

Téledétection de l'humidité des sols

AEI, Paris 23-24 mars 2004

P. Rosnay¹, Y. Kerr¹, J.-C. Calvet², F. Lemaître³, R. Durbe², J.-P. Wigneron⁴

M.J. Escorihuela¹, N.E.D. Fritz², F. Lavenu¹, T. Holmes¹

(1) CESBIO Centre d'Etudes Spatiales de la Biosphère, patricia.derosnay@cesbio.cnes.fr, (2) CNRM/météo-France
(3) ONERA Office National d'Etudes et de Recherches Aérospatiales, (4) INRA Institut national de la recherche agronomique

1 Introduction

La mission satellitale SMOS (Soil Moisture and Ocean Salinity) doit fournir une information sur l'humidité des sols et sa dynamique à des échelles régionales et continentales [2]. L'expérience de terrain SMOSREX (Surface Monitoring Of Soil Reservoir Experiment) est conduite dans le cadre de la préparation à SMOS [2]. Dans la perspective d'améliorer la compréhension et la modélisation des processus d'interactions surface-atmosphère (continuité de MUREX [1]), elle consiste à utiliser simultanément :

- (1) la télédétection multi-spectrale (bande L, IRT, PIR, VIS),
 - (2) des mesures terrain (météo, sol, végétation)
 - (3) des modèles de processus de surface et de transfert radiatif.
- SMOSREX (2003-2004) planifiée pour deux ans, permet de considérer une large gamme de conditions météorologiques, hydrologiques, phénologiques ainsi que leurs interactions. SMOSREX est conduite en partenariat avec le CNRM, l'ONERA et l'INRA-Bordeaux et est partie intégrante du programme PIRRENE : Programme Interdisciplinaire de Recherche sur la Radiométrie en Environnement Extérieur (<http://www.oncert.fr/pirrene/>).

Les objectifs de cette campagne de terrain sont (1) d'une part de développer et d'améliorer les algorithmes direct et inverse en bande L, (2) d'autre part d'étudier l'apport de la télédétection de l'humidité des sols pour la compréhension et la modélisation des processus d'interaction sol-plante-atmosphère. SMOSREX constitue une composante des thématiques et activités de l'Observatoire Spatial de Sud-Ouest (OSSO) du CESBIO au FAUGA.

2 Le site expérimental du FAUGA

Le site expérimental est situé sur le complexe de l'ONERA (43°23'N, 1°17'E, altitude 188m altitude), environ 30km au sud de Toulouse. Deux surfaces (jachère et sol nu) sont considérées tant pour la télédétection multi-spectrale que pour la modélisation et les mesures au sol. Les conditions météorologiques sont très contrastées avec un hiver froid/humide et un été chaud/sec (Figures 1 et 2).

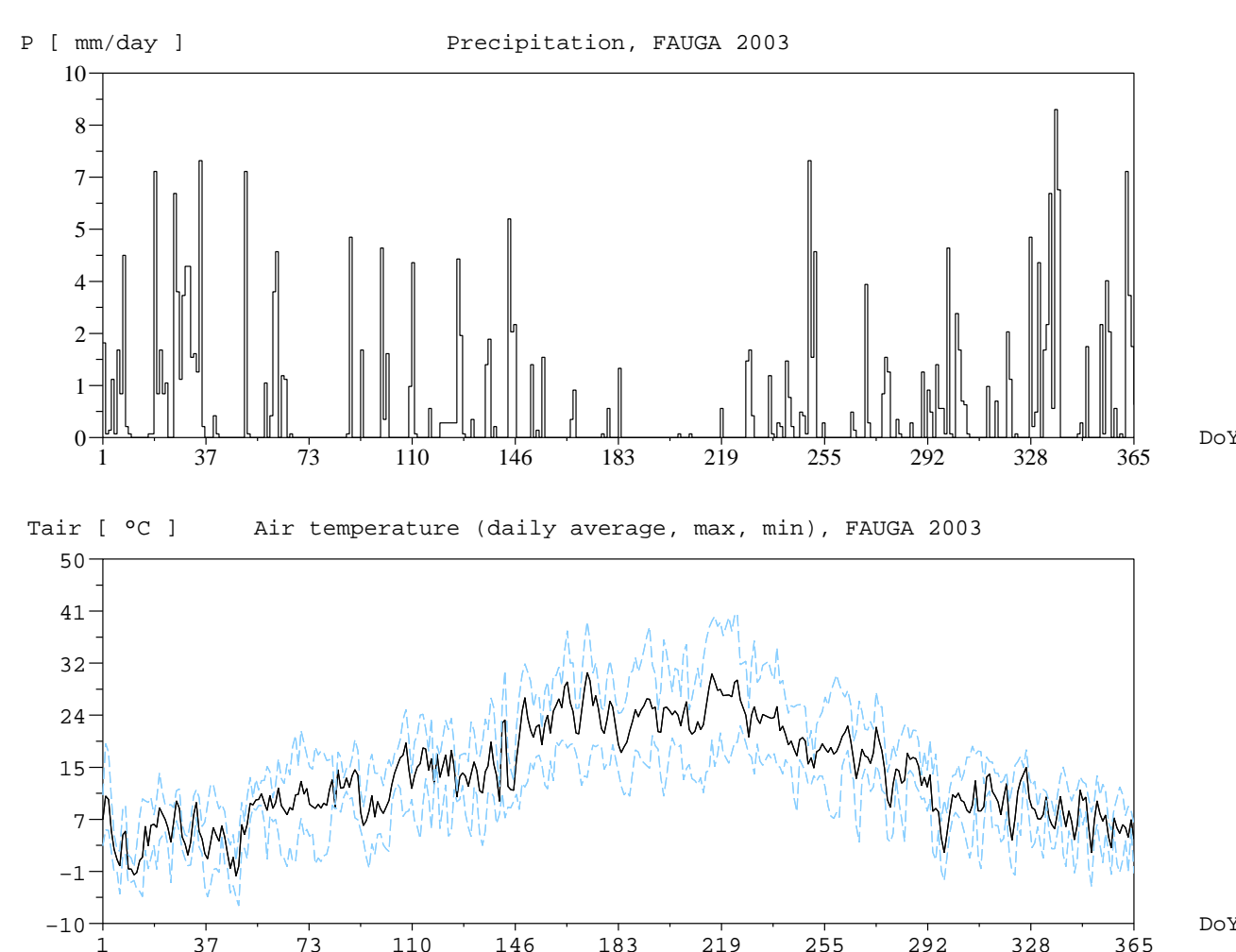


FIG.1 Cycles annuels des précipitations (mm/j) et température (°C) de l'air à 2m en 2003 sur le site de l'expérience SMOSREX.



FIG.2 Jachère en octobre et juillet 2003

3 Mesures au sol

Les mesures au sol concernent les précipitations, la température à 2 mètres, les flux de surface, les rayonnements solaire et infrarouge, la vitesse et la direction du vent, la pression atmosphérique, l'humidité spécifique de l'air le dépôt de rosé. L'humidité des sols est mesurée par des sondes Delta T device probe aux profondeurs suivantes : 0-5cm (x4), 10cm (x3), 20cm (x3), 30cm (x2), 40cm (x2), 50cm (x2), 60cm (x2), 70cm, 80cm, 90cm. Les températures sont mesurées à 1, 5, 20, 50 et 90 cm par des sondes PT100.

FIG.3 Station météorologique de SMOSREX.



Les données sont acquises automatiquement en continue (CR10x Campbell scientific). Des mesures manuelles sont conduites une fois par semaine pour caractériser la végétation (hauteur, biomasse, LAI) et le sol (texture, densité, rugosité).

La Figure 4a illustre le rôle direct de la végétation sur le signal en bande L. La biomasse contribue directement au signal, elle atténue la

contribution du sol et atténue sa propre émission vers le bas réfléchi par le sol.

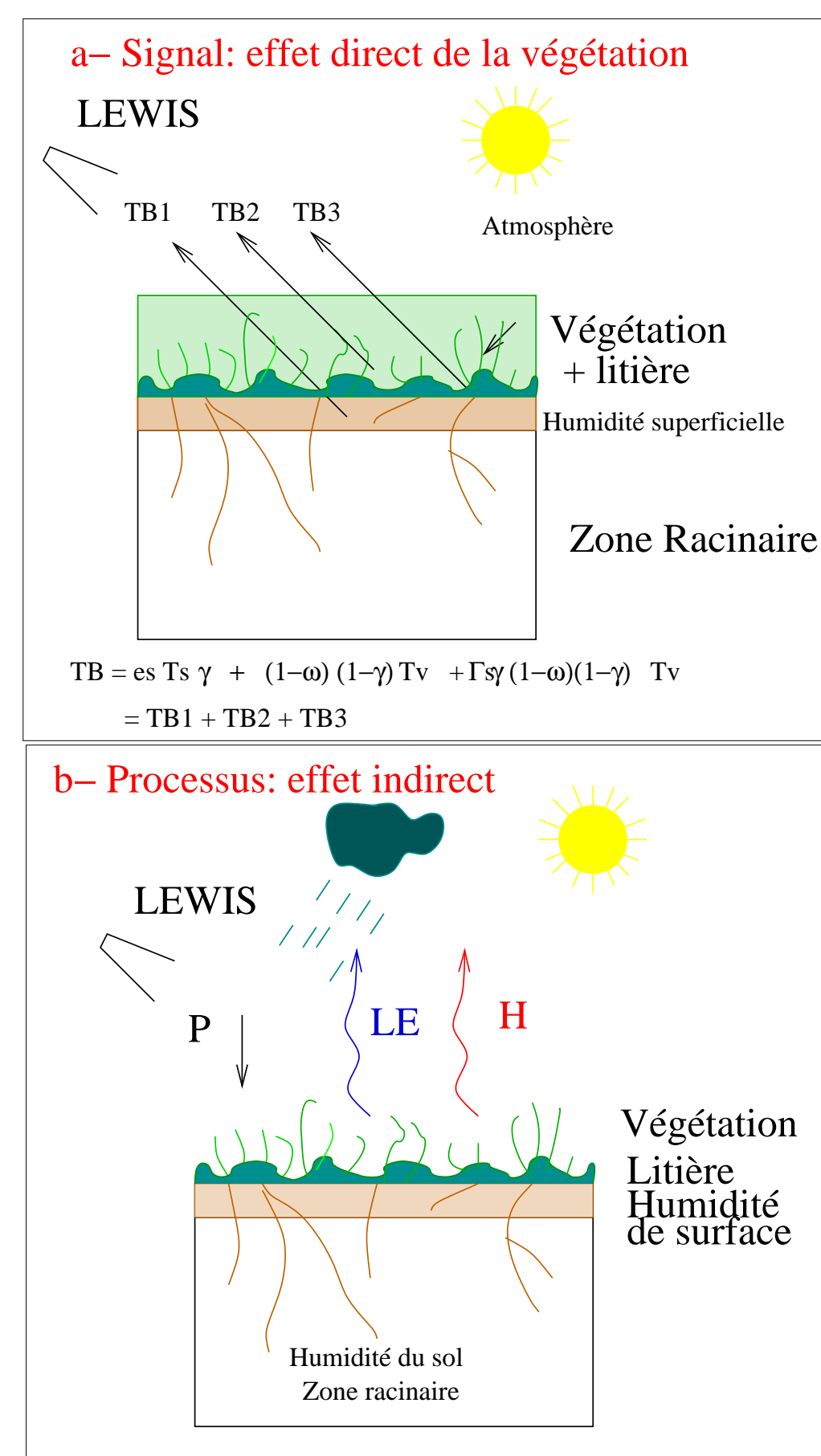


FIG.4 Rôle de la végétation pour la télédétection micro-ondes passive basse fréquence.

La biomasse a également un effet indirect (Figure 4b) sur le signal à travers les processus de surface (interception des précipitations, extraction racinaire, flux d'eau et d'énergie). L'ensemble de ces processus conditionnent la dynamique de l'humidité du sol et de la végétation et par conséquent l'émission de la surface. Un des objectifs de SMOSREX est d'identifier qualitativement et quantitativement les contributions à diverses échelles temporelles de la végétation au signal micro-ondes basse fréquence.

4 Télédétection

Le radiomètre LEWIS (L-band radiometer for Estimating Water In Soils) a été conçu et construit pour l'expérience SMOSREX [3] (Figure 5). Un système de pointage permet d'effectuer de manière automatique huit fois par jours, des balayages des surfaces de jachère et de sol nu à différents angles d'incidence de 20 à 60°.

- Bande-L : 1.4 GHz
- Polarisation H et V
- largeur du lobe 13.5°
- Résolution de 0.1-0.2 K
- 3m de long, 200kg
- Régulation thermique : 47.20 +/- 0.02 °C
- Pas de lobe arrière



FIG.5 Radiomètre LEWIS fixé à 13.7 m de hauteur. Ici en position de routine à 40° d'incidence sur la jachère.

Deux luminancemètres sont installés en haut du portique pour calculer la réflectance de la jachère. Il fonctionnent sur 5 bandes spectrales de fréquence (et largeur de bande) : 837 (91), 648 (53), 549 (85), 450 (40), 1640 (165) nm. Deux pyromètres KT15, fixés sur le portique, mesurent l'émission IRT (à 40°) côté jachère et sol nu.

5 Discussion

La composante multi-spectrale permet de caractériser l'état de surface, à travers les indicateurs (indice de végétation) et d'utiliser de manière optimale la télédétection en bande L pour accéder aux variables d'état (biomasse, humidité du sol).

La Figure 6 montre les cycles annuels mesurés par LEWIS du rapport de polarisation ($PR = (TBv - TBh)/(TBv + TBh)$, lié aux émissivités de surface) en bande L, ainsi que le contenu en eau de la surface sur la jachère et le sol nu. Au printemps, la végétation et son contenu en eau augmentent alors que le sol s'assèche. Ces deux phénomènes, antagonistes quant à la dynamique du contenu en eau qui en résulte, sont liés aux processus d'interaction sol-plantes-atmosphère d'échelle saisonnière. Ils conduisent tous deux à une décroissance du rapport de polarisation. En fin d'été, sols et végétation contribuent à augmenter chacun leur contenu en eau. C'est pourquoi le rapport de polarisation indique une légère décroissance, signe que la dynamique de la jachère, domine le signal micro-ondes par rapport au sol sous-jacent. Le signal micro-ondes passif, multi-angulaire et à 2 pola-

risations permet non seulement de suivre leur dynamique temporelle, mais également de déconvoluer ces deux contributions [6]. Ceci constitue l'un des objectifs majeur de SMOSREX, dans le cadre de l'OSSO : accéder à une information sur la dynamique des processus d'interactions sol-plantes-atmosphère.

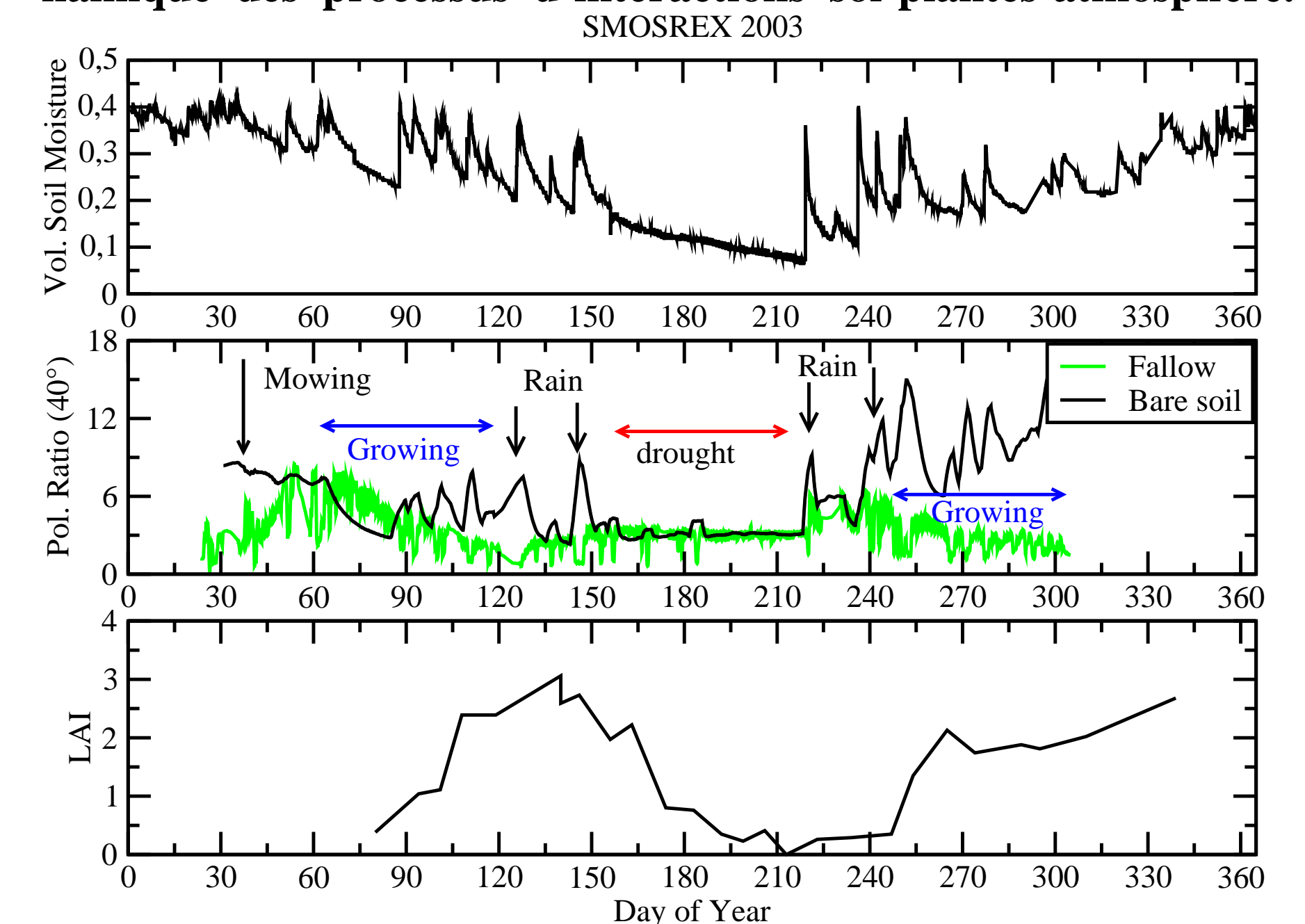


FIG.6 Cycles annuels de l'humidité du sol, du rapport de polarisation à 40° en bande L et de l'indice de surface foliaire.

A l'échelle de la journée, le Figure 7 montre que le cycle diurne du rapport de polarisation est antiphase sur sol nu et végétation. Les mesures manuelles de biomasse effectuées pendant cette période, le 20 et 21 mai, permettent de souligner l'importance du rôle de la litière

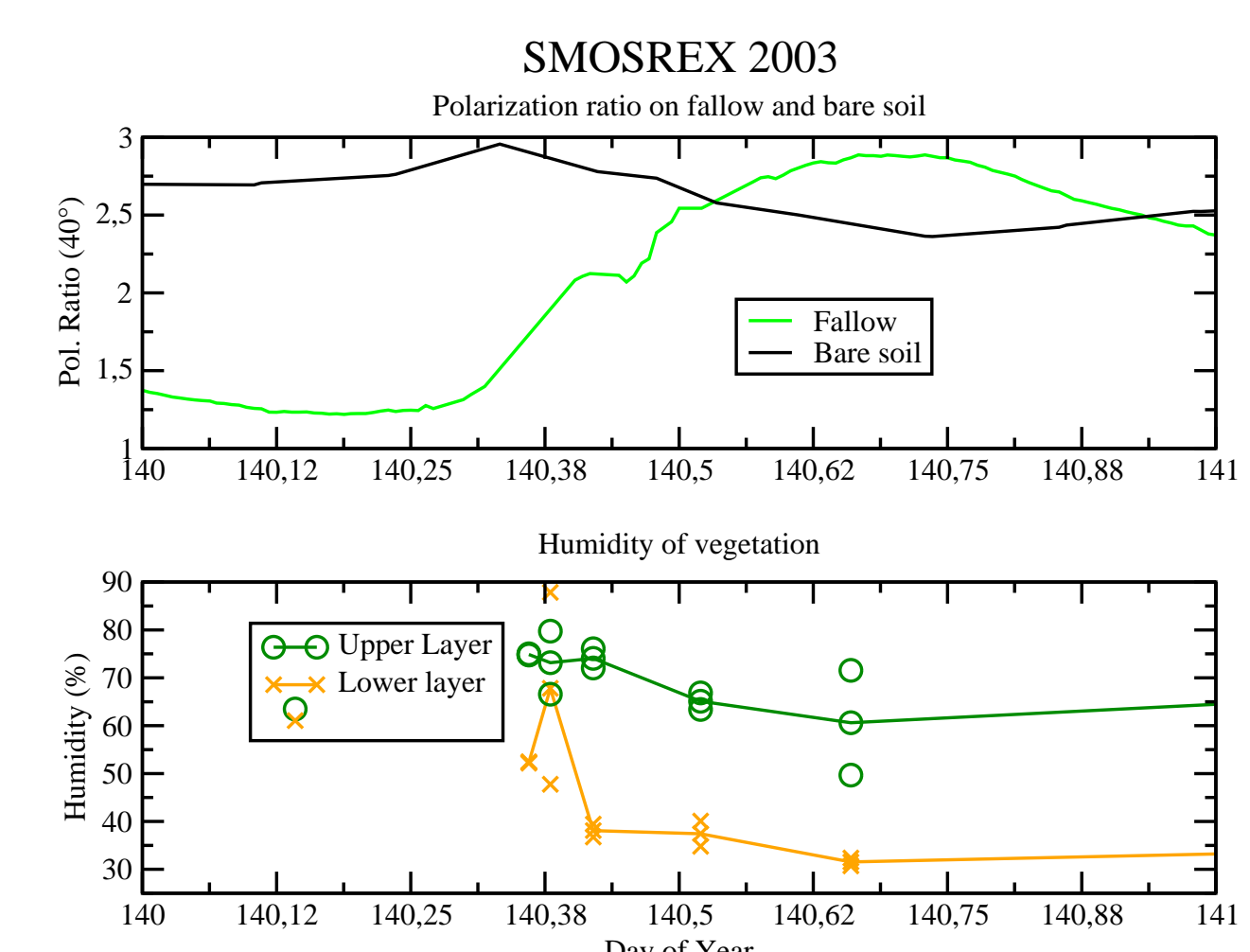


FIG.7 Cycles diurnes du rapport de polarisation et du contenu en eau des différents réservoirs de la végétation. Alors que la biomasse a un contenu en eau compris entre 50 et 80 %, la gamme de variation de contenu en eau de la végétation morte, la litière, est nettement plus importante, de 30 à 90%, avec un cycle diurne moyen plus marqué.

6 Conclusion

L'expérience de terrain SMOSREX est conduite dans le cadre de de l'Observatoire Spatial de Sud-Ouest (OSSO) du CESBIO au FAUGA. SMOSREX confirme le potentiel considérable de la télédétection multispectrale pour la compréhension et la modélisation des processus de surface. Le signal micro-ondes passif basse fréquence multi-angulaire permet d'observer et de déconvoluer les dynamiques temporelles du contenu en eau de surface du sol et de la végétation, et par la même d'informer sur les processus d'interaction sol-végétation-atmosphère, de l'échelle journalière à saisonnière et annuelle. Contrairement aux expériences précédentes de télédétection micro-ondes passives [4, 5], SMOSREX considère une végétation naturelle et sur le long terme. Cette expérience sera complétée par l'expérience BRAY'04 conduite sur la forêt des landes à partir de juin 2004 (Wigneron PNTS 2004).

L'aspect novateur de cette expérience, ouvre de nouvelles perspectives en modélisation et inversion micro-ondes passive basse fréquence et constitue un excellent terrain pour la préparation à la mission SMOS.

Références

- [1] J. C. et al. Calvet. *Ann. Geophys.*, 17 :838-854, 1999.
- [2] Y.H. et al. Kerr. *IEEE TGRS*, 39 (8) :1729-1735, 2001.
- [3] F. et al. Lemaître. *IEEE TGRS*, sous presse, 2004.
- [4] K. et al. Schneeberger. *Proc SPIE vol. 4879*, pp 174-183, 2003.
- [5] J.P. Wigneron. Thèse UPS, Toulouse, 1993.
- [6] J.P. et al. Wigneron. *IEEE TGRS*, soumis, 2004.