

HAPEX-II-SAHEL

UN PROJET DE MODELISATION DU BILAN HYDROLOGIQUE ET DU BILAN ENERGETIQUE EN CLIMAT TROPICAL SEC

QUELQUES CONTRIBUTIONS PROVISOIRES DU GROUPE DE COORDINATION

Octobre 1989

**Contacts : Michel HOEPPFNER - ORSTOM - BP 5045 - 34032 MONTPELLIER CEDEX 01 - FRANCE -
Tél. (33) 67 61 74 00 - Télex : ORST MPL 485 507 F - Téléfax : 67 54 78 00**

**Jean-Paul GOUTORBE - CNRM - 42 avenue G. Coriolis - 31057 TOULOUSE CEDEX
- FRANCE -
Tél. (33) 61 07 90 90 - Télex : 521 990 F - Téléfax : 61 07 96 00**

**HAPEX-II-SAHEL
GROUPE DE COORDINATION**

RESEAUX METEOROLOGIQUES	Pierre BESSEMOULIN CNRM 42 Avenue G. Coriolis 31057 TOULOUSE Cedex (FRANCE)	Tel : (33) 61 07 90 90 Fax : (33) 61 07 96 00 Telex : 521 990 F
HYDROLOGIE	Thierry LEBEL ORSTOM BP 5045 34032 MONTPELLIER Cedex (FRANCE)	Tel : (33) 67 61 74 00 Fax : (33) 67 54 78 00 Telex : 485 507 ORSTOMPL F
HUMIDITE DU SOL	Richard CUENCA Department of Agricultural Engineering Oregon State University CORVALIS OR 97331-3906 USA	Tel : (503) 754 2041 Fax : (503) 754 2400 Telex : 5105 960 682 OSU COVS
ECOLOGIE ET VEGETATION	J.S. WALLACE Institute of Hydrology WALLINGFORD OX 10 8BB UK	Tel : (0491) 38800 Fax : (0491) 32256 Telex : 849 365 Hydrol G
FLUX MESURES AU SOL	John GASH Institute of Hydrology WALLINGFORD OX 10 8BB UK	Tel : (0491) 38800 Fax : (0491) 32256 Telex : 849 365 Hydrol G
FLUX MESURES PAR MOYENS AEROPORTES	Bruno BENECH Laboratoire d'Aé' rologie CRA 65300 LANNEMEZAN (FRANCE)	Tel : (33) 62 98 04 24
TELEDETECTION	Yann KERR LERTS 18 Avenue E. Belin 31055 TOULOUSE Cedex (FRANCE)	Tel : (33) 61 27 44 72 Fax : (33) 61 28 14 10 Telex : 531 081 F
MODELISATION AU DESSUS DE LA CANOPEE	Pavel KABAT Staring Centrum (formerly ICW) Postbus 125 6700AC WAGENINGEN THE NETHERLANDS	Tel : (31) 83 70 19 100 Fax : (31) 83 70 11524/24812 Telex : 75230 VISI-NL
MODELISATION MESOECHELLE	Robert ROSSET LAMP/OPGC 12 Avenue des Landais 63000 CLERMONT-FERRAND (FRANCE)	Tel : (33) 73 26 33 32 (33) 73 26 41 10 Fax : (33) 73 27 16 57 Telex : 392 450 F
CLIMATOLOGIE	Bernard FONTAINE Centre de Recherche de Climatologie Université de Dijon 36 Rue Chabot Charny 21000 DIJON (FRANCE)	Tel : (33) 80 30 34 66
BASE DE DONNEES	Christine MAZAUDIER CRPE 4 Avenue de Neptune 94107 ST-MAUR-DES-FOSSES (FRANCE)	Tel : (33) 16 1 48 86 12 63 Fax : (33) 16 1 48 89 44 33 Telex : 680 327 F

HAPEX-II-SAHEL

RESEAUX METEOROLOGIQUES

Coordonnateur : P. Bessemoulin, Toulouse, France

Les objectifs du Groupe "Réseaux Météorologiques" sont de deux types :

I - ENCADREMENT DE L'EXPERIENCE A ECHELLE SYNOPTIQUE (CNRM/4M).

Afin d'améliorer la qualité de l'analyse opérationnelle effectuée par le CEPMMT ou la Météorologie Nationale sur cette zone, il est proposé (CNRM/4M) de compléter le réseau de radio-sondages existant par deux points supplémentaires. Il s'agit d'une étape obligée pour une utilisation optimale de modèles de méso-échelle qui utiliseront ces analyses comme conditions de forçage. La localisation de ces sites se fera en concertation avec les organismes cités plus haut. Une disposition en triangle permettrait d'avoir en outre accès à la vorticité et à la divergence de l'écoulement, paramètres importants de la circulation de grande échelle. Des sondages seraient effectués aux heures synoptiques, les mesures étant transmises en temps réel sur le SMT pour prise en compte dans les schémas d'assimilation.

II - ENCADREMENT DE L'EXPERIENCE A MESOECHELLE

II.1 RESEAU SOL (CNRM/4M)

Le réseau météorologique local est insuffisant en densité et n'effectue pas toutes les mesures nécessaires à un programme de type HAPEX (bilan radiatif par exemple).

Il est proposé d'implanter un réseau de douze stations automatiques météorologiques (CNRM/4M), réparties sur le degré carré, mesurant les paramètres météorologiques classiques et le bilan radiatif, avec comme objectifs principaux l'interprétation des mesures de flux turbulents en fonction du contexte méso-météorologique, l'estimation de l'évapotranspiration potentielle, la fourniture de données de validation aux moyens de télédétection et de modélisation, le zonage du degré carré en vue de la phase d'intégration des flux, et la documentation du gradient Nord-Sud. Il est envisagé pour l'instant d'installer ce réseau pendant la Période d'Observations Intensives (mi-août à mi-octobre), correspondant à la période d'assèchement.

Cette période pourrait éventuellement s'étendre pendant la saison des pluies (mai à août) si le besoin exprimé par les hydrologues se précise. Dans ce cas, il serait essentiel de trouver une aide locale pour la maintenance des équipements, ce qui nécessiterait une phase de formation de ces personnels.

II.2 DONNEES D'ALTITUDE (CNRM/4M)

Une information relative à la structure thermodynamique verticale de l'atmosphère est essentielle pour corriger les informations délivrées par les moyens de télédétection. Un radio-sondage systématique par jour, au centre du degré carré, au moment du passage du satellite NOAA devrait permettre d'atteindre cet objectif (CNRM/4M).

Les dispositifs expérimentaux décrits en I et II sont considérés comme constituant le "noyau dur" de l'encadrement météorologique à moyenne échelle de la campagne.

III - SUIVI EN CONTINU DU PROFIL DE VENT (CNET/CRPE)

La présence dans le degré carré d'un profileur de vent (sodar Doppler + Radar ST) représenterait un apport important pour le suivi de la structure cinématique de l'atmosphère (CNET/CRPE). On pourrait ainsi connaître beaucoup plus précisément l'évolution des principaux courants aériens (mousson, Jet d'Est Africain (JEA), Jet d'Est Tropical (JET)...), identifier des ondes associées aux forçages mécaniques (propagation de courants de densité d'air froid à l'avant des lignes de grains, pénétration de tours convectives au-dessus de la tropopause...) ou thermiques (refroidissement évaporatif sous la traîne nuageuse stratiforme des lignes de grains, évaporation de l'eau accumulée en surface).

L'utilisation de tels moyens pendant l'expérience suppose qu'on aura réussi à minimiser les coûts de transport et de mise en oeuvre estimés à 1 500 000 FF (en août 1989).

IV - SONDAGES A CADENCE ACCELEREE LORS DU PASSAGE D'EVENEMENTS PLUVIEUX (CNET/CRPE, CNRM/4M).

L'augmentation du rythme des radio-sondages lors du passage des événements pluvieux permettrait une meilleure connaissance de la structure de l'atmosphère et de son évolution dans ces conditions. En effet, des variations assez rapides des paramètres contrôlant l'activité des systèmes précipitants se produisent dans les heures précédant leur arrivée : intensification et humidification du flux de mousson, ralentissement du Jet d'Est Africain de moyenne troposphère, accélération du Jet d'Est Tropical situé vers la tropopause. De même, l'environnement arrière joue un rôle important dans l'intensité et la stabilité du système, notamment par l'intensité et la sécheresse du JEA.

Ces informations sont importantes pour l'initialisation de modèles tri-dimensionnels de moyenne échelle, et pour caractériser le type de système précipitant observé (orage isolé multi- ou super-cellulaire, amas convectif, lignes de grains, ...), et pourraient utilement être confrontées aux données du radar numérisé de Niamey.

HAPEX-II-SAHEL

HYDROLOGIE

Coordonnateur : T. Lebel, Montpellier, France

Dans l'expérience HAPEX-II-SAHEL, les études hydrologiques concernent :

- * la répartition spatiale des précipitations au sol ;
- * la formation des écoulements ;
- * la concentration de ces écoulements, soit vers des zones endoréïques, soit vers des émissaires de drainage externe, soit au contraire leur dispersion dans les plaines inondables, favorisant une infiltration vers les nappes et une reprise ultérieure par évaporation ;
- * les transferts dans les nappes souterraines.

LA REPARTITION SPATIALE DES PRECIPITATIONS

Le réseau sol mis en place dans le cadre du programme EPSAT servira de dispositif principal pour la mesure des précipitations sur le degré carré. L'association de ce réseau sol exceptionnellement dense et du système radar permettra d'estimer les lames d'eau tombées sur des surfaces variant de 1 à 10 000 km² avec une résolution temporelle minimum de 5 minutes. En s'appuyant sur des méthodes de type géostatistique, dont l'emploi semble convenir d'après les premières études réalisées (Thauvin et Lebel, 1989), on sera également à même de fournir une indication quantitative de la précision avec laquelle sont calculées ces lames d'eau.

LA FORMATION DES ECOULEMENTS

Les nombreuses campagnes d'observation menées par l'ORSTOM dans ces régions (Jacon et Camus, 1967 ; Chevallier et al., 1985 ; Brunet-Moret et al., 1986), ont permis de mettre en évidence un fonctionnement hydrologique bien particulier : dans les têtes de bassins (petits bassins versants), les écoulements peuvent être extrêmement violents et soudains, mais ils se dissipent dans les plaines alluviales où les zones inondables favorisent l'infiltration, les eaux ainsi infiltrées pouvant soit se réévaporer ultérieurement soit réalimenter les nappes phréatiques. Une fois la pluviométrie correctement estimée, une bonne reconstitution des écoulements nécessite de connaître la répartition des états de surface et leur aptitude au ruissellement. Cette étude de la répartition des états de surface, définis comme l'association du couvert végétal et de l'horizon supérieur du sol, sera à effectuer en liaison avec les équipes travaillant sur le thème "Ecologie et Végétation".

CONCENTRATION ET DISPERSION DES ECOULEMENTS SUPERFICIELS

Lors du travail sur l'Oued Ghorfa en Mauritanie, G. Girard (1975) a bien souligné qu'une modélisation satisfaisante des écoulements en milieu sahélien ne peut être réalisée que dans la mesure où des connaissances suffisantes sont disponibles sur le milieu physique. De ce point de vue, le caractère peu marqué du relief et la dégradation des réseaux hydrographiques rendent nécessaires une étude hydromorphologique spécifique. Cette étude aura pour but de différencier les bassins exoréïques et endoréïques, de déterminer les cours d'eau et les zones inondables associées. Le recours à l'imagerie satellitaire est à ce stade indispensable. L'équipement de bassins versants pour mesurer les débits se fera en fonction des résultats de cette étude.

LES NAPPES SOUTERRAINES

La réinfiltration du ruissellement superficiel, produit sur les petits bassins amont, au niveau des zones aval d'inondation facilite localement la réalimentation des nappes et accroît la part des écoulements dans les premières couches du sol. Le suivi de ces nappes est capital pour évaluer les quantités d'eau évacuées en dehors de la zone modélisée par voie souterraine. La modélisation de ces processus se heurte à la méconnaissance des surfaces piézométriques des nappes phréatiques. L'observation à venir des débits de tarissement des cours d'eau et l'observation passée (là où le nivellement des points de mesure est fiable) et future de l'évolution temporelle des niveaux piézométriques aux puits d'observation sont donc indispensables à une bonne modélisation de cette ultime composante de la partie terrestre du cycle de l'eau.

BIBLIOGRAPHIE

BRUNET-MORET Y., CHAPERON P., LAMAGAT J.P., MOLINIER M. (1986)

Monographie hydrologique du fleuve Niger. Editions de l'O.R.S.T.O.M. Collection Monographies hydrologiques N°8.

CHEVALLIER P., CLAUDE J., POUYAUD B., BERNARD A. (1985)

Pluies et crues au Sahel . Hydrologie de la mare d'Oursi. Editions de l'O.R.S.T.O.M. Collection Travaux et Documents n°190.

GIRARD G. (1975)

Application du modèle à discrétisation spatiale au bassin versant de l'Oued Ghorfa (Mauritanie). Cahiers O.R.S.T.O.M., sér. hydrol., vol. XII, n°3, 167-168.

JACCON G., CAMUS H. (1967)

Etude hydrologique des Oueds Ghorfa et Niorde et des Oualos en amont de Kaedi. Editions de l'O.R.S.T.O.M. Hydrologie. 127 p.

THAUVIN V., LEBEL T. (1989)

Study of rainfall over the Sahel at small time steps using a dense network of recording raingauges. International Workshop on Precipitation Measurement. December 4-7, 1989. St Moritz. Switzerland.

HAPEX-II-SAHEL

ECOLOGIE ET VEGETATION

Coordonnateur : J.S. Wallace, Wallingford, Grande-Bretagne

RESUME

La végétation joue un rôle crucial dans les bilans énergétiques et hydrologiques du Sahel. De plus, la désertification, par définition, peut être considérée comme une perte de végétation qui est liée aux changements climatiques. Toutes les tentatives pour comprendre et, après, modéliser ce phénomène doivent tenir compte explicitement des rôles spécifiques des plantes et du sol.

Les objectifs spécifiques de l'équipe "Ecologie et Végétation" au sein d'HAPEX-II-SAHEL doivent être centrés autour de la mesure des différentes végétations rencontrées ainsi qu'autour de l'évaluation et de la modélisation de la transpiration et de l'évaporation du sol. Il est admis que six groupements de chercheurs (2 américains, 2 britanniques et 2 français) ont cités et connus comme ayant un potentiel d'expertises à la fois suffisant et complémentaire, afin de faire avancer la connaissance scientifique dans notre domaine. Il est à noter que nous n'avons pas contacté et demandé de participer à l'expérience HAPEX à l'ensemble de ces six groupements. De plus, leur contribution à l'expérience HAPEX-II-SAHEL dans sa globalité serait grandement facilitée par le succès d'un autre objectif, celui de modéliser le bilan hydrologique sur une grande surface du Sahel. Ce dernier objectif est une nécessité dans le cadre de l'élaboration d'un Modèle Climatique Global qui sera utilisé afin de prédire les changements climatiques et la désertification.

INTRODUCTION

Ce thème de recherche au sein de l'expérience HAPEX-II-SAHEL correspond à l'étude du rôle de la végétation dans le bilan de l'eau au Sahel. L'un des objectifs principaux de l'expérience HAPEX est la mesure des différents flux énergétiques moyens sur toute la zone étudiée. Il s'agit aussi de flux de chaleur latente et sensible.

Les principaux types d'occupation du sol sont définis sur le terrain d'étude. Il s'agit des cultures de mil et de la brousse tigrée.

Un autre thème de recherche dans HAPEX-II-SAHEL "Les études des flux de surface" doit être entendu comme l'évaluation de l'ensemble des flux de chaleur sensible et chaleur latente au-dessus des cultures de mil et de la brousse tigrée. Toutes les tentatives pour comprendre et modéliser ces phénomènes doivent prendre en compte explicitement des rôles spécifiques des plantes et du sol.

Les objectifs du groupe de travail "Ecologie et Végétation" restent toutefois centrés sur la typologie de la végétation et la mesure de la biomasse tout comme celles de la transpiration végétale et de l'évapo-transpiration avant de déboucher sur la modélisation de ces dernières.

La combinaison des résultats obtenus permettra la comparaison avec les flux mesurés de façon indépendante en utilisant les techniques micrométéorologiques.

Ceci impliquera les actions suivantes :

la cartographie et le suivi de la végétation naturelle (brousse tigrée et savane) ainsi que des cultures (mil).

la caractérisation de la variation spatiale de la végétation et la classification de cette dernière en unités élémentaires en fonction de l'eau (avec les différents bilans) et en accord avec la couverture végétale, les conditions pédologiques et la localisation topographique.

des mesures directes de la transpiration et de l'évaporation du sol au sein des principaux types végétaux ayant été définis.

le développement de modèles édaphiques et pédologiques afin de prédire la transpiration des plantes et l'évaporation du sol.

des études sur la compréhension du cycle de CO₂ au niveau de la plante et de la canopée. Le but est de déterminer si la biomasse végétale appréhendée par les moyens de la télédétection satellitaire est un bon indicateur de la transpiration cumulée sur de grandes surfaces.

METHODES ET TECHNIQUES

La cartographie, la caractérisation de la végétation, comme sa variation spatiale, seront effectuées en utilisant des mesures radiométriques aéroportées et satellitaires et des mesures faites au sol.

La télédétection d'indices de végétation et de températures de surface peut être menée soit par satellite (SPOT, LANDSAT TM, etc.) soit par avion.

Les fractals et la géostatistique pourront être utilisés pour déterminer les formes géométriques et les portées des variations de la végétation.

La mesure directe de la transpiration dans la communauté des plantes de la savane est ardue. Cependant, il serait possible d'effectuer des mesures sur quelques espèces dominantes. Ensuite à partir de ces données et des variations dans le temps et l'espace constatées, une extrapolation pourrait être faite à l'ensemble de la communauté. Les techniques spécifiques pourraient inclure :

des analyseurs portables de gaz dans l'infra-rouge. Le but est la mesure de la conductance des stomates des feuilles et la détermination du CO₂. Les conductances des stomates et les indices de surface de feuilles peuvent être utilisés pour l'estimation de la transpiration.

des appareils heat flow/pulse (mesure de la transpiration des buissons et des arbres). Les techniques modernes qui utilisent des appareils... sont connues pour fonctionner de façon satisfaisante sur quelques espèces ligneuses et sont d'un usage routinier dans le cadre d'un projet d'agro-foresterie au Niger.

des microlysimètres : leur utilisation permet d'avoir des mesures directes d'évaporation du sol par pesée.

l'échange de CO₂ entre la surface du sol et l'atmosphère peut être étudié à l'échelle de la canopée par la méthode des auto-corrélations. Cette information peut être complétée à l'échelle de la plante par des données collectées en utilisant la technique 1, citée ci-dessus.

La combinaison des mesures sol de la transpiration, de l'évaporation du sol et des échanges de CO₂ et des mesures utilisant la télédétection du type de végétation et de la biomasse totale pourraient constituer une opportunité rare pour l'accroissement de la connaissance scientifique du monde végétal. De plus, cette étude se place dans le cadre de l'expérience HAPEX-II-SAHÉL et elle pourrait contribuer de façon significative à l'objectif de modélisation du bilan hydrique de la végétation du Sahel. Ainsi, nous travaillerions à l'échelle qui est nécessaire à la mise en oeuvre des Modèles Climatiques Globaux, eux mêmes, indispensables à la prévision des changements climatiques et de la désertification.

HAPEX-II-SAHEL

FLUX MESURES PAR MOYENS AEROPORTES

Coordonnateur : B. Benech, Lannemezan, France

OBJECTIFS

Ce thème vise à la détermination des propriétés et des flux de surface par avions équipés en turbulence et en télédétection. Il contribue ainsi à la connaissance du bilan d'énergie à l'interface sol-atmosphère en prenant en compte plus particulièrement le bilan hydrique. Il permet par ailleurs d'analyser les propriétés et le bilan énergétique de la couche limite atmosphérique.

Les problèmes qui sont abordés dans ce thème concernent :

l'intégration des flux de l'échelle locale à une échelle compatible avec la maille des modèles à moyenne et grande échelle, en liaison avec les thèmes "Réseaux Météorologiques" et "Flux mesurés au Sol",

le suivi de ces flux et de leur variabilité pendant la phase d'assèchement du sol qui correspond à la période de la campagne expérimentale située entre la saison des pluies et la saison sèche,

la détermination des fonctions qui lient les flux atmosphériques (chaleur sensible, chaleur latente et quantité de mouvement) aux caractéristiques de surface (température, sol, altitude, rugosité, relief, humidité du sol...) et de la couche limite en fonction de la maille considérée,

la validation des méthodes de télédétection pour leur détermination en comparaison avec les mesures directes et l'application aux données satellitaires en liaison avec le thème "Télédétection",

Ces objectifs nécessitent par ailleurs, une prise en compte des caractéristiques atmosphériques (couverture nuageuse, aérosol, advection horizontale et verticale...) permettant d'appréhender les paramètres directeurs du bilan d'énergie (termes radiatifs, d'advection, ...) et les fonctions de transfert radiatif de l'atmosphère.

Dans le cadre d'HAPEX-II-SAHEL, les moyens aéroportés doivent être équipés :

- de mesures de turbulence en ciel clair,
- de moyens de télédétection (radiomètre, lidar...),
- de capteurs d'aérosol et microphysiques.

SYNTHESE DES PROPOSITIONS DES EQUIPES INTERESSEES

Le Laboratoire d'Aérodynamique de Toulouse est intéressé par les points 1, 2 et 3 des objectifs présentés au paragraphe précédent. Il conduit actuellement des études préliminaires sur l'étude des méthodes de passage des propriétés micrométéorologiques locales aux propriétés équivalentes intégrées à grande échelle. Ceci impose une connaissance précise du contenu physique des notions locales puis l'étude de l'évolution de ce contenu physique des notions locales puis l'étude de l'évolution de ce contenu au cours de l'opération d'intégration. Dans ce cadre, il souhaite mettre en oeuvre les avions français équipés pour des mesures de turbulence. Ces avions, utilisés simultanément, devraient permettre un échantillonnage adéquat du domaine HAPEX. Il s'agit des avions ARAT (Fokker 700) de l'INSU et FAIRCHILD MERLIN IV de la Météorologie Nationale. Outre les mesures de dynamique fine dans la couche limite, le Lidar embarqué sur l'ARAT devait apporter des informations complémentaires sur la structure interne de la couche limite atmosphérique.

L'équipe du Prof. HACKER du "Flinders Institute Atmospheric and Marine Sciences" en Australie conduit des études de bilan énergétique et hydrique dans les régions semi-désertiques et elle est intéressée par une participation active sur ce thème en mettant en oeuvre un avion équipé pour la turbulence et les mesures hydriques.

Les équipes américaines du NCAR et de l'Oregon State University ont fait aussi part de leur intérêt pour cette expérience.

Le LERTS, le LOA et le LMD sont intéressés par les objectifs 3 et 4 en mettant un accent particulier pour le LERTS sur l'estimation des paramètres de surface liés au bilan hydrique par télédétection aéroportée. Ils souhaitent utiliser l'avion ARAT de l'INSU dans sa version télédétection équipé de radiomètre hyperfréquence (PORTOS, PBMR), IR thermique (TIMS), IR large bande (IRT), visible/proche IR/moyen IR. Ils souhaitent ainsi mettre au point des méthodologies de mesure de télédétection des propriétés de surface, d'analyser leur faisabilité et de les valider en vue de leur utilisation sur satellite.

Les équipes anglaises (White du NERC) et américaines (Th. Schmugge de la NASA) spécialisées en télédétection aéroportée souhaitent s'engager dans ce programme.

L'analyse des données satellitaires (LMD) nécessitent une connaissance des caractéristiques de la troposphère (aérosols, nuages). Les moyens aéroportés doivent donc permettre de caractériser, surtout dans la basse et moyenne troposphère, les aérosols présents. L'ARAT pourrait réaliser les mesures nécessaires pour caractériser les aérosols (spectres et concentrations).

Un programme annexe est proposé par le CNET (Roux) en vue d'améliorer les estimations du bilan hydrique par radar. Ce projet nécessite une caractérisation des propriétés microphysiques des nuages présents dans les lignes de grain qui pourraient être envisagés à partir du FAIRCHILD MERLIN IV.

HAPEX-II-SAHEL

MODELISATION AU DESSUS DE LA STRATE DE LA CANOPEE (A DIFFERENTES ECHELLES)

Coordonnateur : P. Kabat, Wageningen, Pays-Bas

Les expériences antérieures menées à une grande échelle et étudiant les mécanismes d'échanges énergétiques, y compris HAPEX-MOBILHY, ont toutes démontré l'importance de l'évaluation sur une vaste zone et de la modélisation de l'interface eau-sol-plante-atmosphère (ESPA).

Cette évaluation et cette modélisation sont liées aux mesures terrestres des variables météorologiques et des flux de surface.

Dans le cas d'un sol mal couvert et dans des conditions de non-saturation des organisations pelliculaires superficielles du sol, l'interface est d'une étude difficile car le choix des paramètres significatifs et la modélisation de cet interface, même sur une seule parcelle, deviennent ardu.

Dans la région semi-aride du Sahel, des mécanismes spécifiques liés à la faiblesse du couvert végétal et à l'extrême sécheresse des premiers centimètres des sols contribuent à la complexité du système (Bastiaanssen et al., 1989).

Ils sont la conséquence de flux de chaleur et de très fortes magnitudes issus du sol et d'une évapotranspiration intense.

A l'échelle de la parcelle, un modèle (ESA ARBRE/ESA RECOLTE) de simulation monodimensionnel, s'appuyant sur des concepts physiques, est souvent utilisé. Il décrit le transport des termes eau/vapeur d'eau à l'interface sol-plante-atmosphère. Son utilisation a pour objectif, l'estimation des termes du bilan hydrique dans le système eau-sol-atmosphère (Feddes et al., 1988 ; Kabat et al., 1989).

La limite supérieure du profil (monodimensionnel, vertical) telle qu'elle est considérée dans le modèle précédemment décrit, correspond, par hypothèse, à l'interface entre la sous-couche dynamique et la sous-couche de l'interface. Ceci implique que les flux d'(évapo-) transpiration réelle et potentielle sont des flux entrant dans la sous-couche dynamique avec les profils logarithmiques.

Les paramètres et les entrées nécessaires pour la mise en route d'un modèle dynamique ESPA, à l'échelle de la parcelle, sont le plus souvent mesurés dans des conditions de laboratoire, ou voisines de celles-ci. De plus, un vaste échantillon de données est nécessaire pour calibrer et valider le modèle.

Tout en sachant que l'échelle de la parcelle représente une échelle facilement appréhendable pour l'esprit et donc assez satisfaisante pour une réflexion physique et conceptuelle, la complexité des modèles à ce stade est souvent un obstacle pour passer à une autre dimension. En effet, les conditions de terrain d'acquisition des paramètres nécessaires, avant la mise en oeuvre des Modèles Climatiques Globaux, par exemple, imposent des simplifications d'où un mauvais accord entre modèles à différentes échelles.

D'un autre côté, et de façon assez antagoniste, les conséquences de l'hétérogénéité spatio-temporelle des sols, de la végétation et des paramètres climatologiques doivent être prises en compte avant de modéliser sur la plus grande surface possible.

Etant donné le caractère non linéaire des principaux phénomènes impliqués au niveau des transferts au sein d'un système ESPA, une simple extrapolation ou l'utilisation de valeurs moyennes semble à proscrire. Toutefois, des méthodes reposant sous des techniques similaires quant l'appréhension de l'échelle, de l'homogénéité et de la pondération linéaire ont pu être utilisées (Rubin et Hernandez, 1989). En général, par le biais de ces méthodes, les termes appelés "paramètres de transfert effectif", sont dérivés avant leur utilisation à plus grande échelle.

Afin d'accroître le domaine de validité des modèles à grande échelle dans le cadre d'un système ESPA, une approche stochastique sera préférable à une approche déterministe.

La question fondamentale est celle de la manière d'homogénéiser les données sur les principaux paramètres de transfert tout en évitant de forcer les bases physiques précédemment définies du système.

Une approche utilisant un modèle combiné avec une optimisation des procédures de collecte et des techniques stochastiques pourra être mise en oeuvre afin de connaître les paramètres du transfert de l'eau et de la vapeur d'eau dans un sol non saturé (Kabat et Hack-Ten Broeke, 1988 ; Feddes et al., 1989).

La modélisation s'appliquera à différents "blocs" qui correspondront à des unités définies par les paramètres effectifs identiques. Les données, indispensables comme entrées du modèle pour aboutir à la simulation, concerneront les flux d'énergie, l'état de l'eau dans les premiers centimètres du sol et, éventuellement, l'humidité du sol connues par des profils.

Ces données seront collectées au sein du programme de contrôle de l'humidité du sol et aussi par le biais de la télédétection satellitaire et lors des campagnes de mesures terrestres et aéroportées.

Sur l'ensemble ainsi généré des paramètres hydrauliques du sol, deux réseaux de données seront superposés. Les premières données seront liées à la dynamique de la végétation (pourcentage de couverture du sol, hauteur, indice foliaire) les secondes, au climat.

Les paramètres de transfert et l'ensemble des données spatialement distribuées qui auront été échantillonnées, seront utilisés pour la simulation des flux d'évapotranspiration, au-dessus de la couche de la canopée, pendant quelques périodes choisies de façon arbitraire durant l'expérience à des fins de vérification du modèle.

Une spatialisation des flux d'évapotranspiration pourra être générée par la superposition des paramètres et des données de terrain, collectées à différentes échelles à l'intérieur d'un maillage élémentaire et la mise en oeuvre d'un modèle SEA ARB/SEA REC approprié.

Ce faisceau de flux pourra être utilisé aussi afin de définir les conditions limites inférieures pour les modèles de deuxième ordre (au-dessus de la canopée).

A côté de la modélisation du système ESPA, centrée sur la recherche des paramètres significatifs aux différentes échelles, quelques applications usuelles de modèles existants sur SEA ARB/SEA REC pourront être faites après adaptation, selon les informations spécifiques du site de mesure. Une approche nouvelle des transferts de chaleur au niveau du sol et l'application de méthodes éprouvées quant à l'étude du ruissellement pourront être prises en compte dans les dernières versions du modèle que l'on choisira.

Elles accompagneront un suivi du front de l'évaporation dans le sol et une étude de l'écoulement transitant par macroposité.

HAPEX-II-SAHEL

MODELISATION A MESOECHELLE

Coordonnateur : R. Rosset, Clermont-Ferrand, France

OBJECTIFS

- Apporter des éléments à l'étude de la variabilité de la sous-maille (mésoséchelle) à l'échelle des mailles des Modèles Climatiques Globaux.
- Préparer les données micrométéorologiques et associer les résultats de la modélisation en milieu monodimensionnel à l'intérieur d'un modèle numérique en trois dimensions. Le but est de procéder à des intégrations spatiales de 5-10 km jusqu'à 100-500 km.
- De façon générale, un modèle à mésoséchelle à trois dimensions est capable d'incorporer, de manière déterministe, les informations collectées sur la surface du sol, le sol lui-même, la végétation et l'atmosphère.

LIMITES

L'un des problèmes à résoudre avant toute modélisation à mésoséchelle est celui du choix des échelles pertinentes afin de saisir l'hétérogénéité des flux de surface.

L'une des questions qu'il est légitime de poser est la suivante : ces flux sont-ils appréhendables, aux échelles les plus fines (mailles entre 5 et 10 km de côté) auxquelles il soit possible de travailler à mésoséchelle, avant la modélisation ?

DONNEES ET METHODES

- Le développement, les essais et la validation de modèles micrométéorologiques monodimensionnels sur le profil "vertical" sont indispensables. Le but est de les insérer au sein de modèles à mésoséchelle et d'y coupler sol, végétation, couche limite de l'atmosphère de quelques écosystèmes représentatifs du degré-carré étudié lors d'HAPEX-II-SAHEL ainsi que de zones voisines s'étendant sur 500 x 500 km².

Pour cela, il est important de respecter les étapes suivantes :

- Dans les cas de simulation en trois dimensions, il est nécessaire de faire une analyse satisfaisante de l'atmosphère, à l'échelle suivante (400 x 400 km), centrée sur le degré-carré (100 km x 100 km) correspondant à l'unité de HAPEX-II-SAHEL.

Pour obtenir ce résultat, un échantillon de données collectées par des radiosondages supplémentaires est indispensable comme un effort pour intégrer des systèmes EMERAUDE ou ECMWF.

- Des données sur l'occupation du sol seront récoltées (paramètres de végétation et de texture identifiées pour chaque maille).
- Une banque de données la plus exhaustive possible sera constituée (sol, surface du sol, données sur les sondages atmosphériques), tout d'abord, pour initialiser et, ensuite, pour valider les modèles à mésoséchelle.

Enfin, des sorties des modèles à mésoéchelle sont prévues dans des zones sélectionnées où les données d'entrée seront suffisamment consistantes.

La validation se fera sur la base des données collectées pendant la période d'observations intensives (mi-août à mi-octobre).

HAPEX-II-SAHEL

BANQUE ET BASE DE DONNEES

Coordonnateur : Ch. Mazaudier, St Maur des Fossés, France

Le groupe de travail aura les objectifs suivants :

- définir le projet, c'est-à-dire une banque ou une base de données.
- définir les supports, codes et formats pour l'échange des données.

Il est important de signaler que le projet développé dépendra des moyens informatiques (matériel et personnel) des laboratoires qui réaliseront la banque ou la base de données pour l'ensemble des participants.

BANQUE DE DONNEES

Le responsable de la banque doit recevoir les bandes, les vérifier, et les envoyer à ceux qui les réclament. Il est indispensable de vérifier les bandes, si ce travail n'est pas bien fait, les utilisateurs ont des problèmes et cela est multiplié par le nombre d'utilisateurs. Le support le plus général pour l'échange des données est la bande 1600 ou 6250 Bpi, non labellée), le code le plus utilisé est le code ASCII. Toutefois pour les données très haute résolution durant ces campagnes, le code binaire est encore accepté, mais toutefois son utilisation ajoute une étape de travail supplémentaire de transcodage. Les bandes doivent être écrites dans un format donné, le format Fire est assez général pour être utilisé pour ce projet.

Il faut que l'administrateur de la banque puisse utiliser un calculateur (micro ou macro calculateur) équipé d'un système de gestion de bases de données, cela lui permettra d'éditer le catalogue concernant les données et les mises à jour successives.

BASE DE DONNEES

Mettre en place une base de données, demande beaucoup plus de travail au responsable des données. En effet, il reçoit les bandes, il doit organiser une structure de travail sur un calculateur (ou plusieurs calculateurs connectés entre-eux). Dans une base de données, il faut inclure des "interfaces" entre les données et les utilisateurs (menus pour trouver les données, graphiques pour visualiser les observations, programmes de lecture et éventuellement de traitement etc.). Ce travail de programmation n'est pas à faire dans le cas de la Banque de données.

L'administrateur de la base doit régulièrement suivre l'évolution du (ou des) système d'exploitation du (ou des) calculateur sur lequel est la base et tenir régulièrement au courant les utilisateurs sur l'évolution de la base.

CONCLUSIONS

L'organisation d'une banque de données ne donne pas au responsable des données un travail aussi important que ne donne l'organisation d'une base de données. Cependant, chaque participant lorsqu'il reçoit les données, fait un travail qu'il n'aurait pas à faire s'il existait une structure de base de données.

La question posée aux utilisateurs des données est donc :

- quel travail chacun est-il prêt à faire pour faciliter l'utilisation de ses données ? (structuration des bandes, logiciels graphiques faciles que l'on peut échanger (suivant des standards), etc.).

La question posée aux responsables des laboratoires est :

- quel sont les personnels technicien ou ingénieur informatique qui peuvent travailler au projet ?

Les coûts des projets informatiques sont très variables, si l'on fait une banque ou une base de données.

Je pense qu'il serait bon que, pour des projets de cette ampleur, plusieurs laboratoires arrivent à construire une base de données répartie inter-laboratoires. Cela motiverait des ingénieurs en informatique et cela permettrait de mettre en commun des moyens répartis sur différents laboratoires.

Enfin, ce type de projet interdisciplinaire est très important pour échanger des méthodes de travail.