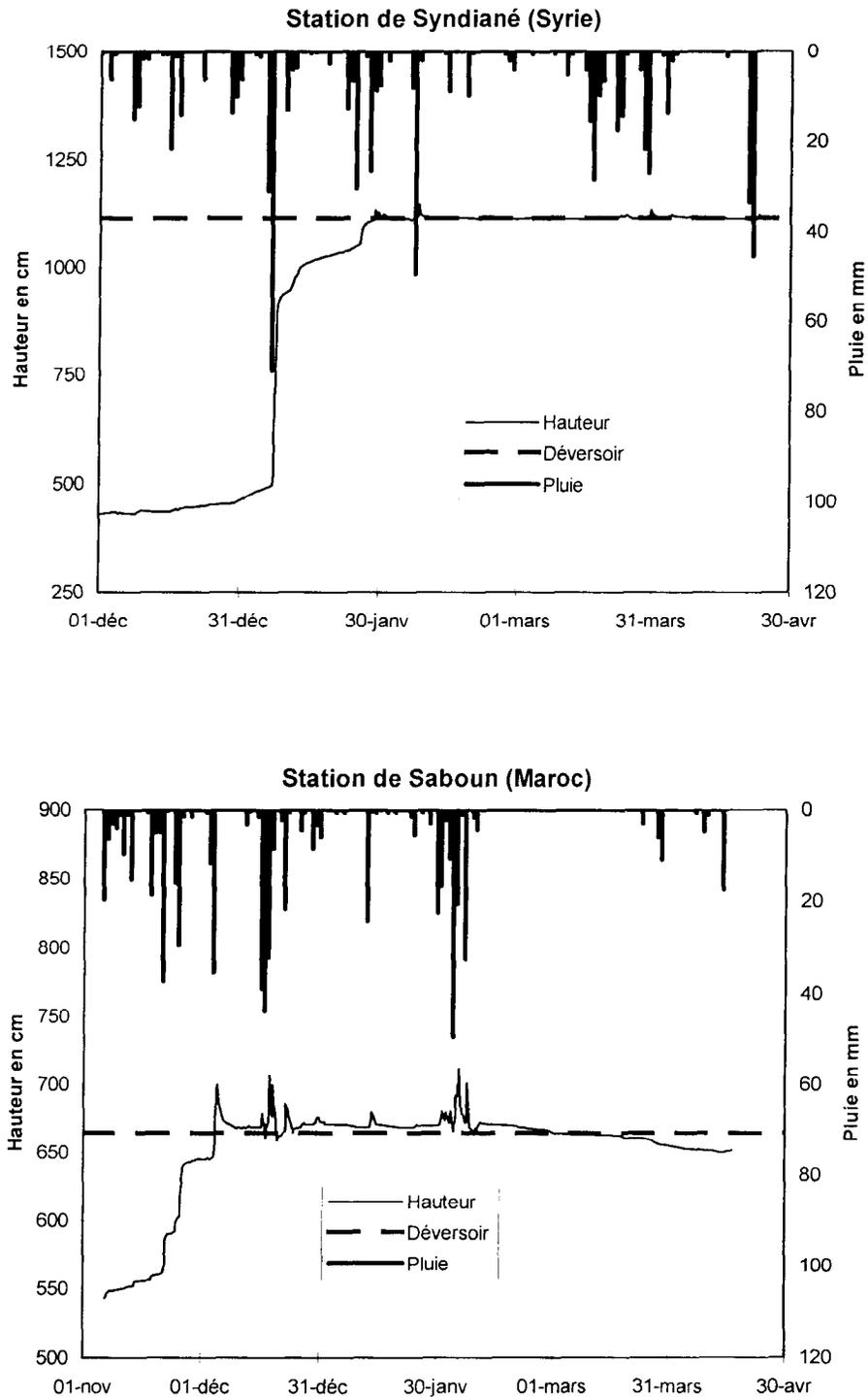
Acquisition des données hydro-climatologiques sur les retenues artificielles.

En Tunisie, l'annuaire hydrologique des lacs collinaires année 1996-1997 a été publié en décembre 1997. Il récapitule les données recueillies sur trente retenues artificielles (Convention CES – ORSTOM) dont les cinq sites Hydromed (Albergel et al, 1997). Des mesures d'envasement par topographie et bathymétrie sont en cours. Une nouvelle méthode de mesure utilisant un écho-sondeur a été testée et comparée à la méthode des sondages manuels. La perte de précision sur les mesures de bathymétrie est acceptable pour des réservoirs dépassant les 100 000 m³.

Un suivi piézométrique avec acquisition automatique de données en deux points est engagé sur le site pilote d'El Gouazine depuis octobre 1997. Les premières interprétations en terme de recharge de la nappe à partir de la retenue ont été présentées par S. Nasri à Damas.

En Syrie, un premier bilan des données acquises est réalisé au cours du stage que trois ingénieurs effectuèrent en Tunisie du 8 mars au 29 mars 1998. Les données acquises sont d'excellente qualité comme le montre la figure 1 représentant la pluie et les variations du plan d'eau.

Fig. 1 : Données hydrologiques à Syndiané (Syrie) et à Saboun (Maroc)



Au Maroc, un même bilan a été réalisé au cours du stage de l'étudiant de troisième cycle engagée dans le projet. On suppose une perte des données de Février à Avril, due à une mauvaise manipulation sur la centrale d'acquisition des données. Ces données ont pu être partiellement reconstituées et un contrôle des appareils a été réalisé au retour du stagiaire.

Cartographie des bassins versants, caractérisation hydrodynamique des versants.

La cartographie des bassins versants est en cours pour tous les sites pilotes. Les cartes d'altitudes et les modèles numériques de terrain sont disponibles pour les sites pilotes de Tunisie et du Maroc. Les cartes pédologiques et de l'occupation des sols sont disponibles pour quelques sites également.

Des caractérisations hydrodynamiques des sols ont été réalisées sur les sites du Maroc et de Tunisie par la méthode du simulateur de pluie à main mis au point par Eric Roose (Cf. Annexe 2). Une caractérisation complète des sols du site pilote de Saboun est prévu conjointement par l'équipe du LCSE de Pr. Merzouk et de l'IRNASE du Dr Moreno. Cette caractérisation utilisera les méthodes conjointes de tension-disc infiltrimeter et TDR (time domain reflectometry). Une opportunité de comparaison entre ces méthodes lourdes et celle beaucoup plus légère du simulateur de pluie à main.

Bilan hydrologique et modélisation hydrologique des lacs collinaires

Les modèles mis au point à l'ORSTOM et à l'IH doivent être mis en œuvre avec les nouvelles données obtenues.

Un travail sur la définition de la fonction de transfert à partir du modèle numérique de terrain est en cours, ainsi que sur la fonction de production à partir de la spatialisation des données : sol et végétation (thèse de Mansouri).

Un travail pour coupler un modèle de ruissellement et de fonctionnement de la retenue à l'échelle journalière et horaire est en cours de mise en œuvre dans le cadre d'un DEA de l'ENIT.

Une mission en Syrie et au Liban a été réalisée par Dr Ragab Ragab de l'IH dans ce cadre fin avril - début Mai (Cf. Annexe 9).

Etude de l'érosion des bassins versants et sédimentation des lacs

Deux opérations de terrain sont menées conjointement par l'INGREF, l'ORSTOM et l'Université de Lund :

1. Un versant aménagé en banquettes de rétention du ruissellement (tabias) a été équipé avec un dispositif de TDR sur le site pilote d'El Gouazine pour l'analyse fine du fonctionnement hydrique de ce type d'aménagement.
2. Sur le site de Kamech, sur une ravine dont les évolutions sont suivies très finement, un autre dispositif TDR avec acquisition automatique des données a été installé pour l'étude de l'érosion sur marne.

Les travaux sur les colonnes de vases pris l'été dernier se poursuivent dans de bonnes conditions. Ils ont pour objectif la reconstitution des événements hydrologiques majeurs à partir de l'étude sédimentaire.

Dr Jean Collinet a défini un programme d'action pour les deux années à venir sur l'étude et la modélisation des différentes formes de l'érosion sur les impluviums des lacs collinaires (Annexe 4).

Qualité des eaux et transferts des polluants dans les sols

La thèse sur la qualité des eaux des lacs de Tunisie et sur la dynamique du phosphore préparée par Nathalie Rahaingomanana a été soutenue brillamment le 3 juin 1998 à l'Université de Montpellier II. C'est la première thèse soutenue dans le cadre de programme Hydromed - (Annexe 9).

La seconde opération qui cible les risques de pollution à partir du ruissellement et de l'infiltration sur les versants d'un lac collinaire suit son cours. Les résultats des premiers modèles ont été présentés par P. Somogyi à la réunion de Damas.

Une mission conjointe ENGREF - ORSTOM (Laboratoire des formations superficielles de Bondy) a réalisé un ensemble de prélèvements de tous les types d'eaux présents dans le bassin versant d'El Gouazine avec pour objectifs :

- Spatialiser l'information géochimique à une époque donnée de l'année (après les pluies hivernales) et à l'échelle du système bassin versant - retenue (eaux d'écoulement, de retenue et souterraine).
- Identifier des traceurs géochimiques (majeurs & éléments traces) pour comprendre les modes de circulation des eaux dans les formations superficielles.
- Modéliser les changements de faciès chimique (eau d'écoulement - eau de retenue en amont et eau de retenue - eau souterraines en aval) en prenant en compte les interactions eaux - sols - roches.

Cette mission a été réalisée du 3 au 17 Mai 1998.

ACTION 3 : AGRO-ECONOMIE - GESTION SOCIALE DE L'EAU ET DE L'EROSION.

Usage de l'eau

Des enquêtes sur l'utilisation de l'eau des lacs collinaires se poursuivent en Tunisie. Pour analyser l'évolution et les perspectives d'utilisation de l'eau autour des lacs collinaires, il a été nécessaire d'établir une typologie des aménagements en fonction de trois variables essentielles : les degrés des utilisations actuelles et passées de l'eau, les attitudes et motivations des irriguants potentiels et enfin les possibilités techniques et socio-économiques de développement à partir de l'irrigation.

Un travail de suivi au quotidien, par l'intermédiaire de la mise en place d'un observatoire, d'une quinzaine d'exploitations agricoles réparties sur les 3 sites pilotes les plus utilisés : Kamech, El Gouazine et Es Sénéga, a été engagé pour les campagnes agricoles 1996-1997 et 1997-1998.

Les données, collectées dans l'observatoire individuel des exploitations irriguées à partir des lacs collinaires, concernent les charges, les produits et les quantités d'eau consommée par culture. L'objectif est d'évaluer économiquement l'impact de l'irrigation autour des lacs collinaires sur les revenus agricoles.

Les enjeux de la gestion collective et sociale de l'eau (conflits, arrangements, ententes et la mise en place d'organisations institutionnelles formelles ou informelles) sont également étudiés.

Le démarrage de ce volet en Syrie est différé en raison du retard des remboursements. Dr Selmi S. a préparé les fiches d'enquêtes en langue arabe. Il doit faire une première mission le plus tôt possible. A l'occasion de son voyage en Syrie pour la réunion de coordination, Dr Selmi S. a pris des premiers contacts sur le terrain et a réalisé une brève description monographique du site et des usages de l'eau autour du barrage de Syndiané (Annexe 3).

Gestion de l'érosion

Une mission a été réalisée au Maroc par Dr Eric Roose et Dr Georges De Noni (Annexe 2).

Agronomie

Ce volet a démarré avec une première étude entreprise sur les systèmes agricoles du bassin versant de Kamech dans le Nord du Cap Bon dans le cadre d'un mémoire de fin d'études de 6^{ème} année de l'INAT.

Mme Mougou a présenté à Damas le cadre des recherches en agro-climatologie en Tunisie. Dr Jean Vacher a défini le programme de recherche en partenariat sur ce volet (Annexe 5).

Le Dr Cellier, directeur de Recherche à l'INAPG de Paris, a répondu favorablement à une invitation conjointe de l'ORSTOM et de l'INGREF pour venir visiter les sites Hydromed de Tunisie et apporter ses conseils. Cette mission a débuté le 9 Juin 1998.

ACTION DE COORDINATION

Au cours de ce premier semestre 1998, les actions de la coordination ont consisté en :

L'organisation de la 2^{ème} Réunion de coordination : Elle s'est tenue du 20 au 23 avril 1998, deux mois après la signature du contrat Hydromed, et a permis de faire le point sur l'état d'avancement du programme partenaire par partenaire. L'annexe 1 donne un bref compte rendu de cette réunion et la liste des participants.

Missions du coordinateur : Les réunions du coordinateur prévues ce semestre, notamment celle à Bruxelles pour échange sur l'Etat d'avancement du projet ont été différées en raison du retard dans le remboursement de première année du contrat. Une Mission a été réalisée en Syrie pour la seconde réunion de concertation.

Publication des bulletins Hydronews : La coordination n'a pas publié de nouveau numéro d'Hydronews. Ce rapport qui sera diffusé à tous les participants donnera l'information nécessaire. L'information générale a très bien circulé via E-Mail. L'acquisition d'un abonnement Internet par l'ACSAD a réellement amélioré la circulation de l'information. Seule l'information concernant les remboursements des dépenses a anormalement cumulé des retards.

Fourniture et installation de logiciels : La coordination voudrait rappeler l'engagement de tous les partenaires de diffuser, à titre gracieux, les logiciels mis au point dans le cadre de ce programme et dans la mesure du possible les logiciels mis au point par les instituts et utiles à la recherche en cours.

Organisation d'un Workshop Hydromed à Lund : L'équipe du Professeur Berndtsson de Lund a obtenu des fonds de l'institut de coopération Suédois Sarec pour un atelier Hydromed qui se tiendra à Lund en Juin 1998. Le programme de cet atelier est donné en annexe X :

ACTION DE FORMATION

Les plans de formation ont été indiqués dans le premier rapport d'avancement. En fin de première année sont achevés :

- Un stage de post-doctorant en agro-économie en Tunisie,
- Deux mémoires de Master of Sciences,
- Un mémoire de DEA,
- Quatre mémoires de fin d'étude d'écoles d'ingénieurs.

Sont en cours

- Trois doctorats,

- Un DEA.
- Des stages de fin d'études.

Au titre de la formation des chercheurs participants au projet, ont été mises en place les formations suivantes :

Mlle Al KHAYAT Suheir, M. Al-SOUKI Mohammad (Ministère de l'Irrigation, Département des Barrages), Yasser IBRAHIM (ACSAD). Stage organisé en Tunisie sur les mesures expérimentales de suivi hydrologique d'un petit barrage, la gestion des données, traitement et exploitation. Financement : Direction des relations internationales de l'ORSTOM. Du 8 au 29 Mars 1998.

Mohamed Chikhaoui : IAV / élève Ingénieur Sciences du sol : Stage organisé en Tunisie sur les mesures expérimentales de suivi hydrologique d'un petit barrage, la gestion des données, traitement et exploitation. Financement IAV & ORSTOM (Hors financement DG XII). Du 7 au 29 Mai 1998.

Slah Nasri : Ingénieur de l'INGREF. Stage à Lund du 3/02/98 au 31/03/98

Prof. Mejjati Mohamed : (IAV / Professeur Agro pastoraliste).

Formation collective au Maroc assuré par Dr. F. Moreno sur le logiciel Microleis (Annexe X).

PRODUCTION SCIENTIFIQUE (DEPUIS LE DEBUT DU PROGRAMME)

A ce jour, la production scientifique d'Hydromed peut se résumer comme suit :

- Huit articles soumis ou publiés dans des revues internationales de rang A
- Dix huit communications dans des congrès, colloques et séminaires, dont quatorze seront publiées dans des actes avec comité de lecture et trois n'ont fait l'objet que de communications orales.
- Deux notes techniques d'intérêt général (Equipe ORSTOM).
- Six mémoires de fin d'études, DEA, MASTER, 5^{ème} ou 6^{ème} Année d'école d'ingénieurs. Dont 2 étudiants de Suède, 3 des pays méditerranéens et 1 du Bénin.
- 14 rapports divers.
- 1 Poster.

Publications dans des revues de rang :

ALBERGEL J. & REJEB N. (1997) : Les lacs collinaires en Tunisie : Enjeux, contraintes et perspectives. Cr. Acad. Agric. Fr., 1997, pp. 77-88. Séance du 19 Mars 1997. Note présentée par J. ALBERGEL. Discussion pp. 101-104.

PERSSON, M. (1997) : Soil solution electrical conductivity measurements under transient conditions using time domain reflectometry. Soil. Sci. Soc. Am. J. (in press).

PERSSON, M., & R. BERNDTSSON, (1997) : Soil texture effects on temperature dependency for measurements with TDR, Soil Sci. Soc. Amer. J., (accepted).

PERSSON, M., & R. BERNDTSSON, (1997) : Solute transport in an undisturbed soil column using TDR and a convective transfer function model, J. Hydrol., (revised).

PERSSON, M., & R. BERNDTSSON. (1997) : Soil texture and electrical conductivity effects on temperature dependency of TDR measurements. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* (submitted).

PERSSON, M., (1997) : Soil solution electrical conductivity measurements under transient conditions using time domain reflectometry, *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, (in press).

SELMİ, S., (1998) : Quels leviers de développement dans les zones collinaires du Centre-Ouest tunisien. In. *Géographie et Développement (Revue de l'association des géographes tunisiens)*, Dix-septième année, Numéro 14, pp. 119-133.

SELMİ, S., SAI, M.B. (1998) : La gestion collective de l'eau d'irrigation en Tunisie : Particularités des AIC des oasis. In. *Sécheresse n° 2*, vol. 9, juin 1998.

Ouvrages, thèses :

RAHAINGOMANANA N., (1998) Caractérisation géochimique des lacs collinaires de la Tunisie semi-aride et régulation géochimique du phosphore. Thèse de doctorat en Hydrologie, Université Montpellier I, 311 p.

Publication dans des actes de séminaires soumis à comité de lecture :

ALBERGEL J., CLAUDE J. (1997) : Small dams in the dry Mediterranean area : Stakes, constraints and prospects. In *Water in the Mediterranean. Collaborative Euro-Mediterranean Research : State of the art, results and future priorities.* Istanbul, 25-29 Nov. 1997.

ALBERGEL J., HABAIEB H., EL FALEH J., RAHAINGOMANANA N. (1997) : Qualité des eaux dans les lacs tunisiens. Enjeu d'un développement durable de la petite hydraulique dans le semi-aride. In *Water resources and irrigation water management. Int. Conf. On Water management, salinity and pollution control towards sustainable irrigation in the Mediterranean region. Vol. III « Water resources and irrigation water management ».* AIIA, WWC, CIHEAM/MAI-B. 22-26 Sept 1997, Bari. Pp. 55-63.

ALBERGEL J., SMAOUI M., HABAIEB H., NASRI S. (1997) : Analyse des régimes hydrologiques des rivières et torrents non pérennes à partir d'observations sur les retenues artificielles. Exemple du semi-aride tunisien. V^{ème} assemblée scientifique de l'AISH de Rabat.

HABAIEB H., LARBI A, ALBERGEL J. (1997) : Reconstitution des crues. Application au Lac d'EL GOUAZINE. Les Journées Scientifiques de l'INGREF : Collecte, stockage et valorisation des eaux de ruissellement en agriculture pluviale. IRESA, SERST, UE, CIHEAM, ORSTOM, GTZ. Monastir, 25-27 Mars 1997

MERZOUK A. and DHMAN H. (1997) : Shifting land use and its implication on sediment yield in the Rif mountains (Morocco). *ISCO, Post Conference Book. 9th conference in Bonn Germany (in press)*

NASRI S., ALBERGEL J. (1997) : Hydrological Survey on hill reservoirs in the semi-arid Tunisia. In *Water in the Mediterranean. Collaborative Euro-Mediterranean Research : State of the art, results and future priorities.* Istanbul, 25-29 Nov. 1997.

NASRI S., ALBERGEL J., SMAOUI M., HABAIEB H. (1997) : Hydrologie des lacs collinaires en Tunisie. Les Journées Scientifiques de l'INGREF : Collecte, stockage et valorisation des eaux de ruissellement en agriculture pluviale. IRESA, SERST, UE, CIHEAM, ORSTOM, GTZ. Monastir, 25-27 Mars 1997

ONIBON H., ALBERGEL J., BARGAOUI, PEPIN Y. (1997) : Modélisation des transports solides sur les bassins versants des lacs collinaires. Les Journées Scientifiques de l'INGREF : Collecte, stockage et valorisation des eaux de ruissellement en agriculture pluviale. IRESA, SERST, UE, CIHEAM, ORSTOM, GTZ. Monastir, 25-27 Mars 1997

RAGAB R., AUSTIN B.N., ALBERGEL J. (1997) : Hydrology of semi-arid Mediterranean catchments with hill reservoirs : an overview and some preliminary results from a Tunisian catchments. In Water in the Mediterranean. Collaborative Euro-Mediterranean Research : State of the art, results and future priorities. Istanbul, 25-29 Nov. 1997.

RAGAB R., SENE K., AUSTIN B. (1997) : A decision support system for hill reservoirs in the semi-arid zone of the Mediterranean periphery, EGS meeting in Vienna, Austria, April 21-25, 1997

RAHAINGOMANANA N. (1997) : Qualité de l'eau des lacs collinaires de la Tunisie Centrale. Les Journées Scientifiques de l'INGREF : Collecte, stockage et valorisation des eaux de ruissellement en agriculture pluviale. IRESA, SERST, UE, CIHEAM, ORSTOM, GTZ. Monastir, 25-27 Mars 1997

SELMY S. (1997) : Interventions de l'Etat en milieu rural et réactions des collectivités locales face à la gestion d'une ressource rare. Les lacs collinaires dans le semi-aride tunisien (Résumé de thèse en 10 pages). In Bulletin du Réseau Erosion n° 17, juillet 1997, pp. 176-185.

SELMY S. (1997) : Une méthodologie d'évaluation des lacs collinaires. In. Les journées scientifiques de l'INGREF - Collecte, stockage et valorisation des eaux de ruissellement en agriculture pluviale. Monastir, 25-27 mars 1997.

SELMY S., ALBERGEL J., NASRI S. (1997) : Quelques outils de gestion pour une allocation optimale d'une ressource aléatoire : l'eau des lacs collinaires en Tunisie. In. Séminaire International « Agriculture et Développement Durable en Méditerranée. Montpellier, 10 - 12 mars 1997. AGROPOLIS INTERNATIONAL.

SELMY S., AUCLAIR L., ZEKRI S. (1997) : Evolution de la politique de conservation des ressources naturelles et de lutte anti-érosive en Tunisie. In Troisième Séminaire de Géographie. Université des Lettres (Tunis I). Faculté des Lettres de Manouba. Département de Géographie, 10-12 avril 1997.

SELMY S. (1997) : L'accumulation du capital humain : un déterminant essentiel des stratégies familiales d'exploitation des lacs collinaires en Tunisie semi-aride. Accepté pour présentation aux VI journées démographiques de l'ORSTOM : régulations démographiques et environnement. Paris, 22-24 septembre 1997.

SELMY S. , SAI B. (1997) : La gestion collective de l'eau d'irrigation en Tunisie : particularités des AIC des Oasis. In Mutation des sociétés rurales et développement durable dans les pays de la rive Sud de la Méditerranée. Centenaire de l'INAT. Tunis. 15-16 Décembre.

Notes techniques :

ALBERGEL J., GUIGUEN N., PEPIN Y. (1997) : Comment faire le suivi hydrologique d'un petit barrage ? ORSTOM. Note technique.

PEPIN Y. (1996) : Méthode utilisée pour les mesures de l'envasement d'un lac collinaire en Tunisie. CES / Ministère de l'Agriculture. ORSTOM. Note technique.

Mémoires d'étudiants :

EL FATEH S. : Suivi des lacs collinaires dans le semi-aride tunisien. Projet de fin d'étude, ENIT. Tunis, juillet 1997.

LAMRANI O. : Estimation des Qmax pour l'étude d'exécution de lacs collinaires. Projet de fin d'étude, 3ème année génie civil ENIT. Tunis, juillet 1997.

LARBI A. : Analyse temporelle et spatiale des pluies mensuelles. Application à la gestion des lacs collinaires. Mémoire de fin d'étude du cycle de spécialisation, INAT. Tunis, novembre 1997.

MOUELHI I. : Etude comparative des formules empiriques d'estimation des apports liquides et solides ainsi que les débits de crues (cas de la dorsale tunisienne). Mémoire d'ingénieur, filière hydraulique et aménagement, ESIER. Medjez El Bab, Juin 1997.

ONIBON H. G. : Analyse statistique de l'envasement des lacs collinaires à partir des caractéristiques géomorphologiques. DEA de modélisation en hydraulique et environnement de ENIT. Tunis, juillet 1997.

PALMQUIST O. & TULLBERG O. : A experimental study of pollutant transport and erosion susceptibility in Tunisia. A study with rainfall simulation and dye in the M'Richet El Anse catchments. Master of Science thesis, Minor Field Study. Lund , 1997. (Suède).

Rapports :

BERNDTSSON R. (1997) : Progress report on activities carried out between November 1996 and April 1997. LUND.

BERNDTSSON R. (1997) : Progress report on activities carried out between May 1997 and December 1997. LUND.

GUIGUEN N. & LOUATI M.B.Y (1997) : Rapport de mission au Maroc. 3-10 Novembre 1997. ORSTOM IAV.

HYDROMED (1997) : Compte rendu de la première réunion de coordination.

HYDROMED (1997) : Hydronews 1 & Hydronews 2

HYDROMED (1997) : Premier rapport d'avancement.

HYDROMED (1997) : Second rapport d'avancement.

KARA DAMOUR S. & MISKI A. F. (1997) : Small dams and hill reservoirs in Syria. ACSAD.

MANSOURI T. : Etat d'avancement des travaux de recherche. Période du 1/1/97 au 30/10/97 ORSTOM, Université de Tunis II.

MERZOUK A., ABDELLAOUI B., RACHIDA H., MEJJATI A.M. (1997) : Hydromed Maroc. Site pilote n°1 : Barrage Saboun. IAV.

ORSTOM INGREF (1997) : Hydromed Tunisie. Rapport d'avancement. Mai 1997. ORSTOM-INGREF.

PEPIN Y. & LOUATI M.B.Y (1997) : Equipement des sites pilotes syriens. Rapport de mission en Syrie. Du 27 novembre au 4 décembre 1997. ORSTOM - ACSAD.

RAGAB R. & AUSTIN B. (1997) : Hydrology of semi-arid Mediterranean catchments with hill reservoirs. IH.

RAGAB R. & AUSTIN B. (1997) : Progress report on activities carried out between November 1996 and April 1997. IH.

SELMi S. & NASRI S (1997) : Synthèse préliminaire sur les lacs collinaires de Tunisie. INGREF-ORSTOM Tunis

ROOSE E. (1997) : Protection des terres et gestion du ruissellement à l'amont d'un lac collinaire en zone méditerranéenne semi-aride. Etude Bibliographique pour le projet Hydromed. ORSTOM Montpellier.

Posters :

LARBI-MESSAI A., ALBERGEL J., HABAIEB H., PEPIN Y., SLIMANI M. (1997) : Analyse Spatio-temporelle des pluies dans la Tunisie des lacs Collinaires. Centenaire de l'INAT, séminaire ressources naturelles, Tunis, 11-13 novembre 1997.

CONCLUSION

Les échéances du contrat sont respectées malgré les difficultés financières rencontrées. La coordination et l'ensemble des partenaires ont du convaincre leurs institutions pour obtenir des avances financières indispensables au bon déroulement des opérations .

La première thèse labellisée Hydromed a été soutenue le 3 juin 98 à l'Université de Montpellier II par Mlle Nathalie Rahaingomanana.

Hydromed conserve sa qualité de catalyseur pour obtenir des financements complémentaires. Un atelier expert qui se tiendra à la fin du mois de Juin à Lund a pu être organisé. L'université de Lund a pris à sa charge les frais de formation à Lund du professeur Mejjati. La direction des relations extérieures de l'ORSTOM a pris en charge la formation en Tunisie de trois chercheurs syriens. Elle a également offert un contrat d'emploi d'un an à Salah Selmi qui fait suite au contrat Post Doc financé l'an dernier sur le contrat Hydromed.

Lors de la réunion de Damas, l'ACSAD a demandé très fortement la poursuite du partenariat scientifique après Hydromed. L'ACSAD a saisi officiellement ces partenaires pour monter un projet plus précis sur les échanges "lacs de petits barrages" et "nappes d'eau souterraines".

La production scientifique conserve un rythme honorable. Plusieurs projets de co-publication sont en cours. Dans chaque institut des projets d'accueil de stagiaires pour la période d'été 1998 sont planifiés.

Ce troisième rapport contractuel est envoyé par E-Mail à tous les partenaires et à la commission européenne DG XII. Il sera fourni dans sa forme définitive dès que les fonds du premier remboursement seront disponibles pour réaliser le tirage.

ANNEXE 1 : RAPPORT DE LA 2^{EME} REUNION DE CONCERTATION

ANNEXE 2 : RAPPORT DE MISSION AU MAROC DE FELIX MORENO

ANNEXE 3 : RAPPORT DE MISSION AU MAROC DE ERIC ROOSE ET GEORGES DE NONI

ANNEXE 4 : SITUATION DU BARRAGE DE SYNDIANE ET USAGE DE L'EAU, PAR SALAH SELMI

ANNEXE 5 : ETUDE DE L'EROSION SUR LES IMPLUVIUMS DES LACS COLLINAIRES DANS LE PROGRAMME HYDROMED. PROPOSITIONS DE RECHERCHES PAR JEAN COLLINET

ANNEXE 6 : RECHERCHE EN AGRO-CLIMATOLOGIE SUR L'UTILISATION DE L'EAU DES LACS COLLINAIRES DANS LE PROGRAMME HYDROMED. JEAN VACHER & RAUDHA MOUGOU

ANNEXE 7 : ATELIER DE LUND

ANNEXE 8 : RAPPORT DE STAGE A LUND DE SLAH NASRI

ANNEXE 9 : RESUME DE LA THESE DE NATHALIE RAHAINGOMANANA

ANNEXE 10 : RAPPORT DE MISSION EN SYRIE ET AU LIBAN DE RAGAB RAGAB

Le coordinateur d'Hydromed

Jean ALBERGEL



ANNEXE 1 : RAPPORT DE LA 2^{ÈME} REUNION DE CONCERTATION

Objectifs

Les principaux objectifs de cette deuxième réunion consistent à :

- mettre à jour les états d'avancement des différents partenaires,
- étudier les difficultés et trouver des solutions pour l'avancement du programme,
- faire le point sur les synthèses préliminaires des lacs et barrages collinaires par pays,
- visiter les sites expérimentaux et pilotes de la Syrie.

Programme

La réunion qui s'est déroulée sur quatre jours, du 20 au 24 Avril 1998 s'est divisée en deux journées de travaux en salle dans les locaux de l'ACSAD, et deux journées de visite sur le terrain. L'ensemble de la réunion a été organisée par l'ACSAD (partenaire invitant) et l'ORSTOM (Coordinateur).

Lundi 20 avril : Réunion Hydromed à l'Acsad, présidée par Jean Khoury et Jean Albergel. Sont présents : la délégation de Tunisie (Ingref, CES, Orstom), du Liban (Ministère des ressources Hydrauliques et Ministère de l'Agriculture), de la Syrie (Acsad, Ministère de l'Hydraulique), du Royaume-Uni (Institute of Hydrology), de la Suède (Université de Lund), soit une trentaine de personnes. L'équipe de l'IAV Hassan II du Maroc n'a pas pu se joindre à cette réunion. L'ordre du jour est constitué par les thèmes : point des actions menées depuis un an et demi et principaux résultats, problèmes budgétaires, discussions sur la présentation des rapports d'étape. Chaque partenaire fait une présentation suivie d'une discussion.

Dr Jean Khouri propose dans son discours d'ouverture la publication d'un ouvrage de référence sur les lacs collinaires de la Méditerranée (en Anglais) et engage les participants à réfléchir dès à présent à l'après Hydromed. Il considère la coopération engagée très fructueuse mais malheureusement trop liée à un accord contractuel. Parmi les thèmes qu'il propose pour l'avenir, il insiste sur l'importance de développer la thématique : recharge des aquifères à partir des petits barrages.

Dr Droubi, dans son exposé sur l'état d'avancement de la recherche à l'ACSAD, a insisté sur la démarche suivie pour le choix des deux sites pilotes : Syndiané et Tell Kalah. Ces deux sites sont jugés représentatifs de 40 barrages sélectionnés parmi une totalité de 100 en Syrie. Les deux barrages de caractéristiques techniques (capacité et bassin versant) et hydrologiques assez semblables se situent dans la même Mohafazat de Homs. Il a présenté la synthèse préliminaire sur les barrages de Syrie et les dispositifs expérimentaux installés (lourd à Syndiané et léger à Tell Kalah). Il a rendu compte du stage effectué par les ingénieurs syriens à l'ORSTOM Tunis.

Dr Jaber Bassam et Dr Saad Foued (Liban) ont exposé les problématiques de recherches sur leur site pilote, barrage de Kawachra :

- Gestion des stations de pompage,
- Etude des aspects socio-économiques de la gestion multi-usages de la ressource (irrigation, eau potable, tourisme, pêche) très abondante dans un milieu où la pluviométrie annuelle dépasse les 1000 mm,
- Etude de l'hydrologie des petits bassins versants et la nécessité d'élaborer des bilans d'eau au niveau du barrage.

Les questions d'une mise en place pratique d'une recherche pluridisciplinaire autour du barrage de Kawachra choisi au Liban sont évoquées : coordination entre les partenaires libanais, difficultés de mobiliser des chercheurs, besoin en formation. Le second volet de recherche

intéressant le ministère des ressources hydrauliques est l'étude des sites favorables pour installer des petits barrages dans les collines et montagnes bordant la plaine de la Békaa. Dr Ragab de l'IH s'est rendu après la réunion en Syrie pour proposer un plan d'actions en partenariat au Liban. Dr. Job qui prendra ses fonctions de coordinateur du Centre de l'Eau à l'Université St Joseph à Beyrouth, étudiera la possibilité d'actions communes avec Hydromed.

La délégation tunisienne était composée par des chercheurs de l'INGREF, Mmes Bahri A., hydrologue et Mougou R., agronome et M. Nasri S., hydrologue. Le Directeur de la Direction de la CES du ministère de l'agriculture, M. Habib Farhat et son directeur des études Mohamed Boufaroua étaient invités à cette réunion. Slah Nasri, de retour d'un stage de formation à Lund au Suède, a essentiellement parlé de sa méthodologie de travail et de son projet de thèse sur le site d'El Gouazine. Cette présentation, devant un public d'hydrologues, a suscité une discussion importante portant essentiellement sur des orientations et des conseils pour bien asseoir la problématique de recherche. Me Mougou a fait le point sur les travaux entrepris en Agro-Météorologie et a présenté les perspectives de recherche dans ce domaine (Cf. annexe 6).

L'état d'avancement de la recherche du programme Hydromed en Tunisie a été présenté pour les volets hydrologiques et pédologiques Dr Albergel. Dr Selmi a fait le point sur la démarche suivie concernant l'étude des usages de la ressource et la gestion sociale de l'eau autour des lacs collinaires en Tunisie. Les résultats hydrologiques et socio-économiques ont été débattus dans la discussion.

L'état d'avancement des travaux au Maroc a été brièvement rapporté par le coordinateur, J. ALBERGEL : choix et équipement du site, différentes missions au Maroc de l'ORSTOM et de l'IRNASE. Les collègues Marocains n'ont pu être présents à cette réunion, le Prof Mejjati suivait un cours de formation à l'université de Lund, des responsabilités d'enseignement obligeaient Prof Merzouk à être au Maroc. Dr. Roose de l'ORSTOM a été également empêché. Seul le professeur Moreno, collaborant directement avec l'IAV avait pu être présent.

Mardi 21 avril : Cette seconde journée a été réservée à des exposés thématiques et méthodologiques.

- utilisation de la TDR pour mesurer la rétention en eau des sols par Ronny Berndtson (Université de Lund),
- simulation de pluie et détermination de la macroporosité, étude des transferts d'eau et de polluants par P. Somogyi.
- présentation des modèles utilisés par l'IH (Ragab Ragab),
- problèmes généraux de physique du sol par Felix Moreno (IRNASE),
- résultats statistiques et modélisation par Jean Albergel (Orstom-Tunis)
- climatologie par Mme Mougou (Ingref).

La communication du Dr Ragab Ragab suscite une longue discussion entre les participants de Tunisie (CES et Ingref) et l'IH sur l'utilisation des données climatologiques tunisiennes par l'IH. Clôture de ces deux journées par une invitation à déjeuner de Nouri Rohoumah, Directeur Général adjoint de l'Acsad.

Résultats de ces deux journées, enseignements à tirer :

1. Les études socio-économiques menées par Dr Selmi en Tunisie sont les seules du genre dans Hydromed; elles devront être poursuivies en Syrie et au Liban par ce même chercheur, seul socio-économiste du projet. Son statut précaire, Post Doc financé par le programme en 1997 et Allocataire de l'ORSTOM en 1998, fait planer un risque d'arrêt de ce volet. Le retard dans le remboursement nous a fait différer les missions de Dr Selmi. La coordination voudrait attirer l'attention de la commission et des partenaires sur le risque de ne pas pouvoir mener à bien les études dans ce volet. Les embauches envisagées en début de projet n'ont

pas été réalisées. La participation des agro-économistes de l'INGREF ou de la CES en Tunisie pourrait se renforcer.

2. Le niveau de connaissance et de compétence sur les lacs collinaires était très différents d'une équipe à l'autre au début de ce projet. Nous connaissions au départ l'avance qu'avait l'équipe CES/Ingref/Orstom dans ce domaine. L'important effort de formation soutenue par l'ORSTOM et l'Université de Lund sur des financements extérieurs au projet permet une homogénéisation de ces niveaux.
3. Le projet Hydromed, dans l'ensemble est très bien perçu et se déroule bien. Les lacs ont une grande diversité d'usages, même si le Lac de Kawachra (Liban) semble un peu difficile à étudier pour le moment par manque de chercheur permanent sur place.
4. Le problème d'échanges de données qui restait récurrent d'une rencontre à l'autre, surtout en ce qui concerne l'utilisation des données de base dans les modèles de l'IH, doit trouver une solution.

Tournée de terrain (Damas - Palmyre - Homs -Syndiané - Hama - Damas, soit 700 km)

Mercredi 22 avril : Départ de Damas par la route de Bagdad (l'ancienne route de la laine des temps babyloniens). Abdallah Droubi fait les commentaires sur l'hydrogéologie de cette région étudiée pour l'Acsad en 1976. J. O Job donne quelques repères historiques et des explications sur la gestion du milieu. On traverse la zone de nomadisme la plus importante pour la Syrie (entre 100 et 200 mm de pluviométrie), qui est aussi une des plus anciennes du monde (travaux de Cauvin et al., à El Kom).

Visite de deux lacs collinaires servant à l'abreuvement des moutons Awassi et chèvres Black Head Soudanese (Palmyre est une région de grand nomadisme) et d'un barrage romain envasé mais en parfait état. Visite guidée des ruines de Palmyre. Le système d'adduction d'eau de la ville, enterré sur une dizaine de kilomètres, est très intéressant.

Deux lacs collinaires sont en construction : un pour l'alimentation en eau potable de la ville et des installations touristiques qui se multiplient depuis deux ans, l'autre pour l'abreuvement du bétail. Nuit passée à Palmyre.

Judi 23 avril : visite du Lac de Syndiané dans la trouée d'Homs à proximité du Bec de Canard, enclave libanaise. Le lac, 250 000 mètres cubes, est très bien situé dans un bassin encaissé et bien délimité. Les pluies de la nuit l'avaient rempli et le déversoir fonctionnait au moment de notre arrivée. L'eau sert essentiellement à l'irrigation (blé, maraîchage, figuiers). L'équipement a été très bien fait et le suivi est assuré par deux jeunes ingénieurs syriens du Ministère de l'Hydraulique, sous la direction d'Abdallah Droubi. Les données hydrologiques ont été récupérées et les mémoires des différentes centrales d'acquisition remises à zéro.

Une étude de la gestion de l'eau, du choix des cultures irriguées en fonction du développement économique de la région en pleine mutation apparaît du plus grand intérêt sur ce site, car les résultats sont extrapolables. Dr Selmi réalise une pré-enquête.

Visite du Crac des Chevalliers et des Norias d'Hama qui sont des systèmes d'élévation de l'eau pour l'irrigation très originaux qui fonctionnent depuis le quatrième siècle (Mosaïque d'Apamée).

Arrivée à Damas à la tombée de la nuit.

Dernier rendez-vous avec Jean Khouri, responsable de la division des eaux de l'Acsad à l'hôtel.

La liste des participants à cette réunion est donnée ci-dessous.

Tous les participants saisissent l'opportunité de ce compte rendu pour remercier la Direction Générale de l'ACSAD et l'équipe Hydromed Syrie pour l'excellent accueil. La coordination d'Hydromed tiens à féliciter l'ACSAD et particulièrement sa division « Ressources en eau » pour

la parfaite organisation de cette importante réunion. Dr Jean Khouri et Dr Abdallah Droubi ont accompli un excellent travail qui a permis de dépasser l'objectif de faire le point sur le projet en cours. Cette réunion a été l'occasion d'échanges très fructueux sur le plan scientifique, de découvrir des sites exceptionnels d'un pays riche en histoire et berceau des civilisations.

Nom	Adresse	Tel:	Fax:	E-Mail
JABER Bassam	Exploitation Directorate, Ministry of Water Resources and Electricity, Beyrouth, Liban	961-1-565001 /565002 /565666	00 961-1-565555	ministry@hydroelectric.gov.lb
JAAFAR Hassan	Environmental Department, Ministry of Water Resources and Electricity, Beyrouth, Liban	961-1-565071	00 961-1-565555	ministry@hydroelectric.gov.lb
SAAD Foued	Ministry of Agriculture, P.O. Box : 14/6213, Beyrouth, Liban	961-1-455605		
HUSSEIN Raafat	Irrigation and Water Resources Directorate, Ministry of Irrigation, Damascus, Syrie			
AL-KHAYAT Suheir	Hydrology Department, Directorate of Dams, Ministry of Irrigation, P.O. Box: 4451, Damascus, Syrie	963-11-3111258		
AL-SOUKI Mohammad	Hydrology Department, Directorate of Dams, Ministry of Irrigation, P.O. Box: 4451, Damascus, Syrie	963-11-3111258		
FARHAT Habib	D/CES, Ministère de l'Agriculture, 30 rue Alain Savary, 1002 Tunis, Tunisie	216-1-800294 /786833	216-1-891516	
BOUFAROUA Mohamed	D/CES, Ministère de l'Agriculture, 30 rue Alain Savary, 1002 Tunis, Tunisie	216-1-800294 /786833	216-1-891516	
BAHRI Akiça	INGREF, BP 10, 2080 Ariana, Tunisie	216-1-719630	216-1-717951	
MOUGOU Raoudha	INGREF, BP 10, 2080 Ariana, Tunisie	216-1-719630	216-1-717951	
NASRI Slah	INGREF, BP 10, 2080 Ariana, Tunisie	216-1-719630 /709033	216-1-717951	
KHOURI Jean	ACSAD, Water Resources division, PO Box 2440, Damas, Syrie	963-11-5323087 /5923039	963-11-5323063	ruacsad@rusys.eg.net
DROUBI Abdallah	ACSAD, Water Resources division, PO Box 2440, Damas, Syrie	963-11-5323087 /5923039	963-11-5323063	
OUBEISI Moustafa	ACSAD, Water Resources division, PO Box 2440, Damas, Syrie	963-11-5323087 /5923039	963-11-5323063	
IBRAHIM Yasser	ACSAD, Water Resources division, PO Box 2440, Damas, Syrie	963-11-5323087 /5923039	963-11-5323063	
RAGAB Ragab	Institute of Hydrology Wallingford OX108BB, U.K.	44-01491-838800	44-01491-692424	r.ragab@rwl.ac.uk
CLAUDE Jacques	ORSTOM Tunis, BP 434, 1004 Tunis El Menzah, Tunisie	216-1-750009	216-1-750254	jacques.claude@orstom.intl.tn
ALBERGEL Jean	ORSTOM Tunis, BP 434, 1004 Tunis El Menzah, Tunisie	216-1-750009	216-1-750254	jean.albergel@orstom.intl.tn
SELMY Salah	ORSTOM Tunis, BP 434, 1004 Tunis El Menzah, Tunisie	216-1-750009	216-1-750254	jean.albergel@orstom.intl.tn (à l'attention de Selmi)
JOB Jean Olivier	ORSTOM Mexico, A.P. 225-3, 35071 Gomez-Palacio, Mexique	52-17-145919		jojjob@lagnet.com.mx
MORENO Felix	IRNASE (CSIC), PO Box 1052, 41080 Sevilla, Espagne	34-95-4624711	34-95-4624002	fmoreno@irnase.csic.es
BERNDTSSON Ronny	Dep. Water Res. Engineering Lund University, P.O. 118, 5-221 00 Lund, Suède	46-46-2228986	46-46-222 44 35	ronny.berndtsson@tvrl.lth.se
PERSSON Magnus	Dep. Water Res. Engineering Lund University, P.O. 118, 5-221 00 Lund, Suède	46-46-2228998	46-46-222 44 35	magnus.persson@tvrl.lth.se
SOMOGYI Pernilla	Dep. Water Res. Engineering Lund University, P.O. 118, 5-221 00 Lund, Suède	46-46-2228972	46-46-222 44 35	pernilla.somogyi@tvrl.lth.se

ANNEXE 2 : RAPPORT DE MISSION AU MAROC DE FELIX MORENO

HYDROMED - Project

Mission Report: March 1998

Second working visit to the Department of Soil Science of the Institut Agronomique et Veterinaire Hassan II. Rabat, Morocco, 13-18 March 1998.

This visit was carried out by Dr. F. Moreno and Prof. D. de la Rosa from the Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla (IRNAS - CSIC) during the period from 13 to 18 of March 1998. The main tasks carried out in the joint work with Prof. A. Merzouk and his group were the following:

1) Meeting at the Laboratory of Soil Physics and Soil Conservation, LCSE

- During this whole day meeting both groups presented the current work on their specific tasks in the HYDROMED Project and the joint experiments to be carried out in next working visits.
- Introduction to MicroLEIS 4.1 (Integrated System for Land Datatransfer & Agro-ecological Land Evaluation) developed by Prof. de la Rosa. It was also presented the site Web in Internet to make more effective and easy the joint work of both groups on the application of this system to the experimental area in Morocco.

2) Seminar on the current works of IRNAS Land Evaluation Unit

Through this seminar Prof. de la Rosa presented a summary of the current works developed by the IRNAS Land Evaluation team. Special interest was given to the MicroLEIS project: rural resources databases (Soil, Climate, Crop/Management), land quality prediction (land capability, land suitability and yield prediction models) and land vulnerability assessment (soil erosion and soil contamination risks prediction models).

The seminar participants asked mainly about the possibilities of using these databases and models in the Morocco environmental conditions. These possibilities are actually very high because MicroLEIS system has been developed for the Mediterranean conditions.

3) Software demonstration of MicroLEIS system

As a continuation of the previous seminar, a software demonstration was carried out in order to present directly on the computer all the facilities of MicroLEIS package.

SDBm soil database and CDBm climate database were viewed by using the soil profile descriptions and meteorological datasets facilitated as examples into the software.

Pro&Eco and Ero&Con land evaluation models were applied for some hypothetical situations. Many concept and application questions were formulated during this first approximation to MicroLEIS system.

4) View of the working version of ImpelERO model

About the going on ImpelERO project, funded by the EU, a software working version was also presented. This expert-system/neural-network model to predict the agricultural soil erosion risk, can be also used to estimate the impact of soil loss on crop productivity, along with to accommodate the management practices to soil erosion.

Also, ImpelERO model presents high applicability to be used in the agricultural lands of Morocco, and with special reference to the Tangier experimental area.

5) Seminar for the presentation of measurement of soil hydraulic properties using the tension-disc infiltrometer

This seminar was carried out to introduce the tension-disc infiltrometer technique for the measurement in situ of the soil hydraulic properties that are needed to know and describe the processes of infiltration, water balance, solute transport and erosion in the experimental area. In this seminar, the theoretical principles and practical application of the technique were discussed. This is a robust technique easy to use with low time and labour requirements. Results that are obtained with this device provide with a high information content on soil hydraulic properties.

The second part of this seminar was dedicated to experimental measurements on the field using the tension-disc infiltrometer. During these experiments both practical and theoretical aspects were discussed with our colleagues of the group of Prof. Merzouk.

6) Training activities

Ph.D. and undergraduate students of the Soil Physics and Soil Conservation Laboratory were actively participating in the seminars and experimental demonstrations. This was to satisfy the training purpose of young scientists included in the objectives of HYDROMED Project. These activities provide the students, specially to Ph.D. students, with the most advanced methodology used by the colleagues of Morocco and by ourselves.

7) Visit to the selected experimental area: Saboun in the region of Tangier.

A detailed visit to the experimental area was carried out on March 17. Our colleagues from the LCSE showed us the experimental site at Saboun reservoir. During this visit we have known in detail the whole instrumentation installed to follow the systematic measurement of several parameters. We have also discussed about the soils of the experimental area and the land use, existing data and data needed to use MicroLEIS system and other models. The characterisation of the hydraulic properties of these soils and water status will be the object of next joint measurements using the tension-disc infiltrometer and TDR (time domain reflectometry).

With the existing data it is now possible to start the application of several modules of MicroLEIS and the ImpelERO model in order to evaluate the best use of the soils of the area and the erosion risks. The results of this application can be easily analysed by both groups using the version installed in Internet that allows a intense interaction between us.

8) Future development and joint experiments

Application process, including sensitivity and validation analysis of the shown computerised tools for land resource survey, evaluation and management in the Tangier experimental area. Measurement of soil hydraulic properties and water status in the experimental area.

We are very grateful to Prof. Merzouk and his group for the wonderful co-operation and the hospitality during our stay in the LCSE.

ANNEXE 3 : RAPPORT DE MISSION AU MAROC DE GEORGES DE NONI ET ERIC ROOSE

MISSION AU MAROC (23/02 au 6/03)

G. De Noni et E. Roose

1) Objectif de la mission

Première reconnaissance du bassin versant de " Saboun " (site pilote du programme Hydromed au Maroc) et de l'érosion des sols en amont de la digue ; Echange d'informations avec l'équipe marocaine partenaire (Institut Agronomique Vétérinaire - Rabat).

2) Calendrier et Déroulement de la mission

- **23/02/1998** : Voyage Montpellier - Paris - Casablanca - Rabat,

- **24/02/1998** : réunion de travail et préparation de la mission au Département de Physique des Sols de l'IAV dirigé par A. Merzouk qui est également le coordinateur du projet Hydromed au Maroc. Outre ce dernier, sont présents à la réunion les membres de l'équipe de l'IAV qui participent à Hydromed : M. Mejjati (pastoraliste), Rachida Houssa (Géologie/Téledétection) et 2 étudiants se spécialisant en hydrologie, M. Chikhaoui et A. Benyounez. Sont présents également en tant que partenaires associés : M. Sabir de l'Ecole Nationale Forestière d'Ingénieur (ENFI) et A. Boukil, Responsable de la Direction régionale des eaux et des forêts du Nord.

- **25/02** : Départ pour la province du Tangérois, au Nord du pays, où se trouve le bassin de Saboun. Le matin, le trajet entre Rabat-Larache est effectué dans la voiture personnelle de A. Boukil. C'est l'occasion de traverser une partie de la grande forêt de la Mamora et d'observer la dégradation progressive des boisements de chêne liège. Puis, nous pénétrons dans la plaine littorale au modelé formé de larges ondulations, d'amplitude régulière, correspondant à la succession de dunes anciennes, aux sols sableux rouges, et de points bas, aux sols noirs de type vertique, portant de petits lacs temporaires ("dayas") en saison humide. Pour pouvoir rejoindre Tétouan, la ville étape, nous quittons cette plaine et entrons progressivement dans le domaine rifain : grosses collines de flysch blanc du pré-Rif puis, plus haut (>1000-1500 m), corniches puissantes du Rif Occidental taillées dans les grès numidiens. Puis nous rejoignons, pour le reste de la journée, l'équipe de l'IAV et un groupe d'une vingtaine d'étudiants et tous ensemble, nous visitons longuement le grand barrage "Hachef" qui alimente Tanger en eau potable. Le soir, nous arrivons à Tétouan où nous logerons durant toute la mission car, selon le partenaire, il est très difficile de se loger sur le site même de Saboun. Néanmoins, le temps de trajet entre Tetouan et Saboun est d'1 heure soit 2 heures/jour ce qui s'avérera rapidement contraignant et fatiguant après plusieurs jours de mission.

- **26/02** : Visite du barrage Smir (avec équipe IAV + étudiants) qui, comme Hachef, est un énorme barrage retenant plus de 40 millions de m³ d'eau qui servent essentiellement à l'alimentation en eau potable de la ville de Tetouan. La situation de cet ouvrage met en lumière un certain dysfonctionnement dans les relations amont-aval. La construction du barrage a privé les agriculteurs des meilleures terres de la vallée, aujourd'hui sous les eaux. Ceux-ci se retrouvent laissés à eux-mêmes et refoulés sur des terres moins fertiles et plus sensibles à

l'érosion. Ils ne participent pas à la vie des urbains à l'aval alors que l'amont contribue de façon vitale à l'existence de l'aval en fournissant l'eau potable.

La journée se poursuit par la visite d'un transect à l'est de Tétouan, dans les premiers contreforts du Rif, où l'on observe, selon les cas, la vigueur de l'érosion sur les parcelles de cultures non aménagées mais aussi l'efficacité de quelques terrasses traditionnelles ; cette journée se termine par la visite d'une station de mesures de l'érosion formées de plusieurs parcelles de ruissellement de 100 m² de surface, installées et suivies par A. Boukil et son équipe.

- **27/02** : première reconnaissance du bassin versant et du barrage de Saboun, toujours accompagnés par l'équipe de l'IAV et le groupe d'étudiants. Ce bassin, d'une surface de 700 ha, est barré par une digue de terre construite en 1990/91. Son volume est de l'ordre de 1,1 millions de m³ ce qui permet d'irriguer environ 300 ha et d'alimenter le bétail en eau. L'équipe de A. Merzouk avec l'assistance technique des hydrologues de l'Orstom en Tunisie (MM. Guiguen et Louati) ont installé une station automatique de mesure du bilan hydrique en fin novembre 97.

Dans l'après-midi, l'équipe de l'IAV et le groupe d'étudiants retournent à Rabat, quant à nous nous retournons à Tétouan.

- **28/02 et 1/03** : Le reste de l'équipe étant retourné à Rabat et nous trouvant sans véhicule A. Boukil se met gentiment et très efficacement à notre disposition pour nous faire visiter la région de Tétouan et le bassin de l'oued Ouergha où il projette de réaliser sa thèse. Le milieu, qui semble très fragile (fortes pentes + pression humaine dense), montre les traces d'une forte érosion linéaire des sols. Rigoles et ravines, ainsi que les bad lands, sont des formes courantes dans les champs cultivés. Le matorral, formation arbustive protégeant assez bien le sol contre l'érosion, a considérablement diminué de surface à cause de l'extension des cultures et du surpâturage ovin. Durant cette visite, nous avons pu apprécier l'existence de techniques de DRS sur plusieurs versants cultivés. Ces techniques semblent en général peu entretenues et sont même détruites localement, signe qu'elles sont mal acceptées par les paysans. C'est le cas par exemple des banquettes de diversion du projet DERO (Développement Rural du Rif Occidental) que nous avons pu observer dans la région de Chefchaouen. Le tracé des banquettes est ponctué par de nombreux glissements et on constate que le cheptel ovin divague librement sur les aménagements et accélère ainsi leur dégradation.

Hors des champs, se pose aussi le problème des oueds et de la lutte contre les sapements des berges et des versants, en particulier lors de la période des crues majeures de décembre à avril. La technique utilisée est celle des gabions, sur les sites visités leur efficacité est néanmoins contestable à cause de : i) l'absence de dissipateur au pied de l'ouvrage, ii) l'ancrage latéral des gabions qui n'est pas assez élevé sur les berges de l'Oued.

Enfin, les talus de routes non aménagés et les très nombreux chemins de bétail induisent également une érosion forte.

- **2/03** : reconnaissance à pied du bassin versant de Saboun et description de 3 fosses pédologiques (1,2 m de profondeur) correspondant aux 3 principales unités morpho-pédo. (haut de versant, partie médiane et bas de versant). Globalement, les sols ne sont que peu différenciés, ils sont argileux et de type vertique. En surface et compte tenu de la saison, les sols sont bien couverts (à plus de 80% par une jachère pâturée selon nos mesures), fermés et croûtés (> 70%), et fissurés sur 10 cm de profondeur environ (10 à 15%). Dans l'ensemble, les pentes sont peu prononcées comparativement à la topographie de montagne du Rif occidental et à ce que nous avons pu observer, par exemple, dans la région de Chefchaouen. En général, les pentes sont comprises entre 0/5% et 15/20%, elles sont localement plus fortes (25-30%) sur la colline qui porte le village de Daimous.

La présence de quelques ravines (d'ordre métrique et à fond plat) montre la susceptibilité de certains secteurs de versant à l'érosion linéaire. Néanmoins, ces secteurs sont très localisés et correspondent à des versants où la pente dépasse 15% sur quelque dizaines de mètres de longueur. Autre phénomène particulier, la présence de quelques ravines dans les secteurs bas du bassin sur des pentes inférieures à 5%. Leur tracé, qui est systématiquement discontinue et

ponctué par des vasques circulaires de 40 cm de diamètre et de profondeur, semble indiquer une origine liée à des phénomènes de suffosion (2 échantillons ont été prélevés pour tenter de préciser cette origine).

- **3 et 4/03** : Mesures d'infiltration sur le site de Saboun en utilisant un irrigateur manuel de 5 litres sur une petite parcelle expérimentale de 1,6 de long par 0,6 de large. Les essais réalisés confirment les observations préalables réalisées dans les fosses pédologiques sur la forte susceptibilité de ces sols à la battance des pluies. En effet, une pluie de 50mm suffit pour fermer les fissures, ensuite l'infiltration est très limitée, la pluie d'imbibition étant estimée à 5 mm. En parallèle, A. Merzouk et son équipe, qui connaissent bien l'étude des états de surface, ont procédé à divers réglages sur un simulateur de pluie de leur conception. A cause du fort vent régnant durant ces journées, ils n'ont pas pu réaliser de mesures ce qui aurait été fort instructif pour comparer avec les résultats issus de l'irrigateur. En parallèle, l'équipe partenaire a pu suivre et participer à l'utilisation de l'irrigateur et se former aussi aux méthodes permettant d'évaluer les états de surface et la rugosité du sol.

Retour à Rabat de toute l'équipe dans l'après-midi du 4/03.

- **5/03** : Réunion de synthèse avec MM. Merzouk, Sabir et l'équipe de l'IAV. Présentation de 2 conférences devant les étudiants et le personnel de l'IAV : G. De Noni sur l'érosion dans les montagnes des régions chaudes et E. Roose sur l'histoire des stratégies de lutte antiérosive.

- **6/03** : voyage retour Rabat-Casablanca-Paris-Montpellier.

3) Commentaires et Conclusions.

==> **Sur le partenaire** : Le département des sols de l'IAV, dirigé avec compétence par A. Merzouk, est une structure solide et de qualité. Les partenaires associés, M. Sabir de l'Enfi et A. Boukil, Responsable des eaux et des forêts du Nord, sont également motivés et expérimentés. Nos relations ont été excellentes durant cette mission et nos échanges très fructueux. En parallèle à l'étude du bassin Saboun, ont été évoquées les possibilités : i) de co-encadrer le travail de thèse de A. Boukil sur l'oued Ouergha, ii) de lancer avec l'appui de l'Aupelf et en intégrant les équipes du Maroc, d'Algérie et de Tunisie, un manuel pratique de lutte contre l'érosion sur la rive Sud de la Méditerranée ;

==> **sur le bassin pilote de Saboun** : il est rarement possible de choisir un site, à plus forte raison lorsqu'il s'agit d'un site unique, qui satisfasse l'ensemble des intérêts scientifiques recherchés par les uns et les autres. Le Saboun est un bassin très homogène du point de vue sol, pente, couverture végétale et convient très bien à des mesures hydrologiques et à leurs interprétations.

Nous concernant compte tenu de cette homogénéité et du savoir-faire du partenaire par ailleurs, il nous semble que notre collaboration risquerait d'être sous-utilisée si nous cantonnons notre action au seul bassin de Saboun. Une approche agro-pédologique et géographique, dépassant les limites physiques du bassin Saboun, permettrait de prendre en compte le cas de quelques terroirs représentatifs du Rif occidental et de mieux préciser ainsi, dans le cadre de la problématique "barrages collinaires", les déterminants essentiels de l'érosion des sols dans le Rif et le savoir-faire ou les contraintes des populations dans le domaine de la lutte antiérosive.

ANNEXE 4 : SITUATION DU BARRAGE DE SYNDIANE ET USAGE DE L'EAU, PAR SALAH SELMI

RAPPORT SUR LE LAC SYNDIANE

Salah SELMI

Les barrages ayant moins de 25 mètres de hauteur de digue dont le lac de Syndiané, sont gérés par le Ministère de l'irrigation. Cent soixante lacs sont actuellement répertoriés, ils s'étendent de la région humide avec 1500 mm de pluie annuelle à la région sèche inférieure à 100 mm (Pépin & Louati, 1997). Le lac de Syndiané est construit en 1967 par l'Etat. Il est situé dans la région de HOMS avec une pluviométrie annuelle moyenne de l'ordre de 600 à 650 mm.

Le lac de Syndiané a un bassin versant de 340 ha. Il est situé dans le grand bassin versant de la rivière ASSI qui prend origine dans les montagnes voisines du Liban. La capacité du lac est de 360000 mètres cubes d'eau.

LES USAGES DE L'EAU

Depuis sa création en 1967, le lac de Syndiané ne s'est asséché qu'une seule fois en 1990. On distingue trois types d'usage de l'eau : l'approvisionnement en poisson d'eau douce de la population locale, l'abreuvement des cheptels d'ovins et de bovins et l'irrigation par gravité d'une superficie à l'aval de la digue de l'ordre de 30 ha.

L'approvisionnement en poisson d'eau douce de la population locale

La majorité des lacs de la région de HOMS ne s'assèchent pas. Pour au moins cette raison la retenue du lac de Syndiané est utilisée comme un site d'élevage des poissons d'eau douce servant à l'approvisionnement de la population. La pêche au filet avec bateau est très pratiquée dans la région.

L'abreuvement du bétail

Un millier de têtes d'ovins et de caprins et une centaine de vaches appartenant à la population locale s'approvisionnent quotidiennement en eau du lac. En été, le lac de Syndiané est très fréquenté par les troupeaux d'ovins de transhumance, leur effectif peut atteindre selon les années et les périodes de passage 5000 à 10000 ovins - caprins et 1000 têtes bovines.

L'usage agricole de l'eau

Actuellement 300 « dhounim¹ », soit 30 hectares, sont irrigués par gravité à partir du lac. Le maïs « jaune » et le soja occupent la plus grande superficie irriguée en été (25 à 28 ha). Les autres cultures pratiquées sont la tomate, la pomme de terre et l'oignon, il s'agit de très petites planches où la totalité de la production est destinée à l'autoconsommation. En hiver, on cultive essentiellement le blé. Au cours des années sèches, on pratique une irrigation de complément des céréales.

La préparation du terrain et le labour sont effectués à l'aide du tracteur. La moisson du blé et du maïs est manuelle. La main d'œuvre familiale est composée essentiellement de femmes. En effet, la majorité des exploitants sont des fonctionnaires ou exerçant d'autres activités (commerce, transport, etc.).

¹ 1 Dhounim, unité locale de mesure de la superficie, correspond à 1000 mètres carrés soit 0.1 ha

La superficie irriguée est actuellement partagée entre les habitants très proches du lac, ceux du « Kariat » Syndiané, et les exploitants du « Kariat » waybada située à 5 km à l'aval de la digue du lac (tableau suivant). La superficie irriguée par exploitation varie de 0.1 ha à 1.5 ha.

Kariat (petit village)	Situation p/p au lac	Superficie irriguée	Nombre d'exploitants directs	Nombre d'exploitants indirects dits « bawatlis »
Syndiané	100 m	12 ha	14	5
Waybada	3 à 5 Km	18 ha	15	12
Dhahbia	2 Km	0	0	0

L'irrigation s'effectue par gravité. Le réseau d'irrigation partant de la vanne de vidange est constitué de deux canaux. Celui, à gauche, a été construit en ciment en 1987 sur une longueur de presque 5 kilomètres. Le deuxième canal, à droite, est construit en terre et son longueur est de 3 kilomètres.

Il existe une association de gestion de l'eau appelée coopérative de l'eau. Son président est originaire du Kariat Waybada. Cette coopérative est assez formelle et son rôle est très limité. La distribution de l'eau se fait par demande auprès du gardien qui habite à côté du lac. A la veille ou le matin très tôt, l'agriculteur demandeur de l'eau s'adresse au gardien et s'entend avec lui sur le nombre d'heures d'irrigation.

Selon le gardien, premier responsable de la distribution de l'eau, il n'existe pas de conflits d'usages de l'eau. Le système du tour d'eau est pratiqué en été quand la demande est forte.

La taxe annuelle sur l'irrigation est fixée par l'Etat (année 1997) à 276 liras syriennes par dhounim soit l'équivalent de 61 \$ US par hectare.

ANNEXE 5 : ETUDE DE L'EROSION SUR LES IMPLUVIUMS DES LACS COLLINAIRES DANS LE PROGRAMME HYDROMED. PROPOSITIONS DE RECHERCHES PAR JEAN COLLINET

PROJET DE RECHERCHES SUR LES COMPORTEMENTS HYDRODYNAMIQUES ET EROSIFS DES IMPLUVIUMS DES LACS COLLINAIRES

**Jean Collinet, pédologue ORSTOM
d'après un CR de mission de décembre 1997**

Dans le cadre du programme HYDROMED (Lacs collinaires dans la zone semi-aride du pourtour de la Méditerranée), il est prévu de renforcer les actions de recherches sur les comportements hydrodynamiques et érosifs des versants commandant les lacs collinaires. Ce renforcement passe par les opérations suivantes:

- identification et éventuellement retraitement du fond documentaire existant sur les données environnementales utiles au projet,
- étude des comportements hydro- et agropédologiques, avec deux volets:
 - éléments pour une gestion conservatoire des écosystèmes et agrosystèmes en amont des retenues,
 - éléments pour une gestion conservatoire des agrosystèmes périphériques et en aval des retenues,
- comparaison des situations nationales et régionales pour conforter une typologie des retenues collinaires.
- encadrement et formation.

1) Fond documentaire

Cette opération est permanente mais elle ne peut être prioritaire compte tenu du volume des autres opérations à réaliser (notamment 2.1 et 2.2), elle doit permettre de trouver de l'information chez les différentes instances tunisiennes, voire en France, et de la retraiter pour dégager des connaissances dans les domaines utiles suivants:

- *inventaire des sols aux grandes échelles compatibles avec les superficies des bassins versants représentatifs (# 300 à 2000ha) commandant les retenues collinaires actuellement installées.* Cette opération est largement engagée avec le travail d'un collègue pédologue déjà en poste et la collaboration d'étudiants-chercheurs tunisiens, le nouvel accent est mis sur une présentation géoréférenciable accessible aux SIG pour « dynamiser ces cartes de sols »,
- *érosion et ruissellement sur parcelles recevant des pluies naturelles et sous pluies simulées.* La Tunisie fut un centre important d'activités sur la dynamique actuelle des sols, thèmes ORSTOM animés à l'époque par Audry, Roose, Humbell avec les appuis des chercheurs et étudiants-chercheurs tunisiens de cette époque. Il y a toujours des informations intéressantes à extraire d'une relecture des anciens travaux de Delhoume (Djebel Semmama 1975-1980), de Pontanier, Zante, Fersi, Vieillefon (Citerne Telman, Djebel Dissa, 1972-1981), voire de Delhumeau, Susini dans le nord (O.Sidi Ben Nasseur, 1973-1981) et de documents plus récents de H.Camus, Bergaoui Mohamed (BV de Tebaga, 1978-1993), de M.Kaabia (parcelles de Goubellat, 1987-1990), de Ali Hamza (synthèse Tunisie, 1993), Bergaoui

Mohamed et Ziada Khalifa (Oued El Koudgi, 1975 et 1981-1987), liste bien évidemment non exhaustive. On peut espérer que les données plus récentes obtenues, vers les années 1990 et ultérieurement, sous simulateur de pluies sont également encore disponibles.

- tous autres documents sur la *géomorphologie*, l'*agropédologie* concernant les potentialités et facteurs limitants des terres, l'*agronomie* sur les systèmes de culture et les facteurs de l'élaboration des rendements par type de culture sont également utiles pour l'opération de synthèse (4),

2) Comportements des terres agricoles

Cohérence avec les autres objectifs

Les implications pédologiques sont fortes dans les thèmes suivants:

- connaissance de la ressource en eau: impact des aménagements sur le cycle de l'eau, bilans hydrologiques et des matières transportées (cf. ci-après § 2.1.),
- connaissance de l'aménagement « lac collinaire »: fonctionnement technique et usages agricoles (actions "amonts" et "avals" des § 2.1. et 2.2.),
- représentation technique de fonctionnement et d'évaluation: contribution à toutes modélisations utiles (action du § 3.)

Problématique

Dans un fonctionnement idéalisé, une retenue collinaire doit:

- se remplir rapidement sans débordement et recevoir un flux continu compensant les usages et l'évaporation,
- recevoir une eau la moins chargée possible pour allonger sa durée de vie,
- recevoir une eau limpide mais aussi non ou peu salée, non ou peu alcaline pour permettre l'irrigation, l'abreuvement et éventuellement d'autres usages,
- permettre la recharge des aquifères alimentant la chaîne des puits disposés en aval de la retenue.

On conçoit que la satisfaction simultanée de toutes ces exigences est une gageure. On peut sinon la lever au moins agir sur certains paramètres pour tenter de construire un système durable.

Cette optimisation du système passe par la connaissance du fonctionnement des versants nus, cultivés, ou aménagés (& 2.1) et par celle des aménagements périphériques à la retenue et en sa partie aval (& 2.2).

Opérations à créer ou renforcer..

2.1. Gestion conservatoire des hydrosystèmes et agrosystèmes en amont des retenues

La visite des différentes retenues permet de dresser la liste des actions de recherches nécessaires pour traiter les questions liées à la genèse des ruissellements superficiels et à leurs transferts ainsi qu'aux mobilisations, transports et dépôts des sédiments sur les versants.

Les lieux de manifestation de ces processus sont différents aussi faut-il considérer simultanément différentes échelles d'analyses à l'intérieur desquelles ces processus peuvent ou non cumuler leurs effets:

- cadre géologique et géomorphologique du bassin versant,
- un lieu privilégiant les transferts = le versant
- une forme destructrice de transfert = le ravinement
- un lieu privilégiant la dynamique aux interfaces = le champ

Action: géologie et géomorphologie

Les faits

La dynamique actuelle des versants, donc des sols qui les occupent, est influencée par:

- *la dureté des roches*, l'érosion différentielles entre les calcaires et marno-calcaires durs et les marnes ou argilites plus tendres, pour ne citer que des extrêmes fréquents en bassin méditerranéen, déterminent une distribution entre des zones générant, en première hypothèse, des flux de ruissellement abondant mais peu chargés (Es Senaga amont) et des zones plus ou moins perméables mais générant des charges solides importantes (Fidh Ali).
- le *pendage des couches*: un pendage conforme donnera, sur les glacis dénudés, inclinés et plans une collecte quasi totale des pluies et des écoulements provenant de l'amont (Es Senaga amont); le pendage inverse d'un banc calcaire plus résistant forme une barre, ou au moins un replat, susceptible de "tempérer" écoulements et pertes en terres (rive droite de Kamech).
- *l'exposition des versants* semble être un paramètre intéressant à considérer pour l'agressivité des pluies, l'action du vent sur des matériaux superficiels liquéfiés, l'érosion éolienne sur matériaux secs non cohérents, le régime des températures pouvant augmenter le foisonnement des roches finement litées (Kamech, Fidh Ali).

Méthode, acteurs

L'influence de la géologie et de la géomorphologie sur les dynamiques hydriques et érosive des versants peut déjà être évaluée par une observation attentive des documents photographiques ou autres et par l'expérience du terrain. Une collaboration peut facilement s'établir avec nos collègues géomorphologues tunisiens qui devrait aller vers l'identification d'indicateurs géomorphologiques fiables.

Action: versant

Les faits

Le versant est le lieu de la génèse, du transfert, ou de l'infiltration des flux hydriques et solides. Ces processus adoptent des formes et des intensités diverses qu'il faut comprendre, voire prévenir par des aménagements adaptés. Il convient alors de suivre les performances de ces aménagements sur les bilans hydriques et érosifs. Il convient parfois d'imaginer d'autres méthodes mieux adaptées aux nouvelles politiques de gestion des eaux et des terres dans des bassins versants dotés de retenues collinaires et dont on espère alors d'autres comportements hydrodynamiques et érosifs que ceux qui en sont dépourvus.

Pour comprendre les intensités des manifestations des processus précédents il faut considérer les caractéristiques intrinsèques des contenus sols et couverts de chaque portion de versant et analyser leurs influences sur la dynamique générale du versant. Ceci revient à étudier:

- l'utilisations des terres, la dynamique des couverts végétaux (cultures annuelles, pérennes, jachères), la dynamique des états des surfaces,
- les aménagements mécaniques des versants (cf. liste assez exhaustive de Nourredine Ennabli, 1993) et leur efficacité dans un contexte morfo-agro-pédologique donné,

Méthode, acteurs

Pour l'identification des matériaux et de leur propriétés, la *cartographie pédologique* ne pose pas d'autres problèmes que le temps assez considérable qu'il faut y consacrer pour sortir une information devant aller, vu l'échelle de restitution souhaitable, au delà d'une *caractérisation taxonomique* relativement peu pertinente ici. Ce travail est largement avancé sur la plupart des bassins versants étudiés. La *connotation comportementale* des unités identifiées obtenue par les caractéristiques hydriques et hydrodynamiques, les stabilité des structures, voire les caractéristiques mécaniques des sols est ou sera obtenue par des analyses en laboratoire (infiltrométrie) et l'observation sur le terrain (humidimétrie TDR).

Il semble possible d'utiliser certains "tabias" (banquettes de terre ou de roches) *comme des parcelles de ruissellement et d'érosion*, pour évaluer des écoulements et des pertes en terres aux échelles des quelques dizaines à quelques centaines de mètres de longueur de versant. Les amonts des tabias, où eut lieu le prélèvement de terres nécessaires à leurs constructions, présentent souvent des cuvettes collectrices d'eau et de terres érodées, là, des nivellements

peuvent quantifier pertes en terre et volumes ruisselés pour des événements pluviométriques et diverses situations (pente, longueur, surface, sol, couvert, travail du sol).

Certaines portions de versants sur marnes sont le lieu de *mouvements de masse* (Kamech, peut-être Es Senaga en aval). Ces processus sont à suivre et à caractériser (creep, mouvements solides, solifluction) pour dresser, par secteur sensible, une prévision des risques réels à l'aide des caractéristiques topographiques, agronomiques, pédologiques et établir leurs relations avec les autres facteurs de risques.

Les levés et restitutions cartographiques, les comportements individuels des différentes facettes topographiques et leurs contenus agropédologiques peuvent être traités par les pédologues. Les hydrologues utiliseront ces informations dynamiques dans les modèles à discrétisation spatiale les plus adaptés pour articuler les différents comportements entr'eux et prévoir les flux liquides et solides de bas de versant.

Action: ravinement.

Les faits:

Tous les BV visités sont soumis, ou ont été soumis, au ravinement dans des proportions et intensités variables; en ce sens, le BV de Fidh Ali est quasiment un ravin aménagé.

Les ravines et ravins se forment par érosion régressive dans des matériaux facilement entaillables et recevant des flux hydriques à forte capacité abrasive. L'entaille se produit dans des zones de faiblesse des matériaux, par des flux hydriques possédant une capacité abrasive suffisante donc possédant généralement une vitesse suffisante et une charge solide initialement faible. Ces conditions sont classiquement réalisées dans bien des bassins sédimentaires méditerranéens. Dans le piedmont pentus des djebels se produit une canalisation des flux sur roches dures qui sont souvent des calcaires redressés. Cette canalisation se fait par une multitude de torrents souvent contrôlés par gabionnage et enrochement et déversant des eaux peu chargées sur le glacis amont soit encore calcaire et à pendage devenu conforme (Es Senaga), soit sur des bancs marneux et gypseux parfois consolidés par des intercalations de bancs calcaires plus ou moins épais. On peut alors distinguer deux cas de figures:

- si les *bancs marneux dominant*, on a un glacis de bad-lands en chaînons de collines allongées, régulièrement incisées tous les 20 à 40m par des ravines et ravins divergents et à profil en V assez ouvert,
- si ces *marnes sont "armées" par des intercalations calcaires* le profil des ravines puis des ravins est en U (Fidh Ali amont à moyen aval, Es Sanaga moyen aval).

Dans le *premier cas* les abrasions semblent surtout être le fait des ruissellements latéraux parcourant les berges d'où un profil en travers en V à branches convexes, le profil en long étant assez rectiligne. Dans le *second cas* l'abrasion, très hétérogène, se produit en fond de lit aux dépens des bancs marneux, le profil en long est alors en escalier, les ajustements de profil en travers du U se font par éboulements occasionnels des berges, et, sur marnes gypseuses, par des suffosions en tête de ravine.

Il arrive parfois que le réseau de ravines s'interrompe plus ou moins complètement en aval, avant le lit de l'oued principal. Cette interruption est due soit à des *raisons géologiques* (barre de calcaire redressée), *pédologique* (fort encroûtement CO₃--), soit à l'interposition d'une *bande végétalisée* (jachère, herbes) arrêtant assez efficacement les transferts de sédiments construisant un replat d'atterrissement (Kamech) mais s'opposant peu aux ruissellements et surtout, restituant en aval des flux hydriques ayant restauré une partie de leurs capacités abrasives.

Méthode, acteurs

Une *première étapes* est consacrée au relevé, au tracé et au suivi de la dynamique du réseau des ravines:

- pour le tracé: vues aériennes des ravins, relevé topographique des ravines qui sont les sites particuliers des études,
- pour la dynamique du réseau des ravins et ravines étudiées: utilisation des glossaires existant en géomorphologie ou simplifications adaptées à l'étude (systèmes actifs, en voie de "cicatrisation", cicatrisés végétalisés etc..). La comparaison de vues aérienne anciennes et

actuelles semble difficile du fait de l'impossibilité de survoler « civilement » les terrains. La possibilité de prises de vues par des caméras embarquées, sur divers "aéronefs" sera étudiée (spécialistes à l'ORSTOM).

La *seconde étape* consiste en une mesure des flux et abrasions sur ravines et ravins:

- l'installation de seuils de mesures du ruissellement et de l'érosion sur quelques portions du réseau n'est possible que si l'on dispose d'un lecteur sur place pouvant intervenir, sans risques, aux périodes ad'hoc...probabilité de réussite très faible; une mini-station limnigraphique est-elle alors installable?

Pour l'érosion liée au ravinement, on doit envisager autre chose: l'idée consiste à identifier, tout au long de ravines et ravins représentatifs, 5 à 10 sites de mesures sur des situations sensibles. A leurs niveaux, on relève de façon épisodique un nombre suffisant de profils en travers, le principe étant:

- (i) de déterminer des épaisseurs de terre enlevée sur les parois, ou de sédiments stockés sur les fonds,
- (ii) de répéter cette détermination de proche en proche pour accéder aux volumes sur une longueur de ravine permettant une représentation optimale des types de profils transversaux,
- (iii) de transformer ce volume en masses de terres mobilisées, via leurs masses spécifiques,
- (iv) de rapporter ces masses aux longueurs totales du réseau de ravines.

La géométrie des ravines constitue souvent un obstacle à toutes mesures par nivellement classique utilisant un porte-mire. Le télémètre laser, ou lasermètre, permet, par impact d'un rayon laser sur une paroi, un enregistrement discontinu et mémorisable (1000 points) des distances depuis un point fixe. Des relations trigonométriques simples permettent de calculer les épaisseurs retirées (ablation) ou ajoutées (dépôts) en connaissant, en plus des distances, les angles des visées et ceux des pentes des parois des ravins.

Action: champ

Les faits

Les champs, les jachères, les prairies et forêts sont des éléments influençant la dynamique actuelle des versants:

- par l'évolution des rotations au *moyen terme* (évolution du parcellaire sur plusieurs années) et au *court terme* (densité et structures interceptrices des cultures annuelles),
- par l'évolution des techniques culturales et des états des surfaces contrôlant les conductivités hydrauliques superficielles,

Enfin, sur le *long terme*, il sera intéressant de suivre les fertilités physiques (orientée vers la dynamique et la stabilité structurale), chimiques et biologiques. Ces suivis seront orientés sur la détection de seuils de risques de dégradation ou, c'est possible, sur des agradations.

Méthodes, acteurs

Les méthodes combinent observations et expérimentations au champ ainsi qu'une interprétation des données morphologiques et des analyses:

a) Hydrodynamique actuelle

La situation idéale consisterait à pouvoir utiliser la simulation de pluies sur des parcelles représentant les situations culturales essentielles du versant. Ceci n'est guère possible compte tenu du temps imparti, des moyens et des ressources humaines disponibles. Une *infiltrométrie simplifiée* est en cours d'application, les infiltrations préliminaires (P_i = pluie d'imbibition) semblent proches de ce que donne le simulateur de pluie. On doit par contre viser l'obtention de relations $R(I)$ ou $F(I)$ plus nombreuses pour valider cette méthode simplifiée. Une utilisation exceptionnelle conjointe d'un simulateur de pluie doit être envisagée pour valider les données fournies par cette méthode « simplifiée ».

Sur différents travaux du sol (*labours à plat*, billonnage etc..) les mobilisations initiales des terres peuvent être approchées par la méthode précédente mais il faudrait maîtriser l'énergie de pluies fournies par le dispositif simplifié, là encore les comparaisons expérimentales, envisagées précédemment, seront les bienvenues. Une validation des intensités de ruissellement et des charges solides par intensités de pluie permettront d'approcher, par les relations intensités du

ruissellement en fonction des intensités de pluies R(I) puis charges solides en fonction des intensités de ruissellement CS(R) de passer directement des caractéristiques des averses aux érosions.

Des observations simultanées, pour toutes situations culturales, des évolutions des rugosités à différentes périodes de l'année, à l'aide de la télémétrie laser permettra d'obtenir, moyennant la connaissance des masses spécifiques et quelques résolutions géométriques, les masses de terre mobilisées et érodées.

b) Hydrophysique des terres, identifications d'indicateurs comportementaux des terres cultivées permettant une utilisation régionale des informations stationnelles.

Les informations livrées par les cartes pédologiques doivent être ré-interprétées donc complétées pour les *capacités hydriques* des terres, ceci donnant accès, sur quelques transects représentatifs, au refus de ruissellement par types de sols et d'utilisation, on détermine alors:

- (i) la profondeur du matériau meuble limité en profondeur par un « plancher » non ou peu perméable, on considère comme matériau meuble certaines altérites sur marnes et argilite délitées pouvant participer au stockage et aux mouvements de l'eau,
- (ii) les teneurs en eau aux potentiels remarquables pour approcher les disponibilités et mouvements de ces eaux (action en cours),
- (iii) des mesures de masses spécifiques pour passer aux données volumiques et appréhender les stocks en fonction de la profondeur (action en cours).

2.2. Gestion conservatoire des hydrosystèmes et agrosystèmes en périphérie et en aval des retenues, usages de l'eau

En ce qui concerne l'usage de l'eau, certaines opérations de recherches concernant la qualité des eaux et le suivi des recharges de nappes, sont en cours. D'autres porteront sur une caractérisation hydrophysique des terres soumises à l'irrigation, elles seront menées en étroites collaboration avec des collègues agronomes selon une articulation d'actions non encore exactement arrêtées.

a) Les *caractéristiques hydrophysiques des terres irrigables* donneront la gamme d'eau utilisable par tranche et type de sol ce qui permet d'optimiser les doses d'irrigation par type de production, types de terre et dispositifs hydroagricoles. Cette optimisation utilise généralement les informations fournies par un bilan hydrique décadaire utilisant P, ETP, et les variations du stock hydrique. La plupart du temps, ce stock est évalué trop approximativement avec des caractéristiques pédologiques standardisées donc fausses dans le détail. Cette approximation qui porte moins à conséquence en région humide risque par contre d'être hautement préjudiciable en milieu sec. Il convient donc de calculer les lames d'eau utilisable en prenant en compte le volume réellement explorable par les racines et, pour les teneurs limites, en tenant compte des régulations opérées par les plantes pour des situations proches du stress hydrique.

b) Les *efficacités des différents dispositifs hydroagricoles* destinés à « forcer l'infiltration » en périphérie et en aval du PB pourront être testées avec quelques campagnes humidimétriques: culture à plat, mini tabias ou bourrelets de terre, casiers, billons simples, billons plus ou moins cloisonnés, terrassettes, cuvettes individuelles, fossés, cultures pures ou associées à de l'arboriculture généralement fruitière etc.

Pour les deux actions prévues précédemment et compte tenu de la précision souhaitée il devient primordial de s'assurer de la *stabilité des capacités des réservoirs hydriques* en fonction de l'humidité des sols surtout pour ceux suspectés de contenir des argiles gonflante. Une collaboration partielle, mais obligatoire, sera alors sollicitée auprès d'un spécialiste en rétractométrie des sols.

3) Synthèses nationales et régionales

Les opérations précédentes concourent toutes à la compréhension du fonctionnement hydro-et agropédologique de « lacs collinaires représentatifs ». Le traitement des informations dynamiques, qui seront les indicateurs jugés les plus pertinents, doit permettre d'étendre nos conclusions à un ensemble plus vaste par le biais d'une modélisation, pour aboutir, vraisemblablement, à des représentations géoréférencées utilisant donc des S I G. Le but est en effet de fournir aux utilisateurs par le biais de gestionnaires, des règles adaptées aux situations rencontrées localement. Cette opération, soutenue par les objectifs actuels, ne sera effective qu'en fin de programme.

4) Encadrement, formation

Dans les limites des obligations contractuelles, les actions et opérations précédentes peuvent générer des sujets de stage, des thèmes de thèse intéressants et utiles aux équipes travaillant dans le projet. D'ores et déjà certains thèmes ont été abordés, d'autres peuvent encore se dégager:

- performances hydriques de quelques tabias (caractérisation de la banquette, du versant de commandement, bilan pluie-ruissellement-infiltration, humidimétrie au travers du système, conclusion sur la modification des bilans et l'amélioration de la production), en cours..
- méthode de mesure des érosions sur versant en utilisant les tabias (caractérisation de la banquette, du versant de commandement, mobilisation initiale des terres pour différentes situations, transfert, dépôts, repérage des cycles de décantation, relation avec les évènements pluvio-érosifs),
- mobilisation initiale des terres cultivées en relation avec leurs stabilités structurales: mise au point d'observations et de tests de stabilités adaptés à une analyse comportementale intensive sur différentes couvertures d'un BV,
- dynamique du ravinement: aspect traité essentiellement sur le plan de la méthode,
- identification des indicateurs comportementaux des terres cultivées dans le cas de différents systèmes culturaux et dans le contexte des retenues collinaires, pertinence de ces indicateurs pour une cartographie dynamique régionale.

ANNEXE 6 : RECHERCHE EN AGRO-CLIMATOLOGIE SUR L'UTILISATION DE L'EAU DES LACS COLLINAIRES DANS LE PROGRAMME HYDROMED. JEAN VACHER & ME MOUGOU

Les recherches en agroclimatologie ² dans le programme Hydromed concernent les principaux thèmes scientifiques de la valorisation agricole de l'eau du lac collinaire et du fonctionnement hydrique du bassin versant.

1. La valorisation agricole de l'eau des lacs collinaires

L'utilisation agricole de l'eau est un des principaux objectifs de la mise en place des lacs collinaires en Tunisie. Cette utilisation présente cependant certaines difficultés de gestion face à la très grande variabilité spatiale et temporelle des ressources en eau, des besoins en eau des cultures et des choix des agriculteurs (irrigation estivale, irrigation de

² le sens que nous donnons ici à l'agroclimatologie est celui de l'étude des relations entre le fonctionnement des cultures et le climat ; il est plus générale que la définition habituelle de l'OMM

complément, installation d'arboriculture, etc.). L'étude de la valorisation agricole des lacs collinaires doit donc être le lieu d'une collaboration étroite entre les hydrologues, les agronomes, les bioclimatologues et les socio-économistes. A partir des données météorologiques de la zone d'étude sur plusieurs années, des bilans hydrologiques précis des lacs collinaires pilotes depuis 1994, de l'utilisation de modèles de remplissage des lacs et des modèles de simulation des bilans hydriques et de production des cultures, des données expérimentales sur la dynamique de l'évapotranspiration réelle et du développement de la plante en conditions de stress hydrique et thermique pour plusieurs cultures types et sur des sites contrastés de la zone d'étude et des résultats de l'analyse des systèmes de culture et des règles de décision des agriculteurs dans l'utilisation de l'eau nous essaierons de déterminer selon une approche fréquentielle différents scénarios pour une gestion agricole optimale des lacs collinaires.

Notre analyse sera progressive, nous considérerons successivement les systèmes de plus en plus complexes, depuis l'analyse régionale ou prédominant les variables climatiques à l'analyse du système climat-sol-plante-lac collinaire-paysan.

1.1. Analyse agroclimatique de la zone d'étude des lacs collinaires.

L'étude agroclimatique de la zone d'étude se base sur l'analyse fréquentielle des données décennales sur plus de 20 années des précipitations, des températures maximales et minimales et de l'évapotranspiration potentielle pour 8 stations météorologiques représentatives de la variabilité régionale du climat. Les stations choisies sont les suivantes: Thala, Kairouan, Siliana, Kasserine, Kelibia, Ousletia, Makthar et Sbeitla.

Pour la détermination de l'ETP nous utiliserons préférentiellement la formule de Penman-Monteith, (l'ETP correspond ici à l'évapotranspiration potentielle théorique d'un couvert végétal). Pour les formules d'estimation du bilan radiatif et pour les comparaisons des valeurs calculées avec les mesures faites sur des bacs à évaporation proches des lacs nous utiliserons les résultats des travaux réalisés en Tunisie. Nous avons déjà pu consulter une trentaine d'articles sur ce thème et nous devons participer avec des collègues bioclimatologues tunisiens à une synthèse bibliographique sur l'ETP en Tunisie.

A cette échelle régionale nous déterminerons des risques de sécheresse à partir des résultats d'une analyse fréquentielle des déficits hydriques. Les déficits hydriques seront estimés par décennie à partir d'un modèle agrométéorologique simple de simulation du bilan hydrique avec différentes réserves utiles pour le sol et un gazon comme culture de référence.

1.2. Consommation en eau et production des cultures dans des différents contextes climatiques de la région d'étude des lacs collinaires

Le climat était l'objet d'étude principale dans l'analyse précédente, nous orienteront notre étude à ce niveau vers le système climat-sol-plante.

LE MODELE STICS

Pour la détermination de la consommation en eau des cultures et de la production nous utiliserons le modèle STICS. Le modèle STICS est un modèle de simulation du

fonctionnement du système sol-plante-atmosphère au pas de temps journalier ou décadaire. Les principaux processus à l'origine de l'évolution du système, le bilan hydrique et le bilan de carbone sont mis en équations de façons simples. Ce modèle élaboré par l'INRA a été calibré pour de nombreuses cultures et pour des conditions de déficit hydrique en région méditerranéenne. Les concepteurs de ce modèle nous ont demandé de le tester pour des conditions de sécheresse marquée. Ce travail de validation se basera d'une part sur des expérimentations déjà réalisées en Tunisie et précisément décrites et sur des expérimentations que nous réaliserons sur 2 sites de la région d'étude.

CONSOMMATION EN EAU DES CULTURES ET RENDEMENT

Le modèle STICS sera utilisé pour déterminer pour différentes stations et différentes cultures (blé, tomate, pommiers, etc..) les relations entre les précipitations, les consommations en eau et le rendement agricole. Ces résultats nous permettront de calculer:

- les rendements correspondants à la variation temporelle et spatiale des précipitations (approche spatiale et fréquentielle),
- les conséquences de différents apports d'eau sur le rendement des cultures,
- les besoins en eau selon différents objectifs de production (rendement optimal, rendement avec 2/3 des besoins, etc..).

1.3. Valorisation agricole des potentialités des lacs collinaires

L'objet d'étude sera ici le système climat-sol-plante-ressources en eau.

Il s'agira ici de coupler un modèle de bilan hydrologique du lac avec un modèle des besoins en eau des cultures afin de pouvoir déterminer les potentialités agricoles du lac en terme de superficies irrigables tout le long de l'année agricole.

Différents scénarios de gestion de l'eau des lacs seront analysés en mettant en relation directe l'eau utilisée et la production agricole. L'échelle temps sera particulièrement prise en compte afin d'analyser les utilisations de l'eau selon une approche dynamique du bilan hydrologique du lac et des besoins en eau et de la production des cultures. Pour des ressources en eau d'un lac donné des superficies irrigables seront calculées et des rendements seront simulés, et inversement selon différents objectifs de production et de cultures des gestions de l'eau du lac et des volumes de lacs seront proposées.

Cette étude se réalisera sur quelques lacs pilotes et pour les années pour les quelles nous disposons des données hydrologiques et climatiques. Puis en couplant les modèles de remplissage des lacs avec les modèles d'utilisation de l'eau et de production agricole cette analyse pourra être reproduite sur les 20 dernières années et la gestion de l'eau abordée ainsi sous une approche fréquentielle.

Les résultats de cette étude pourront être utilisés dans le sens d'une gestion optimale des lacs collinaires pilotes mais aussi dans le sens d'une détermination d'un lac collinaire optimal pour une objectif agricole donné en tenant compte de l'échelle temps aux niveaux intra-annuel et inter-annuel.

1.4. Gestion paysanne des lacs collinaires

Le système privilégié pour cette étude sera le climat-sol-plante-ressource en eau-paysan.

La gestion de l'eau des lacs collinaires est abordée ici à l'échelle de l'exploitation agricole, lieu de décision des choix et de la superficie des cultures, des stratégies d'irrigation et de l'organisation de l'utilisation des ressources (matériel, main d'œuvre, etc..) compte tenu des contraintes données.

Une étude des systèmes de cultures et des systèmes de gestion de l'eau sera réalisée chez des agriculteurs pour quelques lacs collinaires. Les choix stratégiques des agriculteurs pour la gestion de l'eau seront analysés selon les ressources en eau, le contexte climatique, le contexte technico-économique et le contexte de l'exploitation agricole (superficie agricole, superficies irriguées et irrigables, matériel d'irrigation, main d'œuvre, etc..). Les facteurs déterminants de la gestion de l'eau pourront être identifiés et des scénarios de gestions probable et optimale déterminées. Pour cette étude nous travaillerons en étroite collaboration avec les chercheurs en agro-économie et nous essaierons d'adopter la démarche analytique utilisée pour l'élaboration des modèles de simulation de l'organisation de l'irrigation au niveau de l'exploitation agricole (modèle du type IRMA construit par les chercheurs de l'Inra).

La gestion agricole de l'eau possible et optimale des lacs collinaires sera simulée à ce niveau en terme de superficies irriguées et de rendement par exploitation agricole selon les différentes décisions actuelles et probables des agriculteurs.

2. L'apport de l'agroclimatologie à l'étude du fonctionnement hydrique du bassin-versant .

L'analyse, la caractérisation et la modélisation des transferts hydriques et solides à l'échelle de l'unité fonctionnelle du bassin-versant est une des principales thématiques de recherche du programme Hydromed et un lieu de convergence pluridisciplinaire entre l'hydrologie, l'agroclimatologie et la pédologie. Les études en agroclimatologie seront orientées d'une part vers l'analyse de la dynamique de l'occupation du sol au niveau du bassin dans variabilité inter-annuelle et intra-annuelle et vers l'estimation de l'évapotranspiration réelle ; ces études se feront en étroite relation avec les pédologues d'Hydromed.

Deux approches seront utilisées pour l'évaluation des transferts hydriques au niveau du bassin versant : (i) la simulation des bilans hydriques à partir de modèles simples à l'échelle de la parcelle et à partir de l'information spatialisée sur les principales caractéristiques de l'ensemble des parcelles du bassin-versant ; (ii) des expérimentations intensives pour déterminer précisément l'évapotranspiration et la croissance des cultures en conditions pluviales et sous irrigation et pour analyser les déterminismes hydriques et thermiques sur le développement et la production des cultures dans des zones où les références sont assez réduites.

Les expérimentations se réaliseront sur blé et sur une culture maraîchère irriguée estivales sur deux bassins-versant contrastés de la région d'étude, Kamech dans le Cap Bon et Essenega dans la région semi-aride de Sbeitla. Ces expérimentations comportent des mesures micro-météorologiques précises pour mesurer les transferts

hydriques et d'énergie à l'interface culture-atmosphère et des mesures de croissance et de développement au niveau de la plante. Ces expérimentations devraient être mises en place à l'automne 98 sur des cultures de blé.

Les premières tournées sur le terrain et les résultats des enquêtes agro-économiques ont souligné l'importance de l'arboriculture et en particulier de l'oléiculture dans l'utilisation de l'eau des lacs collinaires. La consommation en eau des arbres et en particulier de l'olivier en conditions semi-aride reste assez mal connue, des études sur ce thème devraient donc être entreprises. Celles-ci ne pourront se réaliser que dans le cadre d'un programme pluri-annuel englobant de nombreux chercheurs.

ANNEXE 7 : ATELIER DE LUND (RONNY BERNDTSSON)

The Department of Water Resources Engineering welcomes you to the international seminar on Rain water harvesting and management of small reservoirs in arid and semiarid areas, an expert meeting within the EU-INCO collaboration HYDROMED (Program for research on hill reservoirs in the semiarid zone of the Mediterranean periphery). The meeting emphasizes demonstration of analysis methods, simulation techniques, and software use within small-scale reservoir management. During and after presentations there will be optional software demonstrations.

Presentations will be made by HYDROMED collaborators as well as specially invited experts for state-of-art reviews. Received abstracts and papers will be distributed in a pre-proceeding volume. Final papers will be published in a seminar proceeding within the publication series of Lund University. Seminar language will be English.

Sponsoring organizations: ORSTOM/HYDROMED, Swedish International Development Cooperation Agency, Lund University.

Expert meeting Hydromed, Lund University, Lund, Sweden:

Rain water harvesting and management of small reservoirs in arid and semiarid areas.

Where: Grand Hotel in downtown area of Lund.

When: 29 June to 2 July, 1998.

Detailed schedule

Sunday 28 June : Arrival, small reception at Hotel Concordia 18:00-19:00.

Monday 29 June : Observation techniques, data storage and processing, GIS/remote sensing.

10:00 -10:15 Introduction (Dr. Ronny Berndtsson, LU, and Dr. Jean Albergel, ORSTOM).

10:15 -13:00 Data processing for small watersheds; Climatic, soil, agronomic, and socioeconomic data (chairman: Dr. Jean Albergel, ORSTOM)

Preliminary presentations:

- Land use transformation impact on reservoir siltation in Morocco: the need for better assessment tools, Dr. Abdelaziz Merzouk, IAV.
- Integrating soil profile and soil hydraulic properties data bases to be used in simulation models and land evaluation expert systems, Felix Moreno, D. de la Rosa, and J. E. Fernandez, IRNASE.
- Solute transport and soil water content in arid soils using time domain reflectometry, Dr. Magnus Persson, LU.

13:00 -14:00 Lunch

14:00 -17:00 Hydrological modeling of water quality and quantity, GIS information; Erosion evaluation and control (chairman: Dr. Jean Khouri, ACSAD).

Preliminary presentations:

- _____, Prof. Nicholas Jarvis, SLU.
- Small dams water balance: experimental conditions, data processing and modeling, Dr. Jean Albergel, ORSTOM.
- Water chemistry characteristics in small reservoirs of the semi arid Tunisia, Dr. Nathalie Rahaingomanana, ORSTOM.
- Detecting water quality through remote sensing, Dr. Chuqun Chen, CAS.

19:00- Dinner

21:00- Optional software demonstration.

Tuesday 30 June : Rainwater harvesting; infiltration techniques and modeling (chairman: Dr. Nejib Rejeb, INGRES).

09:00 -13:00 Rainfall and runoff relationships; Infiltration and erosion; Water quality aspects; Modeling; Collection and harvesting systems;

Preliminary presentations

- Microcatchment, macrocatchment, and flood water harvesting techniques applied in the Mediterranean, Prof. Dr. Dieter Prinz, KU.
- Studies of effects of Tabias using TDR, Dr. Patrick Zante, ORSTOM, and Mr. Slah Nasri, INGRES.
- Disinfection and fresh-keeping of rainwater in small scale cisterns, Prof. Kun Zhu and Dr. Chen Hui, LRI, Dr. Linus Jin and Dr. Ronny Berndtsson, LU.
- Modeling small dams' siltation with MUSLE, Dr. Jean Albergel, ORSTOM.

13:00 -14:00 Lunch

14:00 -17:00 Study visit to Lund University and round trip in Lund.

18:00 - Optional software demonstration

Wednesday 1 July : Reservoir planning, operation and management (chairman: Dr. Abdelaziz Merzouk, IAV).

09:00 -13:00 Rainfall-inflow relationships; Dam design and operation; Losses and uses; Surface-groundwater interactions; Modeling;

Preliminary presentations:

- Neural network methodology to simulate discharge, Dr. Cintia Uvo, LU.
- Groundwater recharge and modeling in an experimental catchment, Mr. Slah Nasri, INGRES.
- Modeling errors from data uncertainty, Mr. Jan Hoybye, LU,
- Water reservoir management in practice, Dr. Laszlo Iritz, LU,
- The FLAPS system for integrated planning and control of reservoirs, Dr. Linus Zhang, LU,

13:00 -14:00 Lunch

14:00 -17:00 Study visit to the Vomb water works and the Scania region.

18:00 - Optional software demonstration

Thursday 2 July : Study tour to Denmark and Copenhagen.

Abbreviations:

ACSAD: Arab Center for the Studies of Arid Zones and Dry Lands, Syria.
CAS: South China Sea Institute of Oceanography, Chinese Academy of Sciences, China
IAV: Institute for Agronomy and Veterinary Hassan II, Morocco.
INGREF: National Institute for Research on Rural Engineering, Water, and Forestry, Tunisia.
IRNASE: Institute for Natural Resources and Agrobiology, Spain.
KU: Karlsruhe University, Germany.
LRI: Lanzhou Railway Institute, China.
LU: Lund University, Sweden.
ORSTOM: French Institute for Scientific Research and Cooperative Development, France/Tunisia.
SLU: Swedish Agricultural University, Uppsala, Sweden.

ANNEXE 8 : RAPPORT DE STAGE A LUND DE SLAH NASRI

Suite à l'invitation du Département d'Ingénierie et des Ressources en eaux de l'Université de Lund en Suède pour assister à un cours sur l'hydrologie des bassins versants dont le programme se trouve en annexe 1, je suis parti à Lund le 03 février et je suis rentré le 31 mars 1998.

Le cours est organisé par le dit Département qui est notre partenaire dans le programme Hydromed « programme de recherche sur les lacs collinaires en zones méditerranéennes ».

Le cours est donné sous forme de conférences chaque mardi sur une thématique se rapportant à l'hydrologie des bassins versants, aux processus des écoulements, d'infiltration et d'évapotranspiration. Après la conférence chaque participant doit préparer un exposé sur un sujet donné par le conférencier et qui sera présenté la semaine d'après. Vous trouvez ci-joint les rapports des exposés que j'ai présenté concernant les cours que j'ai pu suivre pendant mon séjour à Lund.

Le contenu du cours était très intéressant dans la mesure que les thèmes traités coïncident parfaitement avec mon programme de recherche à l'INGREF sur les lacs collinaires. En effet j'ai eu l'occasion d'appliquer des modèles pluies-débits comme le HBRover conçu par le Département d'Ingénierie et des Ressources en eaux de l'Université de Lund. Vous trouvez en annexe2 une application de ce modèle. Ainsi que d'autres modèles utilisés fréquemment au Département comme le HBV-model, le Flaps, le Mike-SHE. De même j'ai eu l'occasion d'appliquer un modèle statistique qui utilise les fonctions de transfert pour calculer l'infiltration de l'eau dans le sol. Voir le rapport en annexe3. De plus j'ai fait un rapport sur les avantages des modèles numériques de terrain et leurs applications pour calculer les écoulements de surface. Voir rapport annexe 4. En fin j'ai fait une recherche bibliographique sur l'utilisation de l'équation de Penman-Montheith pour déterminer l'évapotranspiration.

J'ai aussi profité de mon séjour pour programmer les actions futures dans le cadre du programme Hydromed avec nos partenaires à Lund. En effet une visite de trois chercheurs est prévue en Tunisie pendant l'automne prochain (octobre-septembre) pour essayer d'utiliser la TDR sur le bassin versant El Gouazine et installer les équipements nécessaires pour suivre l'effet des banquettes sur la variation des écoulements.

ANNEXE 9 : THESE DE NATHALIE RAHAINGOMANANA

Caractérisation géochimique des lacs collinaires de la Tunisie semi-aride et régulation géochimique du phosphore. Thèse de doctorat en Hydrologie, Université Montpellier I, 311 p.

Dans le cadre d'une stratégie décennale (1990-2000) de mobilisation des ressources en eau, la Tunisie a entrepris la création d'un millier de lacs collinaires qui se situeront pour moitié en zone semi-aride. Ce travail évalue la qualité de la ressource pour l'usage agricole et analyse les mécanismes de régulation géochimique du phosphore qui peuvent déterminer l'évolution trophique des milieux.

L'étude de 24 lacs collinaires en zone semi-aride durant deux années hydrologiques contrastées a permis d'apprécier la variabilité de la salinité en relation avec les bassins versants et les conditions hydrologiques. Les salinités mesurées satisfont généralement aux divers usages. Trois groupes géochimiques sont identifiés en période d'apports. Les eaux sulfatées-calciques caractérisent les retenues situées dans les bassins versants du Zéroud et du Merguellil. Ces eaux sont les plus chargées en sels et l'augmentation de la salinité par évaporation peut limiter les usages en irrigation. Les eaux à dominante bicarbonatée-calcique, surtout observées dans les sous-bassins versants de la Medjerda, sont bien plus diluées et présentent moins de contraintes. Deux retenues situées au Cap Bon se singularisent par des eaux peu chargées mais à dominante chlorurée-sodique.

L'étude de la structure verticale des lacs montre l'existence de stratifications thermiques estivales dans les retenues les plus profondes, et dans le cas d'une transparence réduite. Les teneurs en Chl a sont souvent inférieures à $10 \mu\text{g.l}^{-1}$ mais les macrophytes se développent dans les eaux limpides. Les eaux sont sous-saturées ou à l'équilibre par rapport à l'hydroxyapatite, mais la précipitation du phosphore dissous ajouté expérimentalement dans les eaux de Fidh Ben Ali semble dépendre de la formation du phosphate tricalcique amorphe. Le rôle des sédiments dans la régulation du phosphore est étudié dans les retenues de Fidh Ben Ali, M'Richet el Anze et Es Seghir. Les teneurs en phosphore total des sédiments analysés vont de 0,4 à $1,9 \text{ mg P.g}^{-1} \text{ sec}$ et la fraction P~CaCO₃ prédomine (250 à $800 \mu\text{g P.g}^{-1} \text{ sec}$). La fraction P~FeOOH est globalement plus importante dans les sédiments les plus riches en FeOOH. La capacité d'adsorption des sédiments n'est toutefois pas directement liée à la quantité de FeOOH, elle pourrait dépendre du degré de cristallisation de ces composés.

ANNEXE 10 : RAPPORT DE MISSION EN SYRIE ET AU LIBAN DE RAGAB RAGAB

Short report on the visit to surface water reservoirs in Syria and Lebanon.

A visit to the surface water reservoirs in Syria and Lebanon took place during my visit to ACSAD, Damascus between April 13 and April 23, 1998. Two sites near Homs province in Syria and another site near Baalback in Lebanon were visited.

Syria

The water reservoir in the Syndiany site (~ 200Km from Damascus): The dam has been built in 1967. It has been reported that, the topographic map of the of the area has been produced, scales for water level measurements are installed in several sections of the lake, spillway restored and provided with scale and a automatic weather station has been installed. All instruments are in a good working condition. The Class A Pan is in place and its water level is recorded manually. Temperature, Rainfall and water level in

the lake are recorded automatically. There is agricultural activity around the lake. The irrigation water is supplied via pipe under the dam leads to an open channels to the surrounding fields. There is no recording system to the amount of water being released from the lake for irrigation purpose.

Using the software produced by ORSTOM on the initial data sets coming in from the lake indicated that the measurements are recorded properly. However the software needs to be adapted by ORSTOM (has been done already) to produce hourly values. There are daily values of Rainfall, Evaporation, Storage and spillway discharge from January 1998 onwards. Some scattered monthly (discontinuous) data / information on water level , storage, spillway (On or Off condition) since 1972 are also available.

Missing data / information include:

Vegetation cover, irrigation frequency and amount, siltation rate. Past meteorological data is available from the authority and need to be acquired.

The water reservoir in the Talklach Site: this site is near to the Syndiany site : The lake is still in a good condition however, there is no automatic recording system. There is a spillway and scales around and manual measurements of temperature, rainfall and water level is taking place. There is no Class A pan or any instrument to measure the evaporation rate. There is agricultural activity surrounding the lake. Irrigation water is possibly recorded (not so sure). The lake needs automatic recording system as the one installed in the Syndiany. The present data collection is taking place under another Governmental Organization but ACSAD can acquire these data. In addition to the hourly values of flows, rainfall, water levels and the topographic data, the lake is missing the same sort of data/information mentioned for the Syndiany.

Lebanon

The lake is almost double the size of the lake at the Syndiany site. The lake has been built in the Sixties but was put out of action following the civil war. The lake is not in a good condition, the pumping station of the lake is out of order, the spillway is not in a working condition, no data collection is taking place, the past data is held by water authority but we need to know where and how to acquire them. The lake is in need for some clearance /cleaning before it is put into action again. There is interest from the locals to make it working to provide the community with water for irrigation, fishing and tourism activities.

Acknowledgment

Engineer Yasser Ibrahim of ACSAD was in charge of the field visits in Syria and Lebanon. Engineer Josef Botros Director of the water authority in El-qoubeiat, Baalback, Lebanon accompanied us in Lebanon. The hospitality of ACSAD, their friendly and cordial attitude and cooperation are highly appreciated. The efforts of Eng. Josef Botros and his hospitality in Lebanon are sincerely appreciated.