



Sixième rapport d'avancement  
Hydromed  
ERBIC 18 CT 960091



Institut de recherche  
pour le développement



I.A.V HASSAN II



Institute of  
Hydrology



ACŞAD



CSIC

Tunis, Février 2000

# Sixième rapport d'avancement Hydromed ERBIC 18 CT 960091

## Sommaire

INTRODUCTION .....	2
ACTION 1 : SYNTHÈSE PRÉLIMINAIRE ET CHOIX DES SITES PILOTES.....	2
ACTION 2 : EAU - SOL - ENVIRONNEMENT .....	2
ACTION 3 : AGRO-ÉCONOMIE - GESTION SOCIALE DE L'EAU ET DE L'ÉROSION.....	4
ACTION 4 : PÉRENNITÉ ET INTÉGRATION DU LAC COLLINAIRE.....	4
ACTION DE COORDINATION .....	4
RÉUNION DE CONCERTATION DE RABAT DU 3 AU 5 DÉCEMBRE 99.....	4
RÉDACTION DES RAPPORTS CONTRACTUELS.....	6
ACTION DE FORMATION .....	6
PRODUCTION SCIENTIFIQUE (DEPUIS LE DÉBUT DU PROGRAMME).....	6
CONCLUSION .....	16
ANNEXE 1 : RAPPORT D'AVANCEMENT DE L'IRNASE	
ANNEXE 2 : RAPPORT D'AVANCEMENT DE LUND	

## INTRODUCTION

Ce sixième rapport, présente l'état d'avancement du projet après sa troisième année d'existence. Il fait suite aux 5 rapports contractuels publiés tous les semestres. Il récapitule les principales actions réalisées au cours des deux derniers trimestres 1999.

Les différentes actions du projet se sont poursuivies sur l'ensemble des sites Marocains, Syriens et Tunisiens.

Le sixième semestre du projet a été marqué par :

- soutenance du DEA de Mlle Gay Université d'Orsay : Géochimie isotopique des relations hydrologiques entre lac de retenue et aquifère. Petit barrage collinaire de Kamech (Tunisie) Juillet - Août 99
- mission de Dimitrios de l'IH en Tunisie pour mise au point et correction du logiciel de transformation "pluie débits" des petits barrages : Juillet - Août 99
- soutenance du DEA de Victor Reyes à Montpellier II : Dissolution interne d'un sol gypseux. Cas des têtes de ravine d'un bassin versant en milieu méditerranéen. Petit barrage collinaire de Fidh Ali (Tunisie) : Sept. 99
- participation à la conférence Euromed Safe à Naples : Octobre 99
- la mission au Maroc de l'équipe IRD de Tunis qui a effectué une mesure fine de l'envasement de la retenue de Saboun et a récupéré les données hydrologiques recueillies sur ce barrage : Nov. 99.
- participation au séminaire international sur les petits barrages dans le Nord Esté Brésilien (Récife, Dec99)
- tenue de la troisième réunion de concertation HYDROMED au Maroc et visite du site pilote de Saboun et de la région sud Tangéroise.

### **ACTION 1 : SYNTHÈSE PRELIMINAIRE ET CHOIX DES SITES PILOTES**

Pour mémoire, cette action est achevée depuis la fin du second semestre du projet. Les principaux résultats sont relatés dans les deux premiers rapports d'avancements. Plusieurs synthèses sectorielles ont été publiées.

### **ACTION 2 : EAU - SOL - ENVIRONNEMENT**

#### **Acquisition des données hydrologiques sur les retenues artificielles**

Les observations de terrain se sont poursuivies sur tous les sites pilotes. Les mesures de bilan hydrologiques et sédimentaires ont été assurées en continu et sans problème. Une mesure fine de l'envasement du barrage de Saboun au Maroc, en novembre 1999, a permis de comparer les bilans calculés, la perte moyenne annuelle en envasement serait de 46 tonnes au lieu des 99 tonnes annoncées (ce qui reste cependant fort).

Il est à noter la sécheresse très importante qu'a connue tout le Moyen Orient. Le site de Syndiané a été très déficitaire.

Plusieurs pays du Proche-Orient ont connu, durant l'année agricole 1998-1999, la plus grave sécheresse enregistrée depuis des décennies. La production vivrière a enregistré des baisses particulièrement fortes en Jordanie, en République islamique d'Iran, en Irak et en Syrie. Selon les estimations actuelles, la production totale de céréales dans la sous-région se chiffrera à environ 52,4 millions de tonnes cette année (y compris le riz usiné), soit près de 10 millions de tonnes ou 16% de moins qu'en 1998 et 12% au-dessous de la moyenne des cinq dernières années (Albergel & Claude, 1999).

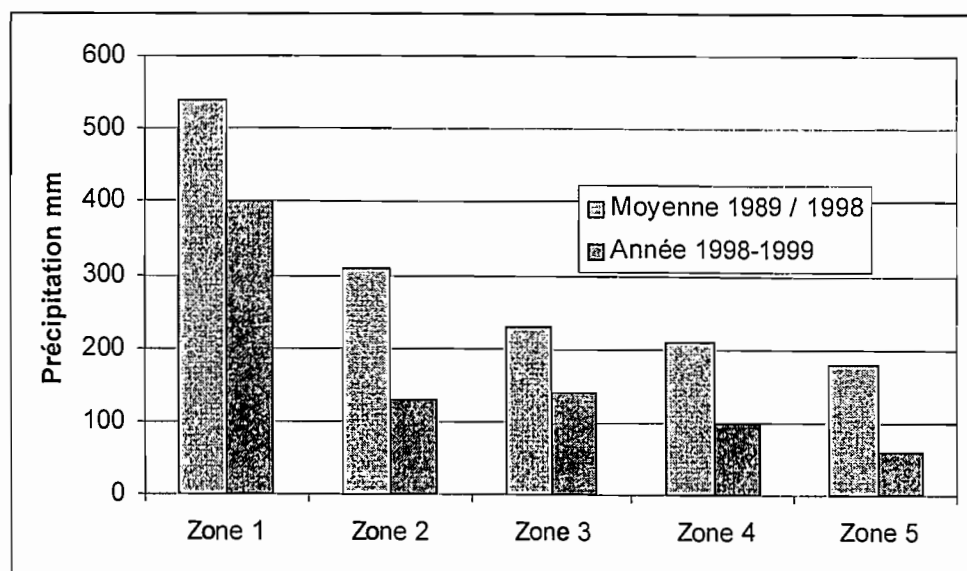
La situation est plus dramatique pour les éleveurs, les taux de mortalité du bétail ayant augmenté du fait de la pénurie de fourrage et d'eau. La sécheresse a de graves répercussions dans de nombreuses régions arides et semi-arides où l'économie est basée sur les exportations de bétail et où les produits de l'élevage fournissent un moyen de subsistance pour de larges segments de la population d'autant plus vulnérable qu'elle dispose de peu de sources de revenu de remplacement.

Durant l'année hydrologique (du 1<sup>er</sup> Septembre au 31 Août) 1998-1999 Les précipitations ont inférieures à la moyenne 1989-1998 de 20 à 70% suivant les régions. Le tableau 1 et la figure 1 montre le déficit pluviométrique de cette année, en Syrie, pour les grandes régions agro-climatologiques (données FAO) par rapport à la moyenne de la dernière décennie.

**Tableau 1 : Pluviométrie par région agro-climatologique en Syrie (sources : FAO)**

Zones agroclimatiques	Superficie Millions ha	Pluviométrie moyenne mm	Pluviométrie moyenne 1998-1999 mm	Déficit 1998-99 /1989-1998 %
Zone 1 (Plaines côtières et anti-Liban)	2.7	Supérieure à 500 mm	400	25
Zone 2 (Nord Tigre et couloir Alep-Homs)	2.5	entre 300 à 500 mm	130	58
Zone 3 (Swaïda, Damas, Euphrate)	1.3	entre 200 à 300 mm	140	39
Zone 4 (Palmyre - Raqqa)	1.8	entre 150 à 200 mm	100	52
Zone 5 (Badia)	8.3	inférieure à 150 mm	60	67

**Figure 1 : Précipitation en Syrie : déficit de l'année hydrologique 1998-1999**



Le phénomène de sécheresse marqué par ces forts déficits pluviométrique a été accentué cette année, par le retard du début de la saison pluvieuse. Les précipitations ont commencé partout avec deux mois de retard, elles ont été mal distribuées.

#### **Bilan hydrique des sols de versants**

L'expérimentation décrite dans le rapport d'activités précédent réalisé par l'IAV et l'IRNASE s'est poursuivie, une banque de données a été réalisée et une approche par modélisation est entreprise.

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

- Les observations de l'érosion à différentes échelles se poursuivent : échelle du bassin versant avec la mesure de la sédimentation dans les barrages, échelle du versant avec le suivi des ravines et de l'érosion sur parcelle avec simulation de pluies.
- Un modèle de mise en évidence de l'effet d'un aménagement des versants en banquettes mécaniques a été mis au point sur le bassin versant de El Gouazine

#### **Qualité des eaux et transferts des polluants dans les sols**

- Les premiers résultats des modélisations commencent à sortir.

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

#### **Agronomie**

Le modèle de bilan hydrique des cultures a été achevé et débogué, il est opérationnel.

#### **Usage de l'eau**

Les observations ont été arrêtées les données sont en cours d'exploitation.

### **ACTION 4 : PERENNITE ET INTEGRATION DU LAC COLLINAIRE**

Cette action est actuellement celle qui enregistre le maximum d'activité. En Tunisie, la banque de données sur les 450 lacs localisés et géoréférencés a été complétée.

Les données économiques sont en cours d'exploitation.

### **ACTION DE COORDINATION**

#### **Réunion de concertation de Rabat du 3 au 5 Décembre 99**

Les activités de coordination ont été dominées par l'organisation et la tenue de la troisième réunion de concertation du programme organisée à Rabat par l'IAV.

La journée du 2 décembre 1999 s'est tenue une réunion à l'IAV Rabat qui a permis de traiter les points suivants :

1. Avancement HYDROMED 1999 au travers des différents ateliers, missions, séjours scientifiques, thèses, encadrement formation, publications, etc. Le coordinateur. Jean Albergel présente l'état d'avancement du programme et énumère les différentes activités de coordination depuis l'atelier de Lund de Juin 1998.

2. Présentation plus détaillée par pays-ateliers des actions de recherche 1999 :

- Atelier marocain : Le professeur Merzouk fait l'état d'avancement du projet au Maroc et montre l'impact de ces travaux de recherche sur la formation à l'IAV d'une part et sur le développement régional du bassin de Saboun.
- Ateliers syriens et libanais : En l'absence de nos partenaires de l'ACSAD (retenus pour des raisons administratives), le coordonateur résume les travaux effectués.
- Atelier tunisien (INGREF et IRD) : Quatre exposés ont été présentés : Jean Collinet a fait le point sur l'avancement des recherches en hydrologie et pédologie. Mme Mougou a présenté le programme en agronomie à travers une animation informatique de grande qualité. Salah Selmi a donné les conclusions de l'étude socio-économique qui s'est achevée. Slah Nasri a donné les résultats de l'étude de l'impact des lacs collinaires sur la recharge des nappes et a fait la démonstration d'un modèle hydrodynamique calé sur la nappe alluviale de El Gouazine.

3. Réunion avec le directeur général de l'IAV, le professeur Fouad Souks

Après avoir souhaité la bienvenue aux participants de l'atelier, le DG présente l'IAV, en fait un bref historique et explique la stratégie de cette institution à la charnière de la recherche agronomique et du développement rural. Il explique la politique scientifique de l'Institut et ses coopérations internationales.

4. Présentation des travaux des partenaires du Nord.

- IRNASE de Séville : Felix Moréno présente l'état d'avancement et de plus détaille l'expérience de caractérisation des propriétés physiques des sols du BV de Saboun. Ses collègues présentent la méthodologie TRIM et les résultats obtenus.
- Institut d'Hydrologie de Wallingford : Ragab Ragab fait le point sur l'état d'avancement du logiciel Hydromed. Il rappelle ses fonctionnalités : (i) Modèle pluie débit adapté aux lacs collinaires suivant la méthode de Pittman. L'algorithme d'optimisation utilisé est l'algorithme génétique avec mutation inspiré de celui mis au point au MIT. (ii) Calcul de la probabilité de défaillance en fonction des dimensions du barrage (méthode de la matrice de Gould). Ce logiciel développé en C++ par des étudiants stagiaires à l'IH a été confié à un bureau privé en informatique pour "débogage" et "habillage" du logiciel sous Windows 98.
- Université de Lund : Ronny Berndtsson retenu par la grève de la RAM, fera son exposé le 3 au soir à la suite de la visite de terrain à l'hôtel près de Tétouan.

5. Fin HYDROMED, fin 2000 : Projet de synthèse courant 2001, orientations générales, forme, distribution des tâches. Il est décidé d'avoir une nouvelle réunion au début de l'automne 2000.

Les partenaires émettent le souhait de la tenue d'un colloque international sur les petits barrages en Méditerranée qui devrait se tenir en Tunisie au printemps 2001. Ce colloque répondrait aux très nombreuses sollicitations reçues par le programme depuis la tenue du stand Hydromed à la conférence d'Essen en Février 1999. Il pourrait déboucher sur la constitution d'un réseau de recherche sur le sujet.

Vu le dernier rapport financier et l'état des dépenses dans les différents sous contrats, il est demandé une prolongation de 6 mois du programme. Le coordonateur devrait discuter de ces deux points avec le gestionnaire du programme.

6. Nouveaux axes de coopération. sont rappelés : les collaborations autour du PHI (Wady Hydrology), le dépôt du projet SWAMA à l'appel d'offres INCO MED, le projet d'unité de recherche AMBRE.

Les deux journées suivantes ont été réservées à une tournée de terrain dans le Nord Marocain avec visite de la plaine du Louckos et de ses aménagements hydrauliques, du site pilote d'Hydromed : Saboun et des collines pré-rifaines avec un accent mis sur les problèmes d'érosion et de dégradation des sols.

### **Rédaction des rapports contractuels**

Le coordinateur a rédigé ce sixième rapport d'avancement. Il a également rédigé le rapport annuel financier envoyé à la Commission en Décembre 99.

### **ACTION DE FORMATION**

La formation à la recherche par la recherche reste le volet prioritaire du programme Hydromed. Le semestre qui vient de s'achever a vu la soutenance de deux DEA et de plusieurs mémoires de fin d'études (Cf production Scientifique)

### **PRODUCTION SCIENTIFIQUE (DEPUIS LE DEBUT DU PROGRAMME)**

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

- Douze articles publiés dans des revues internationales à comité de lecture et deux soumis.
- Deux thèses de doctorat.
- Cinquante trois communications dans des congrès, colloques et séminaires, dont quarante deux sont publiées dans des actes et trois n'ont fait l'objet que de communications orales.
- Quatre notes techniques d'intérêt général.
- Vingt trois mémoires de fin d'études, DEA, MASTER, 5<sup>ème</sup> ou 6<sup>ème</sup> Année d'école d'ingénieurs. Dont 2 étudiants de Suède, 14 des pays méditerranéens et 1 du Bénin.
- des rapports divers.
- Neuf Posters.

#### **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. vol 61 n°4 July August 1997 pp. 997-1003.

HOUSSA R., MERZOUK A., ABDELLAOUI B., ABERKAN M. (1998) : Cartographie des états de surface en relation avec le processus de ruissellement des sols: région du nord du Maroc. "La réalité de terrain en télédétection: pratiques et méthodes". Ed. J.M.M. Dubois, M. Bernier, J.P. Fortin. Agence universitaire de la francophonie. Montréal, Québec, pp. 319-328.

MERZOUK A. & DHMAN H. (1998) : Shifting landuse and its implication on sediment yield in the Rif Mountains (Morocco). Advances in Geoecology N°31, pp.333-340.

PERSSON M. & BERNDTSSON R. (1998) : Soil texture effects on temperature dependency for measurements with TDR, Soil Sci. Soc. Am. J., (in press).

PERSSON M. & BERNDTSSON R. (1998) : Texture and electrical conductivity effects on temperature dependency in time domain reflectometry. Soil. Sci. Soc. Am. J. Vol 62 July August 1998 pp 887-893.

PERSSON M., BERNDTSSON R., ALBERGEL J., NASRI S., BAHRI A., ZANTE P. (1998) : A non-invasive approach for measurements of near-surface water content, *Annal. Geophys.*, 16, Suppl. II, C483.

PERSSON M. & BERNDTSSON R. (1998) : Estimating transport parameters in an undisturbed soil column using time domain reflectometry and transfer function theory, *J. Hydrol.*, 205, 232-247.

PERSSON M. & BERNDTSSON R. (1998) : Noninvasive water content and electrical conductivity laboratory measurements using time domain reflectometry, *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 62, 1471-1476.

SELMI 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.

SELMI 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.

SOMOGYI P., BERNDTSSON R., ALBERGEL J., NASRI S., BAHRI A., ZANTE P. (1998) : Preferential flow as indicated by brilliant blue, *Annal. Geophys.*, 16, Suppl. II, C480.

PERSSON, M., R. BERNDTSSON, Y. UMEGAKI, S. NASRI, J. ALBERGEL, P. ZANTE, (1999), Solute transport and water content measurements in clay soils using time domain reflectometry, paper, (subm. To *Hydrol. Sci. J.*).

ALBERGEL J. & CLAUDE J. (1999) *Sécheresse et gestion des ressources en cas de pénurie dans les pays du Sud et de l'Est du bassin méditerranéen* (soumis à *Sécheresse*)

#### **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.

PERSSON M. (1999) : Conceptualization of solute transport using time domain reflectometry, a combined laboratory and field study, D. Sc. Thesis, Rep. No. 1025, Dep. of Water Resour. Eng., Lund Univ., Lund, pp. 1-60 + 8 append.

#### **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<sup>ème</sup> 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. & DHMAN H. (1997) : Shifting land use and its implication on sediment yield in the Rif mountains (Morocco). ISCO, Post Conference Book. 9<sup>th</sup> 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., HABAÏEB 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.

SELMI 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.

SELMI S. & TALINEAU J.-C. (1997) : Diversité et problématique de la gestion collective des lacs collinaires tunisiens. In. La ruralité dans les pays du Sud à la fin du XX siècle. pp. 455-470. Colloques et séminaires. ORSTOM éditions.

SELMI 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.

SELMI 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.

SELMI 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.

SELMI 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.

- SELMI 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.
- ALBERGEL J. & PEPIN Y. (1998) : Modeling small dam's siltation with MUSLE. In Seminar International: Rain Water harvesting and management of small reservoirs. In arid and semiarid areas. Lund, 29 June - 4 July 1998.
- ALBERGEL J., BOUFAROUA M., PEPIN Y. (1998) : Bilan de l'érosion sur les petits bassins versants des lacs collinaires en climat semi-aride tunisien. Bulletin Réseau Erosion n°18, pp. 67-75.
- ALBERGEL J., LOUATI M.B.Y., PEPIN Y. (1998) : L'hydrologie dans le projet : bilan des lacs et barrages collinaires ; bassins versants de Chaffaï. Présentation orale. Atelier de Kasserine (Tunisie) : Aménagements et valorisation agricole B.V. du Haut Mellègue. CRDA de Kasserine, ESAK, IRD, FIDA - 12 novembre 1998.
- ALBERGEL J., NASRI S., BOUFAROUA M. (1998) : Small dams water balance : experimental conditions, data processing and modeling. In arid and semiarid areas. Lund, 29 June - 4 July 1998.
- ALBERGEL J., NASRI S., PEPIN Y., VACHER J. (1998) : Gestion d'un lac collinaire pour des périmètres irrigués, exemple du lac Kamech dans le Cap Bon. In les journées scientifiques de l'INRGREF, Hammamet 29-30 octobre 1998.
- ALBERGEL J., PEPIN Y., NASRI S., BOUFAROUA M. (1998) : Modeling small dams siltation with MUSLE. in International seminar Rain Water harvesting and management of small reservoirs. In Rain Water harvesting and management of small reservoirs in arid and semiarid areas. Editor Ronny Berndtsson. LUTVDG/(TVVR-3222)/1-316/1999 pp. 197-203. Atelier HYDROMED de Lund, 29 June - 4 July 1998.
- BOUFAROUA M., ALBERGEL J., FARHAT H. (1998) : Suivi et surveillance des lacs collinaires dans la zone semi-aride de la Tunisie. In Colloque EURISY, Athènes, 19 - 20 octobre 1998.
- CHEN C. (1998) : Remote sensing applications for the management of small catchments in arid and semiarid areas. In arid and semiarid areas. Lund, 29 June - 4 July 1998.
- EL AMAMI H. & OUESLATI B. (1998) : Impact socio-économique de la pénurie en eau. Cas des lacs collinaires. In les journées scientifiques de l'INRGREF, Hammamet 29-30 octobre 1998.
- EL GAROUANI A., JABRAN R., BOUSSEMA M., MERZOUK A. (1998) : Contribution à la caractérisation hydrologique de bassins versants par télédétection et SIG : cartographie de l'évaporation réelle. in Colloque International "L'observation spatiale : un outil pour l'étude du bassin méditerranéen. Tunis, 23-27 novembre 1998. Centre national d'études spatiales (CNEO), Toulouse, France.
- GRUNBERGER O., MONTOROI J. P., NASRI S., ALBERGEL J., PEPIN Y., RAHAINGOMANA N. (1998) : Water chemistry of a small reservoir catchments in Central Tunisia. In Séminaire International : Rain Water harvesting and management of small reservoirs in arid and semiarid areas. Lund, 29 June - 4 July 1998.
- HOYBYE J. (1998) : Deterministic versus stochastic hydrological modeling, uncertainties and decisions. In arid and semiarid areas. Lund, 29 June - 4 July 1998.
- JABER B. & SAAD F. (1998) : Lebanese hydrology & needs for water storage. In arid and semiarid areas. Lund, 29 June - 4 July 1998.

MEKKI I., ZANTE P., MASMOUDI M., BEN MECHLIA N. (1998) : Dynamique de l'utilisation de l'eau d'un lac collinaire pour l'irrigation. In les journées scientifiques de l'INRGREF, Hammamet 29-30 octobre 1998.

MERZOUK A. (1998) : Land use transformation impact on reservoir siltation in Morocco : the need for better assessment tools. In arid and semiarid areas. Lund, 29 June - 4 July 1998.

MERZOUK A., MEJJATI ALAMI M., ABDELLAOUI M., BERKAT O. (1998) : Rupture des écosystème pastoraux du Rif centro-occidental : conséquences hydrologiques et besoins en suivi. in Colloque Int. "L'observation spatiale : un outil pour l'étude du bassin méditerranéen. Tunis, 23-27 novembre 1998. Centre national d'études spatiales (CNEO), Toulouse, France.

MORENO F., DE LA ROSA D., FERNÁNDEZ J.E. (1998) : Integrating soil profile and soil hydraulic properties data bases to be used in simulation models and land evaluation expert system. Proceedings of the International Seminar on Rain water harvesting and management of small reservoirs in arid and semiarid areas (in press).

MORENO F., FERNÁNDEZ-BOY E., CABRERA F., FERNÁNDEZ J.E., PALOMO M.J., GIRÓN I.F., BELLIDO B. (1998) : Irrigation with saline water in the reclaimed marsh soils of south-west Spain: impact on soil properties and cotton crop. Proceedings of the International Workshop on The Use of Saline and Brackish Water for Irrigation, pp. 51-58. Bali, Indonesia, 23-24 July 1998.

NASRI S., GRUNBERGER O., ALBERGEL J. (1998) : Recharge artificielle des nappes phréatiques par les lacs collinaires. Exemple de l'oued El Gouazine (Ousseltia - Kairouan). In les journées scientifiques de l'INRGREF, Hammamet 29-30 octobre 1998.

NASRI S., GRUNBERGER O., ALBERGEL J. (1998) : Recharge artificielle des nappes phréatiques par les lacs collinaires. Exemple de l'oued El Gouazine (Ousseltia - Kairouan). In les journées scientifiques de l'INRGREF, Hammamet 29-30 octobre 1998.

PERSSON M. (1998) : Solute transport and water content measurements in arid soils using Time Domain Reflectometry. In arid and semiarid areas. Lund, 29 June - 4 July 1998.

PRINZ D. (1998) : Water harvesting in the Mediterranean environment. It's past role and future prospects. In arid and semiarid areas. Lund, 29 June - 4 July 1998.

RAHAINGOMANA N. (1998) : Water chemistry in small reservoirs of the semiarid Tunisia. In arid and semiarid areas. Lund, 29 June - 4 July 1998.

RAHAINGOMANA N., BAHRI A., LEMOALLE J. (1998) : Prévion d'évolution de la qualité de l'eau des lacs collinaires en période sèche à l'aide du modèle EXPRESSO. In les journées scientifiques de l'INRGREF, Hammamet 29-30 octobre 1998.

SELMI 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.

SELMI S. & SAI M. B. (1998) : La gestion collective de l'eau d'irrigation en Tunisie : particularités des AIC des oasis. In. Sécheresse (Numéro spécial Oasis) 1998 ; 9 (2) : pp. 111-115.

SELMI S. (1998) : La gestion collective des lacs collinaires en Tunisie : Vide juridique et pouvoir social important. In. Colloque SFER / Irrigation et gestion collective de l'eau en France et dans le Monde, Montpellier - Agropolis, 19-20 novembre 1998.

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

ZANTE P. & NASRI S. (1998) : The use of TDR for wetness measurements in soil erosion and conservation practices in small watersheds. In arid and semiarid areas. Lund, 29 June - 4 July 1998.

ZHU K., HUI C., ZHANG L., BERNDTSSON R. (1998) : Disinfection and fresh-keeping of rainwater in small scale cisterns. In arid and semiarid areas. Lund, 29 June - 4 July 1998.

ALBERGEL J., MANSOURI T., PEPIN Y., SEGUIS L. (1999) : Reconstitution des crues sur les bassins versants des lacs collinaires en Tunisie Centrale et au Cap-Bon. (Atelier sur l'estimation des crues et des étiages. ENIT - INRS-eau Université du Québec - Aupelf Uref. Tunis, 16-17 février 1999.

ALBERGEL J., MANSOURI T., PEPIN Y., SEGUIS L. (1999) : Reconstitution et analyse des crues sur les bassins versants des lacs collinaires de Tunisie Centrale et du Cap-Bon. Atelier ENIT «Estimation des crues et des étiages». Tunis, 16 & 17 février 1999.

BENMOUSSA M., MLY CHERIF C., MERZOUK A., SIDQUI M. (1999) : Contribution à l'élaboration d'un SIG intégrant la télédétection pour la gestion et le suivi de la pollution des eaux : cas du barrage Sahla (rif, Maroc). Colloque International en marge du 67ème Congrès de l'ACFAR, sur : La télédétection optique et radar et la géomatique pour la gestion des problèmes environnementaux. Ottawa du 10 au 14 mai 1999., 7 pages.

CHERKAOUI M., MERZOUK A., AMEZIANE T. (1999) : Etablissement d'un SIG intégrant la télédétection pour la gestion conservatoire des eaux et des terres dans la province de Tanger (Maroc). Colloque International en marge du 67ème Congrès de l'ACFAS, sur : La télédétection optique et radar et la géomatique pour la gestion des problèmes environnementaux. Ottawa du 10 au 14 mai 1999., 7 pages.

GRUNBERGER O., MONTOROI J.P. ALBERGEL J. (1999) : Evaluation par bilan isotopique de la recharge d'un aquifère induite par le fonctionnement d'une retenue collinaire : Premiers résultats sur le sit d'El Gouazine (Tunisie Centrale). Colloque International en hommage à la mémoire de J. Ch. Fontes Apport de la géochimie isotopique dans le cycle de l'eau. Hammamet (Tunisie) 6-8 avril 1999.

MANSOURI T., ALBERGEL J., PEPIN Y., ABDELJAOUED S. (1999) : Couplage d'un modèle spatialisé avec un modèle de prévision des risques pour les lacs collinaires dans la zone semi-aride tunisienne. Séminaire «6èmes Journées Nationales sur les Résultats de la Recherche Agronomique», Nabeul 6-7 décembre 1999.

MEJJATI ALAMI M. & MERZOUK A. (1999) : Réponses spectrales des espèces clé des formations végétales du bassin rifain (Maroc) et leur utilisation dans la télédétection des faciès pastoraux. (accepté) aux VIIIes Journées scientifiques du Réseau de Télédétection : La télédétection en Francophonie : analyse critique et perspectives, Lausanne, Suisse.

MEJJATI ALAMI M., MERZOUK A., BERKAT O. (1999) : Cartographie et diagnostic du niveau de production des écosystèmes pastoraux du Rif occidental (Bassin versant Telata) à l'aide de l'imagerie spectrale. 67e Congrès de l'ACFAS, Ottawa, 10 au 12 mai 1999, Canada.

ALBERGEL J. & CLAUDE J. (1999) Sécheresse et gestion des ressources en cas de pénurie dans les pays du Sud et de l'Est du bassin méditerranéen Euromed Safe Naples 28 - 30 Octobre 1999

BOUFAROUA M., ALBERGEL J., PEPIN Y. (2000) : Bilan de l'érosion sur les petits bassins versants des lacs collinaires de la Dorsale Tunisienne. 5ème conférence internationale sur la géologie du Monde Arabe. Le Caire, du 21 au 24 février 2000.

### **Notes techniques :**

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

GUIGUEN N. (1998) : L'acquisition numérique et autonome de données hydro-pluviométriques. L'expérience d'un réseau pilote tunisien de 1992 à 1998. "Suivi des barrages en zone semi-aride". CES / Ministère de l'Agriculture. 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.

VACHER J. (1998) : Un modèle agro-météorologique simple de détermination du bilan hydrique d'une culture. Document interne IRD Tunisie. 12 p.

JENHAOUI Z. - 1999 - Méthodes d'observation et de mesure de la pluie et de l'évaporation sur les lacs collinaires. CES / Ministère de l'Agriculture. ORSTOM. Note technique.

### **Mémoires d'étudiants :**

#### **1997**

BELMAMOUN M. (1997) : Apport des données satellitaires, de l'analyse morphostructurale et du réseau hydrographique à l'élaboration du schéma néotectonique de la région de Melloussa (région du bassin versant Saboun). Mémoire de DEA, IAV Hassan II. Rabat, 1997. (Maroc).

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

EL OUAZANI A. (1997) : Contribution des données multispectrales SPOT et LANDSAT TM à l'identification des paramètres d'érodabilité des sols : l'exemple du bassin versant de Telata (région Tangérois). Mémoire de DEA, IAV Hassan II. Rabat, 1997. (Maroc).

KOURAIMI K. (1997) : Cartographie et analyse de la production pastorale et ligneuse du matorral dans le Rif occidental. Mémoire de fin d'étude d'ingénieur, IAV Hassan II. Rabat, 1997. (Maroc).

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

LARBI A. (1997) : 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. (Tunisie).

MOATAMID Z. (1997) : Modélisation de l'écoulement et de l'érosion dans le bassin versant marneux Khadra (Rif Occidental). Mémoire de fin d'étude d'ingénieur, IAV Hassan II. Rabat, 1997. (Maroc).

MOUELHI I. (1997) : 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. (Tunisie).

ONIBON H.G. (1997) : 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. (Tunisie).

PALMQUIST O. & TULLBERG O. (1997) : 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).

PERSSON M. (1997) : Non-destructive measurements of solute transport in the unsaturated zone using time domain reflectometry. Lic. Sc. Thesis, Rep. No. 3212, Dep. of Water Resour. Eng., Inst. of Techn., Lund Univ., Lund, 1997. (Suède)

ROMDHANE A. (1997) : Risque sanitaire des lacs collinaires. Projet de fin d'étude, INAT, Département de génie Rural, Eaux et Forêts. Tunis, juillet 1998. (Tunisie).

#### 1998

CHALRHAMI I. (1998) : Etude des caractéristiques hydrodynamiques en fonction des utilisations des terres et de types des sols dans le bassin versant de Telata . Mémoire de fin d'étude d'ingénieur, IAV Hassan II. Rabat, 1998. (Maroc).

CHIKHAOUI M. (1998) : Fonctionnement hydrologique et risque d'envasement de barrage Saboun (Tangérois). Mémoire de fin d'étude d'ingénieur, IAV Hassan II. Rabat, 1998. (Maroc).

HICHAM E. (1998) : Comparaison de trois modèles d'érosion en utilisant les techniques Géomatiques et SIG. Mémoire d'ingénieur d'état, option sciences du sol, IAV Hassan II. Rabat, septembre 1998. (Maroc).

SIDQUI M. (1998) : Contribution à l'élaboration d'un SIG pour la gestion et le contrôle de la pollution des eaux : Cas du barrage de Sahla. Mémoire de fin d'étude d'ingénieur, IAV Hassan II. Rabat, 1998. (Maroc).

TRABELSI Y. (1998) : Modélisation de l'offre de l'eau des lacs collinaires et recherche d'outils socio-économiques pour une meilleure gestion de la demande en eau d'irrigation. Mémoire de fin d'étude d'ingénieur, ESAM Mograne. (Tunisie).

#### 1999

GAY D. (1999) : Géochimie isotopique des relations hydrologiques entre lac de retenue et aquifère. Petit barrage collinaire de Kamech (Tunisie). DEA, Université ORSAY / PARIS XI. (France).

MEKKI I. (1999) : Etude intégrée du bassin versant d'un lac collinaire et de l'exploitation de l'eau collectée pour l'irrigation. Mémoire de fin d'étude du cycle de spécialisation, INAT. Tunis, février 1999. (Tunisie).

MOUSSA I. & TRAORE F. (1999) : Rapport de stage du mois d'août 1999. IRD / ESIER. (Tunisie).

REYES GOMEZ V. M. (1999) : Dissolution interne d'un sol gypseux. Cas des têtes de ravine d'un bassin versant en milieu méditerranéen. Petit barrage collinaire de Fidh Ali (Tunisie). DEA, Université Montpellier II. (France). (Stagiaire mexicain sur la simulation des pluies à Fidh Ali).

REZIGUE M. (1999) : Etude de l'utilisation agricole d'un lac collinaire (Kamech) pour l'irrigation goutte à goutte d'une culture de tomate. IRD / ESH Chott Mariem. (Tunisie).

TRABELSI Y. (1999) : Etude de l'offre et modélisation de la demande en eau : cas des lacs collinaires de Kamech (Nabeul), El Gouazine (Kairouan) et Es Sénéga (Kasserine). Proj. fin d'études ESA de Mograne; Spécialité : Agro - économie. Juillet 1999. (Tunisie).

#### Posters :

ALBERGEL J., COLLINET J., ZANTE P. (1999) Hydromed Action 2: Eau-sol-environnement La launch of the 5<sup>th</sup> Framework Programm. Essen 25-26 Fev. 1999.

ALBERGEL J. (1999) - HYDROMED Research program on hill reservoirs in the semi arid Mediterranean periphery (English, French and German) La launch of the 5<sup>th</sup> Framework Programm. Essen 25-26 Fev. 1999.

COLLINET J., ZANTE P (1998) : Infiltrabilité des sols bruns calcaires du bassin versant de M'Richet El Anse. Congrès International des sciences de sol Montpellier Août, 1998.

DROUBI A., IBRAHIM Y, KAYAT S, EL SOUKI M. (1999) A preliminary evaluation of water budget (Syndianeh lake - Syria) Laouch of the 5<sup>th</sup> Framework Programm. Essen 25-26 Fev. 1999.

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.

MEKKI I., ZANTE P., MASMOUDI M., BEN MECHLIA N. (1999) : Caractérisation hydrique du bassin versant Kamech. Laouch of the 5<sup>th</sup> Framework Programm. Essen 25-26 Fev. 1999.

MERZOUK A., BENYOUNES A., CHIKHAOUI M., MEJJATTI ALAMI M., ALBERGEL J., MORENO F., ROOSE E. (1999): Fonctionnement hydrologique et risques d'envasement du barrage collinaire SABOUN (Tangérois) Laouch of the 5<sup>th</sup> Framework Programm. Essen 25-26 Fev. 1999.

MONTROI J.P., GRUNBERGER O., NASRI S. (1999) Alluvial aquifer recharge of a small hill reservoir in central Tunisia. Laouch of the 5<sup>th</sup> Framework Programm. Essen 25-26 Fev. 1999.

NASRI S (1999) Agroclimatological research on hill reservoirs in the semi arid zone of the mediterranean periphery. Laouch of the 5<sup>th</sup> Framework Programm. Essen 25-26 Fev. 1999.

SELMI S. & ZEKRI S. (1999) : Le lac collinaire d'El Gouazine (Kairouan) - Un exemple d'avantages au profit de la collectivité locale. Laouch of the 5<sup>th</sup> Framework Programm. Essen 25-26 Fev. 1999.

SELMI S. (1999) Lacs collinaires en Tunisie semi-aride - des enjeux pour l'environnement et le développement agricole Laouch of the 5<sup>th</sup> Framework Programm. Essen 25-26 Fev. 1999.

#### **Diaporamas électroniques, Pages Web, CD Rom**

ALBERGEL J. (1998) : Hydromed : Programme de recherche sur les lacs collinaires en zone semi-aride du pourtour méditerranéen. <http://www.bondy.ird.fr/gp 623>

LAGASQUIE M. P. & BERNIER S. (1999) : Définition des paramètres d'entrée d'un modèle hydrologique spatialisé dans le cadre de l'analyse spatiale du processus d'érosion en Tunisie. CD Rom. ENGREF.

RAGAB R., AUSTIN B.N., ALBERGEL J. (1999) : Hydrology of semi arid mediterranean catchments with hill reservoirs : An overview and some preliminary results from a Tunisian catchment. slides 33. Laouch of the 5<sup>th</sup> Framework Programm. Essen 25-26 Fev. 1999

RAHAINGOMANANA N. (1999) : Water Chemistry in small reservoir of the semi-arid Tunisia. Power Point Diaporama , slides 33. Laouch of the 5<sup>th</sup> Framework Programm. Essen 25-26 Fev. 1999

ALBERGEL J. & BOUFAROUA M. (2000) : Convention d'application, conservation des eaux et des sols. In Atelier «Suivi des lacs collinaires dans le semi-aride tunisien». 18 diapositives. Nabeul, les 28 & 29 mars 2000.

ALBERGEL J. (2000) : Le réseau pilote de surveillance des lacs collinaires, banques de données et annuaires. In Atelier «Suivi des lacs collinaires dans le semi-aride tunisien». 18 diapositives. Nabeul, les 28 & 29 mars 2000.

ALBERGEL J. (2000) : Modélisation du bilan hydrique des lacs et applications. In Atelier «Suivi des lacs collinaires dans le semi-aride tunisien». 18 diapositives. Nabeul, les 28 & 29 mars 2000.

BOUFAROUA M., ALBERGEL J., PEPIN Y. (2000) : Bilan de l'érosion sur les petits bassins versants des lacs collinaires de la dorsale tunisienne. In Atelier «Suivi des lacs collinaires dans le semi-aride tunisien». 22 diapositives. Nabeul, les 28 & 29 mars 2000.

DEBRABRIA A., BEN YOUNES LOUATI M., BEN YOUSSEF M., PEPIN Y. (2000) : Gestion des plates formes d'acquisition et de transmission des données hydrologiques. In Atelier «Suivi des lacs collinaires dans le semi-aride tunisien». 15 diapositives. Nabeul, les 28 & 29 mars 2000.

KARIM Y. & JENHAOUI Z. (2000) : L'espace au service de l'hydrologie. In Atelier «Suivi des lacs collinaires dans le semi-aride tunisien». 16 diapositives. Nabeul, les 28 & 29 mars 2000.

MANSOURI T., ALBERGEL J., SEGUIS L. (2000) : Modélisation hydrologique spatialisé du bassin versant de El Gouazine. In Atelier «Suivi des lacs collinaires dans le semi-aride tunisien». 20 diapositives. Nabeul, les 28 & 29 mars 2000.

MOUGOU R. (2000) : Agro-climatologie des lacs collinaires de Tunisie. In Atelier «Suivi des lacs collinaires dans le semi-aride tunisien». 19 diapositives. Nabeul, les 28 & 29 mars 2000.

PEPIN Y., BEN YOUNES LOUATI M., DEBRABRIA A., BEN YOUSSEF M. (2000) : Suivi de l'envasement dans les lacs collinaires. In Atelier «Suivi des lacs collinaires dans le semi-aride tunisien». 19 diapositives. Nabeul, les 28 & 29 mars 2000.

### **Rapports**

CES - IRD Annuaire Hydrologiques Parus : 1994-95, 1995-96, 1996-97, 1997-1998, 1998-1999.

ALBERGEL J., CLAUDE J., JOB J.O. (1999) : Rapport de mission en Syrie et au Liban, du 29/1 au 2/2/99. IRD, Tunis.

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) : Premier et second rapports d'avancements.

HYDROMED (1997, 98) : Hydronews 1, Hydronews 2, Hydronews 3, Hydronews 4

HYDROMED (1998) : Troisième et Quatrième rapport d'avancement.

HYDROMED (1999) : Cinquième rapport d'avancement.

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

MANSOURI T. (1998) : Etat d'avancement des travaux de recherche. Période du 1/1/97 au 30/10/97 ORSTOM, Université de Tunis II.

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.

PEPIN Y. & LOUATI M.B.Y (1998) : Rapport de mission en Syrie. Du 8 au 17 décembre 1998. ORSTOM - ACSAD.

PERNIN C. (1998) : Règles de gestion de l'eau d'irrigation des lacs collinaires tunisiens. Rapport IRD/INAPG. 65 p.

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.

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



## CONCLUSION

Les échéances du contrat sont respectées et l'avancement des travaux suit le rythme prévu.

La formation à la recherche par la recherche est un point fort de ce programme avec 20 mémoires de fin d'étude et deux thèses de doctorats soutenues et plusieurs autres en cours. De nombreuses sessions de formation sont organisées par les laboratoires associés et ouvertes au plus grand nombre. Des ateliers et séminaires permettent d'échanger de l'information. La plupart des résultats du projet seront valorisés dans des travaux de thèses.

Le stand organisé à la conférence de Essen en février 1999 : Conference on the Fifth Framework Program a suscité une très importante demande d'informations et de collaborations à la fois dans les pays où nous travaillons déjà et dans les pays méditerranéens qui sont également intéressés par cette thématique.

Un colloque international sur le sujet serait une bonne réponse à cette demande. Il pourrait déboucher sur la création d'un réseau de recherche sur le sujet.

La production scientifique conserve un rythme honorable. Plusieurs projets de co-publication sont en cours. Un effort particulier sur les publications des résultats et sur la sortie des thèses en cours devra être menée durant les dix huit derniers mois du programme.

Un atelier sera organisé en Tunisie en Mars 2000 (28-29) pour restituer nos données auprès des services de la Conservation des Eaux et des Sols (CES) des différents Commissariats Régionaux du Développement Agricole. Cette manifestation qui rassemblera une centaine de personnes sera totalement financée par le Ministère de l'Agriculture tunisien et l'IRD.

La dernière réunion de concertation du programme HYDROMED se tiendra à Montpellier le 10 octobre prochain et sera associé au séminaire international sur : "l'hydrologie des régions méditerranéennes" co-organisé par l'Association Internationale des Sciences Hydrologiques (AISH), l'Institut de Recherche pour le développement (IRD), le Programme Hydrologique International de l'UNESCO, l'Université de Montpellier II et les instances régionales du Languedoc Roussillon.

### Annexe 1 : Rapport d'avancement IRNASE

### Annexe 2 : Rapport d'avancement Lund

Le coordinateur d'Hydromed

Jean ALBERGEL



**Progress Report of the Joint Experiments between the IRNAS  
(Sevilla, Spain) and the IAV (Rabat, Morocco)**

(July – December 1999)



Measurement with the tension disk infiltrometer

## Report of the group of IRNAS (CSIC)

During the month of March 1999 the group of IRNAS (CSIC) from Seville was participating together with the group of the IAV from Rabat in a joint experiment in the experimental site at Saboun (Morocco). The experiment consisted in the characterization of the hydraulic properties of the soils surrounding the hill reservoir Saboun. The persons involved in this experiment were: Dr. A. Merzouk, Dr. M.M. Alami, Mr. A. Benyounes and Mr. Moussadek from the IAV (Rabat), and Dr. F. Moreno and Mr. I.F. Girón from the IRNAS (Seville). During this reporting period we were working in the development of database of soil hydraulic properties.

Both groups were working with the tension disk infiltrometer. The measurements were carried out in selected transects in the area according with the type of soil, slope and use and management of the soil. The situation of the sites in which the measurements were carried out are shown in Fig. 1. The hydraulic conductivity and sorptivity in the range near saturation were determined. From these measurements was also determined the characteristic mean pore radius and the gravity time.

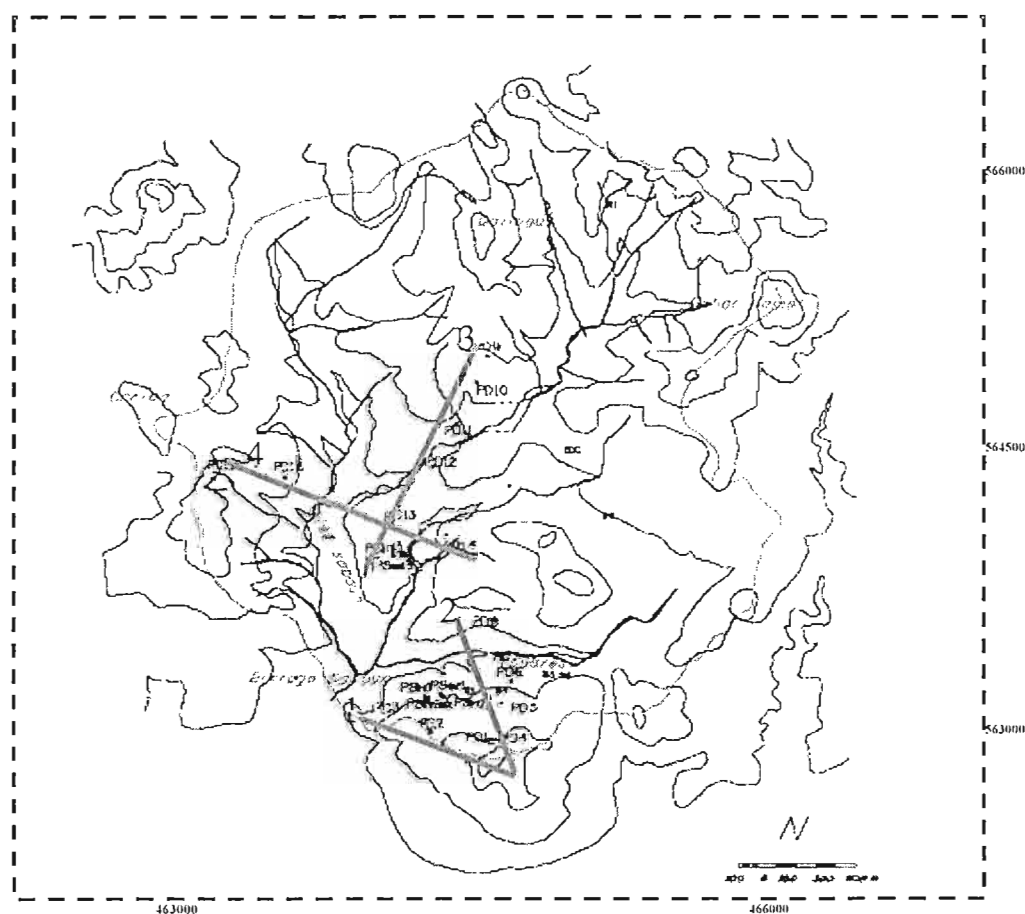


Fig. 1. Situation of the measurement sites. The green lines indicate the four transects.

## Results

In Fig. 2 is shown the variation of the hydraulic conductivity with the pressure potential for each measurement site. There is a relatively high variability as was expected taking into account the differences in soil type, slope and use. The mean hydraulic conductivity

of the all sites of measurement shows a high coefficient of variation for all pressure potential applied (Table 1). This coefficient of variation varies between 65.9 and 73.5. The lowest coefficient of variation was obtained in the transect 1.

The variation of the sorptivity with the pressure potential is shown in Fig. 3. The variability of this parameter is a little lower than in the case of the hydraulic conductivity (Table 2). The sorptivity for transect 4 show the highest coefficient of variation.

The mean gravity times (time from which the gravity controls the infiltration rate) calculated for the different measurement sites are shown in Table 3. In most of the cases, is the sorptivity the parameter that controls the infiltration rather than the gravity. Only for the pressure potential  $h = -5\text{mm}$  the gravity time is very low that indicates that the infiltration is controlled by the gravity. This parameter shows also a strong variability.

From the results obtained in this experiment we can expect a high variability in the processes (water infiltration and water runoff) related with the hydraulic properties of the soils of the watershed. This is an important point to be taken into account for the application of simulation models, and to understand the processes such as water runoff and erosion.

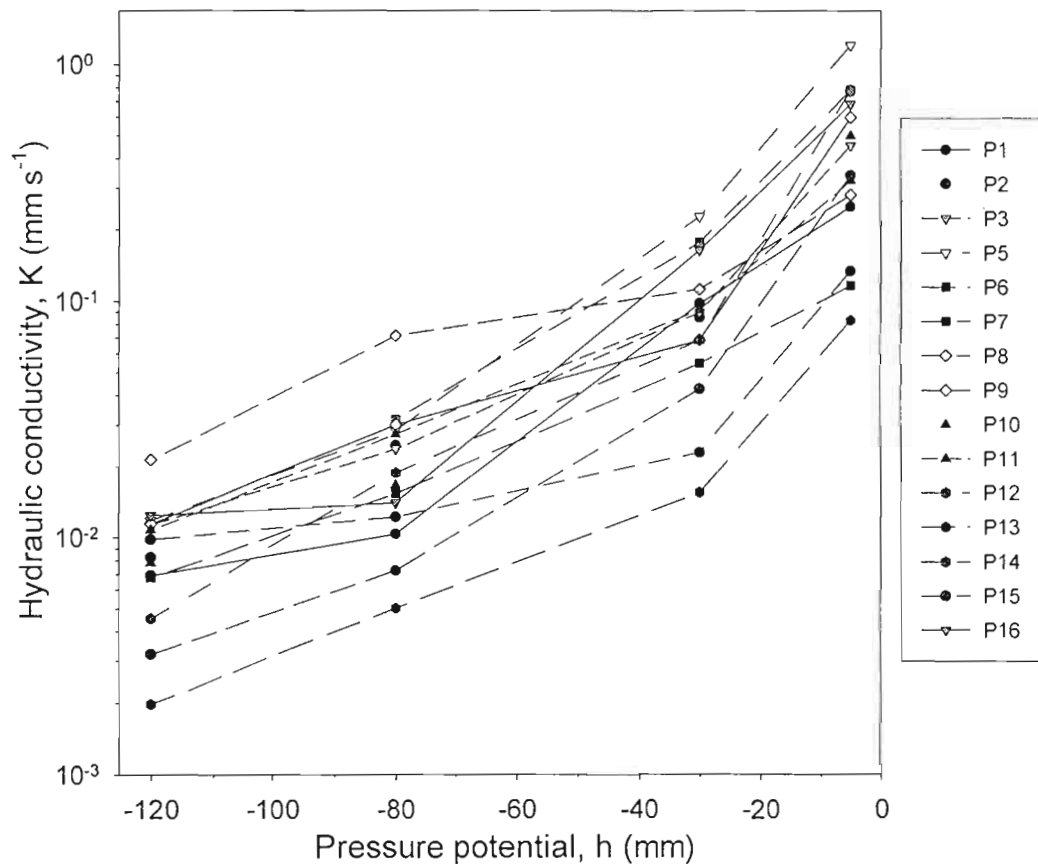


Fig. 2. Change of the hydraulic conductivity (K) with the pressure potential (h) applied in the different measurement sites.

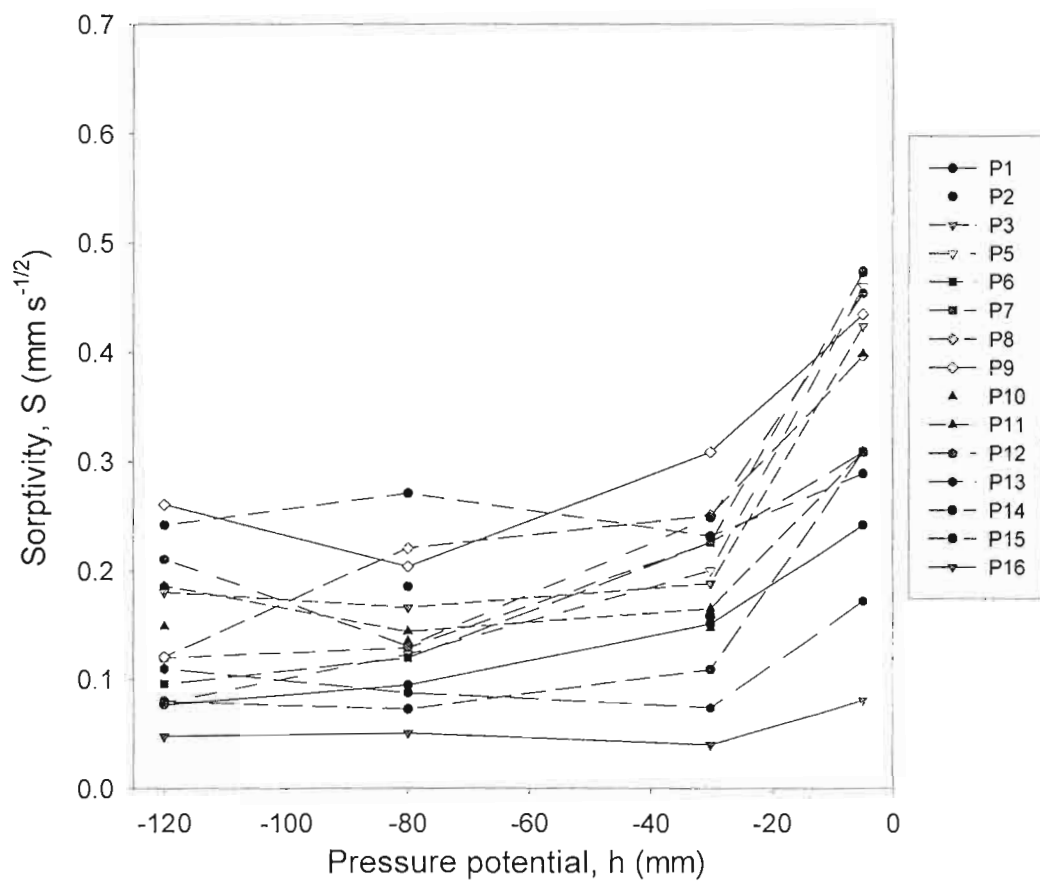


Fig. 3. Change of sorptivity ( $K$ ) with the pressure potential ( $h$ ) applied in the different measurement sites.

Table 1. Values of hydraulic conductivity (K)

	K (mm s <sup>-1</sup> )			
	h = -5 mm	h = -30 mm	h = -80 mm	h = -120 mm
All points				
Mean	0.043	0.0078	0.0019	0.00092
Std. dev.	0.028	0.0052	0.0014	0.00064
C.V.	65.9	66.8	73.5	70.4
Transect 1				
Mean	0.0495	0.0092	0.0019	0.00089
Std. dev.	0.0263	0.00064	0.0008	0.00023
C.V.	53.2	6.96	40.7	25.6
Transect 2				
Mean	0.0528	0.0133	0.00316	0.00154
Std. dev.	0.0456	0.0067	0.00241	0.00101
C.V.	86.3	50.9	76.3	65.5
Transect 3				
Mean	0.0424	0.00597	0.00186	0.00073
Std. dev.	0.0254	0.00265	0.00092	0.00036
C.V.	59.8	44.4	49.6	49.6
Transect 4				
Mean	0.0311	0.00617	0.00097	0.00069
Std. dev.	0.0273	0.007	0.00042	0.00051
C.V.	87.7	113.5	43.6	74.0

Table 2. Values of sorptivity (S)

	S (mm s <sup>-1/2</sup> )			
	h= -5mm	h= -30mm	h= -80mm	h= -120mm
All Points				
Mean	0.339	0.176	0.139	0.134
Std dev	0.114	0.063	0.056	0.070
C.V.	33.7	39.1	40.5	49.9
Transect 1				
Mean	0.380	0.166	0.149	0.170
Std dev	0.122	0.020	0.048	0.088
C.V.	32.1	11.8	32.1	51.6
Transect 2				
Mean	0.376	0.211	0.138	0.091
Std dev	0.099	0.038	0.049	0.019
C.V.	26.3	17.9	35.3	20.6
Transect 3				
Mean	0.343	0.178	0.140	0.173
Std dev	0.107	0.086	0.037	0.058
C.V.	31.1	48.6	26.7	33.7
Transect 4				
Mean	0.213	0.114	0.121	0.120
Std dev	0.107	0.084	0.101	0.085
C.V.	50.2	73.6	83.9	71.1

Table 3. Values of gravity time ( $t_{grav}$ )

	$t_{grav}$ (min)			
	h = -5 mm	h = -30 mm	h = -80 mm	h = -120 mm
All points				
Mean	71.9	2830	2060	9320
Std. dev.	53.7	10200	3010	15200
C.V.	74.7	360.3	146.2	163.4
Transect 1				
Mean	1.2	5.6	113	677
Std. dev.	0.5	1.6	22.6	742
C.V.	41.7	29.6	20.1	109.7
Transect 2				
Mean	190	488	2130	6790
Std. dev.	294	704	2290	7720
C.V.	155.3	144.3	107.5	113.6
Transect 3				
Mean	43.2	552	3610	19800
Std. dev.	52.4	778	4290	21700
C.V.	121.3	141	118.8	109.5
Transect 4				
Mean	4.4		599	952
Std. dev.	3.5		575	492
C.V.	79.2		95.9	51.7

Table 4. Values of the characteristic mean pore radius ( $\lambda_m$ )

	Characteristic mean pore radius, $\lambda_m$ (mm)			
	h (mm)=-5	h (mm)=-30	h (mm)=-80	h (mm)=-120
All points				
Mean	0.468	0.398	0.161	0.117
Std dev	0.130	0.173	0.073	0.129
C.V.	27.728	43.403	45.050	110.312
Transect 1				
Mean	0.471	0.471	0.125	0.055
Std dev	0.187	0.187	0.045	0.027
C.V.	39.738	39.738	36.055	48.561
Transect 2				
Mean	0.340	0.334	0.178	0.238
Std dev	0.120	0.127	0.065	0.210
C.V.	35.276	38.021	36.347	88.227
Transect 3				
Mean	0.529	0.382	0.145	0.044
Std dev	0.096	0.190	0.031	0.028
C.V.	18.146	49.593	21.379	63.780
Transect 4				
Mean	0.484	0.411	0.104	0.045
Std dev	0.098	0.219	0.098	0.029
C.V.	20.333	53.251	94.614	65.746

## **Database of soil hydraulic properties**

During the period of July-December 1999 we have developed a database of soil hydraulic properties. This database will contain the data obtained during the joint experiments carried out by the IRNAS of Sevilla and the IAV of Morocco. This database will be completed with data from the planned joint experiments to be carried out during the next period January-June 2000. The database will be transferred to the other partners participating in the project.

### *General remarks*

The protection of land resources is of prime importance in many regions of the world. The effects of agricultural and climate changes on the degradation of land resources are characterized not only by long-term perspectives, but also by large geographic areas impacted. The protection of these resources, mainly soil and water, depends on the correct prediction of such effects.

Presently, there is no reliable framework in the Mediterranean region for the protection of soil and water resources from erosion processes and contamination by agrochemical compounds. In spatial and temporal terms, the modelling of erosion processes and water and solute movement in the soil is relatively well advanced at local scale, but extrapolation to a regional scale is still a major priority. This extrapolation can be made i) by scaling-up techniques, developing a linkage between the controlling variables included in the erosion and or contamination process models and information contained in spatial databases; or ii) by land evaluation techniques, combining expert knowledge on these processes and spatial database information.

At the same time, the increase of process modelling of soil erosion, water and solute transport in the soil, and the use of expert systems has imposed a demand of accurate measurements of hydraulic properties of soils. For given climatic conditions and soil type, tillage methods and irrigation practices are the main factors that can alter the soil structure of top layers and consequently the hydraulic properties (Messing and Jarvis, 1993; Somaratne and Smettem, 1993; Moreno et al., 1997). For cultivated soils, the transport properties of the soil surface can change during the growing season (Angulo-Jaramillo, et al., 1997). However, in modelling the processes mentioned above, it is usually assumed that the characteristics of the soil remain temporally without changes.

Although increasing consideration is being given to agricultural diversification and to lower input agriculture, it is still important to identify optimum land use systems for resource sustainability and environmental quality. Land evaluation makes it possible to use according to its potential. During the last few years, increasing application of information technology to land evaluation procedures has led to the development of land evaluation information systems. The MicroLEIS system developed by De la Rosa et al. (1992) is a good example of such systems. MicroLEIS represents an interactive and user-friendly system for optimal allocation of land use and management systems under Mediterranean agroforestry conditions.

Land evaluation procedures, as defined by FAO (1976, 1983), have been applied to provide a rational basis for making land use decisions based on relations between land use and land qualities (Davidson et al., 1994). However, these production-oriented applications can also be focused on land degradation or vulnerability predictions (De la Rosa et al., 1995). In this sense, it is interesting to test the applicability of the land



evaluation techniques for predicting land vulnerability risk. The fundamental purpose of land evaluation is to predict the positive or negative consequences of change. Hydrological changes in Mediterranean regions, produced by extensification / intensification character of agricultural systems and by periods of drought, will have important effects on the behaviour of land degradation processes. Simulation models and land evaluation expert systems can be useful prediction techniques if we can improve the databases, particularly those referring to soil hydraulic properties, and the integration of different soil databases.

#### *The basic framework of the database*

The database is written in C language and use tables of dbaseIV. The database includes the following sheets:

**Principal menu** (content, search, soil layer generator, graphic presentation, ...)

**Site description:**

*page 1* (location, co-ordinates, topography, land use,...)

*page 2* (parent material, erosion, drainage, water table depth,...)

*page 3* (photographs)

**Horizons** (description of the horizons)

**Standard analytical data** (depth of the horizon, chemical properties, texture, ....)

**Soluble salts data**

**General physical data** (bulk density, particle density, total porosity, ....)

**Water retention** (soil water content at different suctions)

**Unsaturated hydraulic conductivity** (hydraulic conductivity at several water contents)

In all sheets are referenced the methods used in the determination of the different parameters.

#### **References**

- Angulo-Jaramillo, R., Moreno, F., Clothier, B.E., Thony, J.L., Vachaud, G., Fernández-Boy, E. and Cayuela, J.A., 1997. Seasonal variation of hydraulic properties of soils measured using a tension disk infiltrometer. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 61: 27-32.
- Davidson, D.A., Theocharopoulos, S.P. and Bloskma, R.J., 1994. A land evaluation project in Greece using GIS and based on Boolean and fuzzy set methodologies. *Int. J. Geographical Info. Sys.*, 8: 369-384.
- De la Rosa, D., Mayol, F., Moreno, J.A. and Rosales, A., 1995. MicroLEIS 4.1. Software + Documentation. IRNAS Tech. Rep., Inst. de Recursos Naturales y Agrobiología, CSIC, Sevilla.
- De la Rosa, D., Moreno, J.A., García, L.V. and Almorza, J., 1992. MicroLEIS: A microcomputer-based Mediterranean land evaluation information system. *Soil Use Manage.*, 8: 89-96.
- FAO, 1976. A framework for land evaluation. *Soils Bulletin 26*, FAO, Rome.
- FAO, 1983. Guidelines: land evaluation for rainfed agriculture. *Soils Bulletin 52*, FAO, Rome.
- Messing, I. and Jarvis, N., 1993. Temporal variation in the hydraulic conductivity of a tilled clay soil as measured by tension infiltrometers. *J. Soil Sci.*, 44: 11-24.

- Moreno, F., Pelegrín, F., Fernández, J.E. and Murillo, J.M., 1997. Soil physical properties, water depletion and crop development under traditional and conservation tillage in southern Spain. *Soil Tillage Res.*, 41: 25-42.
- Somaratne, N.M. and Smettem, K.R.J., 1993. Effect of cultivation and raindrop impact on the surface hydraulic properties of an Alfisol under wheat. *Soil Tillage Res.*, 26: 115-125.



Department of Water Resources Engineering  
Lund Institute of Technology, Lund University, Sweden

## HYDROMED

State of the art  
July-December, 1999

Ronny Berndtsson

Lund December, 1999

---

Postal address:  
P. O. Box 118  
S-221 00 Lund  
Sweden

Office:  
John Ericssons vaeg 1  
Lund  
Sweden

Phone:  
+46 - 46 - 222 8986 (office)  
+46 - 46 - 184253 (home)

Fax:  
+46 - 46 - 222 4435

Email:  
Ronny.Berndtsson@tvrl.lth.se

Home page: <http://aqua.tvrl.lth.se>

## Contents

- 1) Activities during July-December, 1999
- 2) Plans for January-June, 2000

## Appendix

### List of accumulated publications

#### 1. Activities during July-December, 1999

Activities during this period have focussed on working with data already collected within the HYDROMED project. Data collected within a dye solute experiment (Palmquist and Tullberg, 1997) in central Tunisia during the early stages of the HYDROMED have been used for this purpose in order to study the susceptibility of semiarid soils to macropore flow and possible contamination of subsurface water resources.

The analysis has focused on statistical properties of the collected dye photos and modeling in effort to try to reproduce observed dye patterns. The resolution of the dye data was 0.7 mm (pixel size of 0.7 mm x 0.7 mm).

Figure 1 shows an example of the some of the statistical analysis. The figure shows the average power spectrum for maximum depths recorded in the dye experiments. It is clear from the figure that there is no dominant frequency. Instead the spectral power increases gradually as the period increases. The average spectral power is close to a straight line in the exponentially plotted axes. This is an indication of fractal behavior and that maximum solute penetration depth (wetting front) can be described as a fractal process.

The spatial dependence was investigated by calculating the cross-correlation between successive dye images. This is shown in Figure 2 where the correlation coefficient is plotted as a function of lag distance between the dye transects. As seen from the figure the correlation decreases rapidly until about 10 cm and then remains fairly constant. This means that within about ten cm there is a high a significant correlation. This may be interpreted as a sill at a range of about 10 cm in the geostatistical sense.

Figure 3 shows an example of comparison between model results and observations when using the model concept of diffusion limited aggregation (DLA). This is a stochastic modeling approach using a fractal framework for the generation of model results. The left part of the figure shows observations and the right part the model results. As can be seen from the figure the model generates results that are fully comparable to observations. A great advantage of the model is that conditions that are not homogeneous can be simulated.

Figure 4 finally shows a calibrated model compared to the dye coverage at site 2. As is seen from the figure average and standard deviation of dye coverage with depth can be simulated very well.

#### 2. Plans for January-June, 2000

The plans for the last year of the project are partly to continue with the above model simulations. Effects of soil layering, parameter uncertainty, and connection to soil property are especially to be investigated.

A large part of the activities the last year will be to emphasize publications of achieved results. Similarly, large emphasis will be given to finalize and to complete ongoing doctoral studies.

A field experiment is planned to take place in Tunis in February. During this field experiment, the TDR technique developed in laboratory will be tested for field conditions. Also the different TDR-systems used at ORSTOM and at Lund University will be compared and tested.

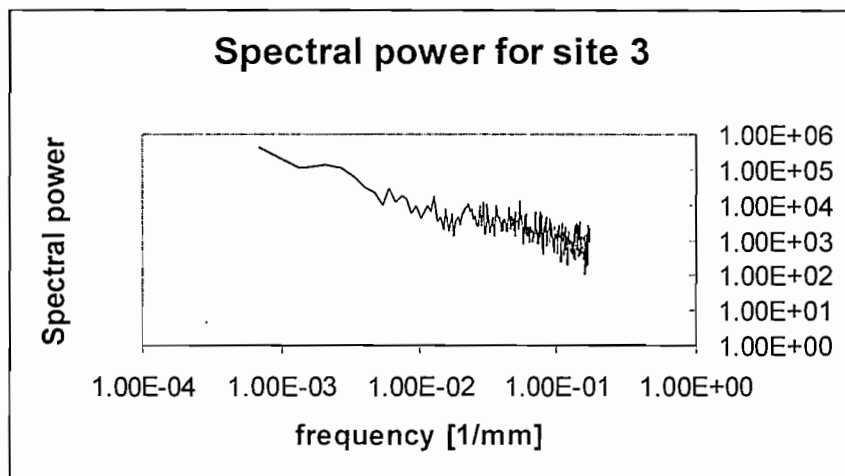
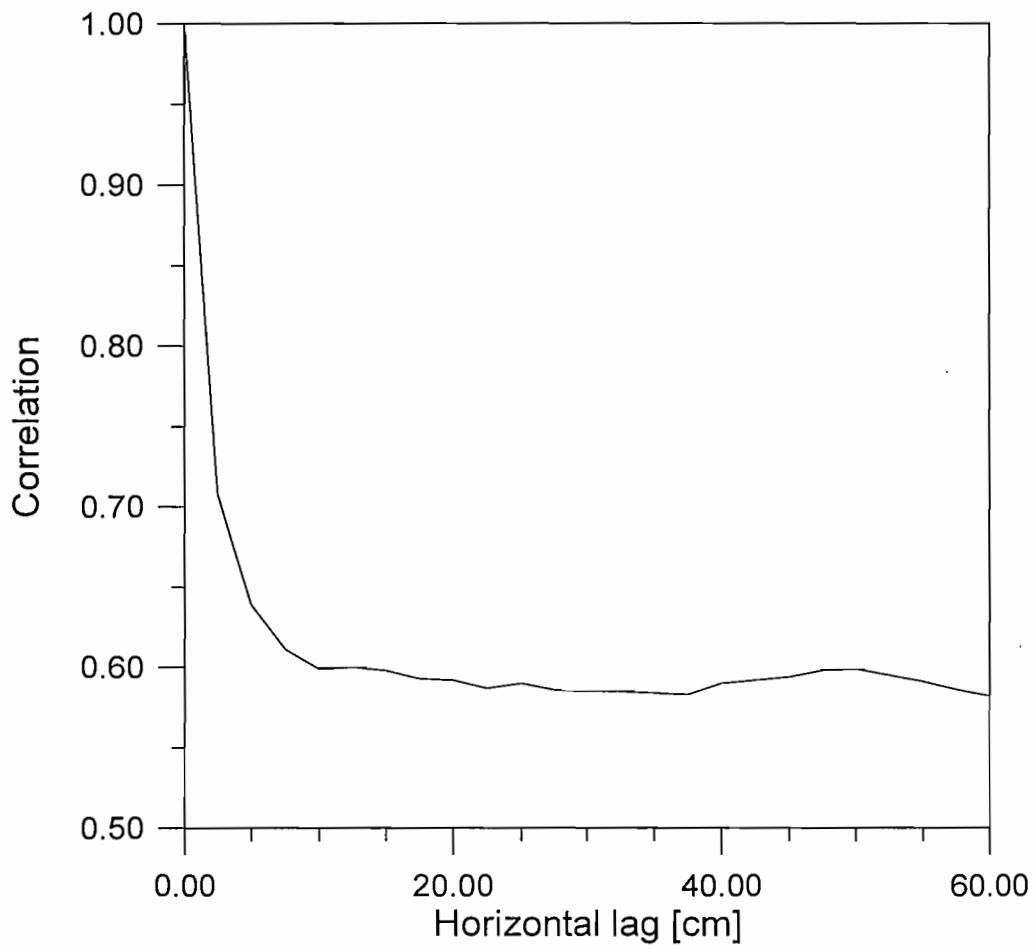


Figure 1. Average spectral power for maximum depths of dye penetration.

Figure 2. Cross-correlation as a function of distance for consecutive dye photos.

Cross correlation between individual dye photos from site 2



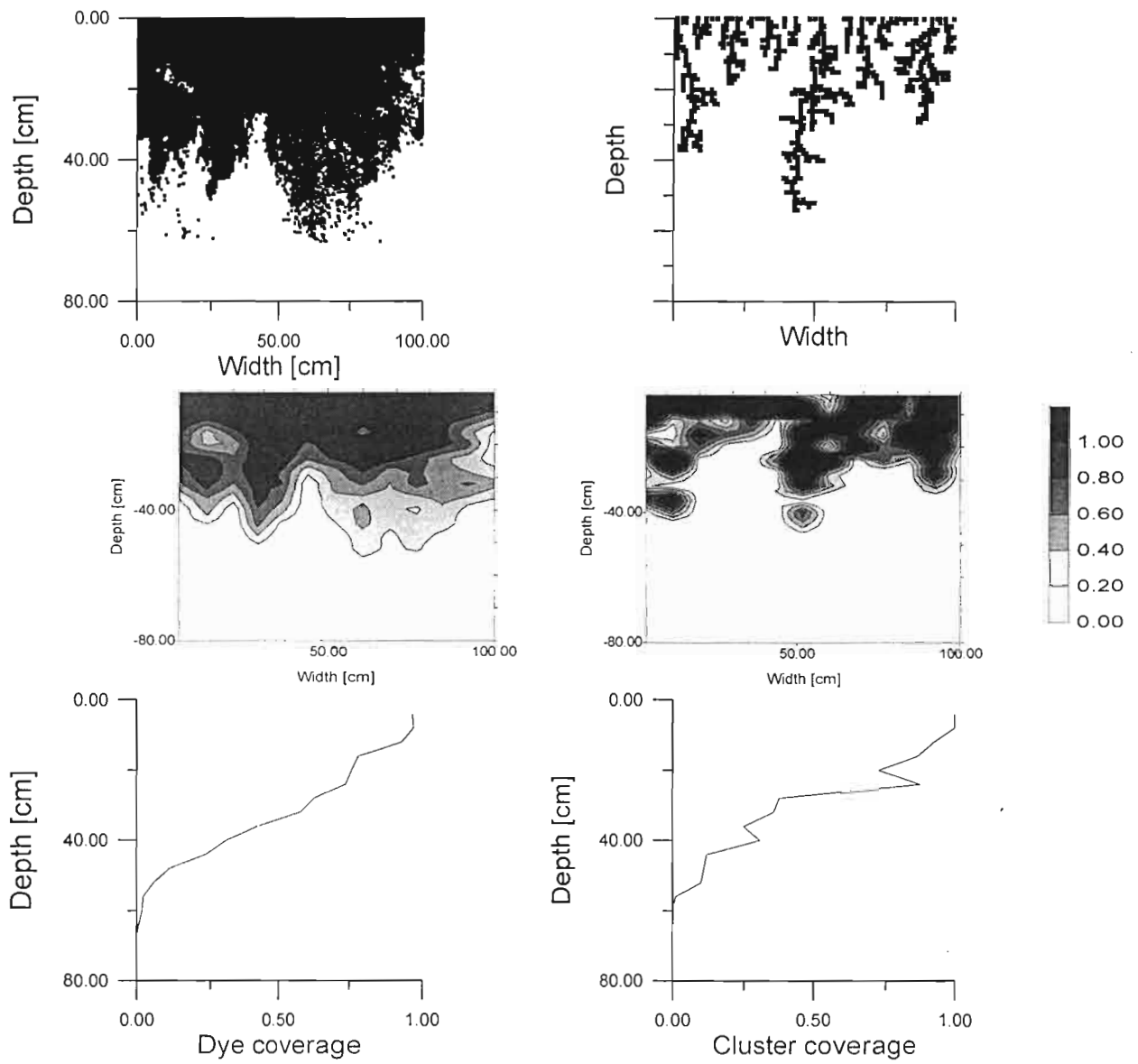


Figure 3. Example of the modeling procedure and example of comparison between model results and observation.





## List of accumulated publications

### *Published:*

- Berndtsson, R., (editor, 1999), Proceedings of 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), *Rep.* 3222, Dep. of Water Resour. Eng., Lund Univ., Lund, 1-316.
- Palmquist, O., and O. Tullberg, (1997), An experimental study of pollutant transport and erosion susceptibility in Tunisia, a study with rainfall simulation and dye in the M Richet el Anze catchment, M. Sc. Thesis, Dep. of Water Resour. Eng., Inst. of Techn., Univ. of Lund, Lund, pp. 1-56.
- Persson, M., (1997), Non-destructive measurements of solute transport in the unsaturated zone using time domain reflectometry, Lic. Sc. Thesis, Rep. No. 3212, Dep. of Water Resour. Eng., Inst. of Techn., Lund Univ., Lund, pp. 1-129.
- Persson, M., (1999), Conceptualization of solute transport using time domain reflectometry, a combined laboratory and field study, D. Sc. Thesis, Rep. No. 1025, Dep. of Water Resour. Eng., Lund Univ., Lund, pp. 1-60 + 8 append.
- Persson, M., and R. Berndtsson, (1998), Estimating transport parameters in an undisturbed soil column using time domain reflectometry and transfer function theory, *J. Hydrol.*, 205, 232-247.
- Persson, M., and R. Berndtsson, (1998), Estimating transport parameters in an undisturbed soil column using time domain reflectometry and transfer function theory, *J. Hydrol.*, 205, 232-247.
- Persson, M., and R. Berndtsson, (1998), Texture and electrical conductivity effects on temperature dependency in time domain reflectometry, *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 62, 887-898.
- Persson, M., and R. Berndtsson, (1998), Noninvasive water content and electrical conductivity laboratory measurements using time domain reflectometry, *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 62, 1471-1476.
- Persson, M., R. Berndtsson, J. Albergel, S. Nasri, A. Bahri, P. Zante, (1998), A non-invasive approach for measurements of near-surface water content, *Annal. Geophys.*, 16, Suppl. II, C483.
- Persson, M., R. Berndtsson, Y. Umegaki, S. Nasri, J. Albergel, P. Zante, (1999), Solute transport and water content measurements in clay soils using time domain reflectometry, paper, (subm. To *Hydrol. Sci. J.*).
- Somogyi, P., R. Berndtsson, J. Albergel, S. Nasri, A. Bahri, P. Zante, (1998), Preferential flow as indicated by brilliant blue, *Annal. Geophys.*, 16, Suppl. II, C480.

### *In preparation:*

- Nasri, S., (2001), Soil management of arid watersheds for sustainable crop growth, D. Sc. Thesis, Dep. of Water Resour. Eng., Inst. of Techn., Univ. of Lund, Lund, (in prep.).
- Somogyi, P., (2001), Solute transport in semi-arid soils, D. Sc. Thesis, Dep. of Water Resour. Eng., Inst. of Techn., Lund Univ., Lund, (in prep.).
- Umegaki, Y., (2002), Transport of metals in heterogeneous soils, D. Sc. Thesis, Dep. of Water Resour. Eng., Inst. of Techn., Lund Univ., Lund, (in prep.).

Yasser, I., (2002), Use of GIS to model wadi runoff, D. Sc. Thesis, Dep. of Water Resour. Eng., Inst. of Techn., Lund Univ., Lund, (in prep.).

***Planned:***

Somogyi, Berndtsson, Bahri, Albergel, Zante, (1999), Preferential flow as indicated by brilliant blue tracers, experiments in Tunisia, Soil Sci. (in prep.).

Somogyi, Olsson, Berndtsson, Bahri, Albergel, Zante, (1999), Fractal transport patterns of solutes in a semi-arid soil, Soil Sci. Soc. Amer. J. (in prep.).

Nasri, S. et al (1998), Erosion and soil water characteristics in a semiarid catchment in Tunisia. In prep.

Nasri, S. et al (1998), Infiltration modeling and derivation of geomorphic instantaneous unit hydrograph.

Nasri, S. et al (1999), Prediction of runoff in semiarid climate based on geomorphic instantaneous unit hydrograph.