

Caractérisation hydrologique de l'interface Sol-Végétation-Atmosphère

Groupe de travail sur l'hydrologie du Plateau de Saclay

P. Maugis¹, Ph. Béguinel², M. Saint-Jalmes², E. Berthier³, Y. Li³, D. Ramier⁴, E. Dumont⁴, Ch. Marlin⁵, M. Pessel⁵, C. Quantin⁵, V. Durand⁵, E. Gibert⁵, E. Personne⁶, C. Petit⁷, C. Aubry⁷, B. Lemaire⁸, A. Ducharne⁹

¹LSCE, ²CEA-SPR, ³CEREMA-IF/UHGEP, ⁴CEREMA-IF/URSUES, ⁵GEOPS, ⁶INRA/ECOSYS, ⁷INRA/Sad-Apt, ⁸LEESU, ⁹METIS



Deux enjeux scientifiques

1) Interprétation et validation des mesures par tour à flux

Les flux de surface (chaleur latente, chaleur sensible) sont évalués sous hypothèse forte (bon mélange turbulent) avec une couverture temporelle très partielle et une incertitude résultante importante¹ (Fig. 1). Ces flux sont essentiels dans la machine climatique et constituent des éléments fondamentaux de validation des modèles SVAT utilisés dans les modèles climatiques, aux côtés d'autres flux (notamment de carbone). Les conditions aux limites usuelles (drainage libre) ne permettent pas de reproduire convenablement ces flux et les profils d'humidité dans le sol par modélisation avec Orchidée². La prise en compte d'un niveau saturé entre 0,5 et 1,3m dans le sol donne les meilleurs résultats³.

En retour, les termes du bilan hydrologiques peuvent aider à valider les mesures par Eddy-covariance (précision +/- 20%) et dont le bilan énergétique n'est pas fermé.

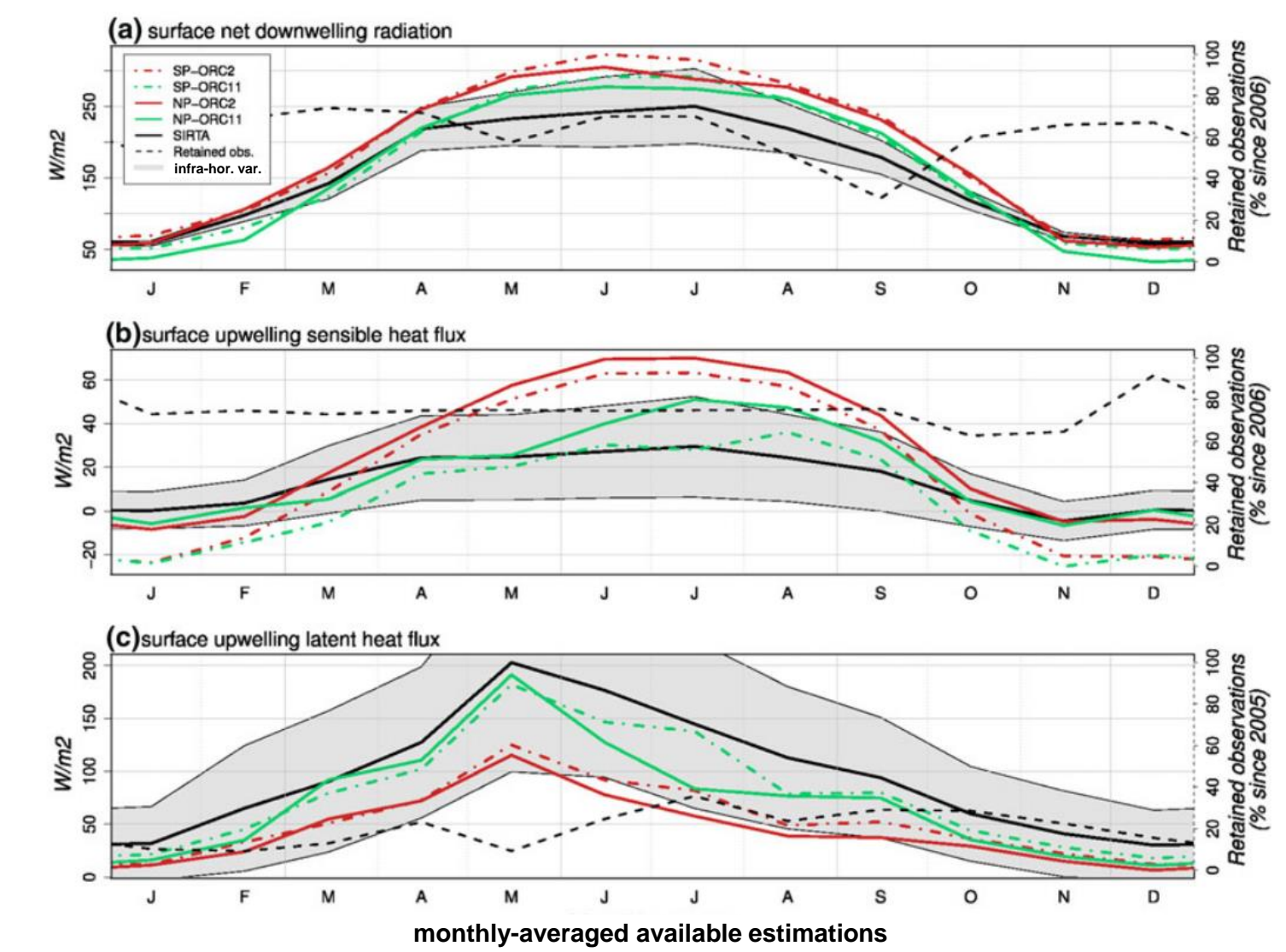


Figure 1 : Flux énergétiques estimés par la tour à flux du SIRTA (noir continu) et modélisés avec Orchidée (couleur) sur la période 2002-2009: (a) flux radiatif net incident, (b) flux de chaleur sensible, (c) flux de chaleur latente. Le taux de couverture temporelle de l'échantillonnage (noir pointillés) est fragmentaire sur cette période. La zone grisée représente la variabilité infra-horaire des mesures.

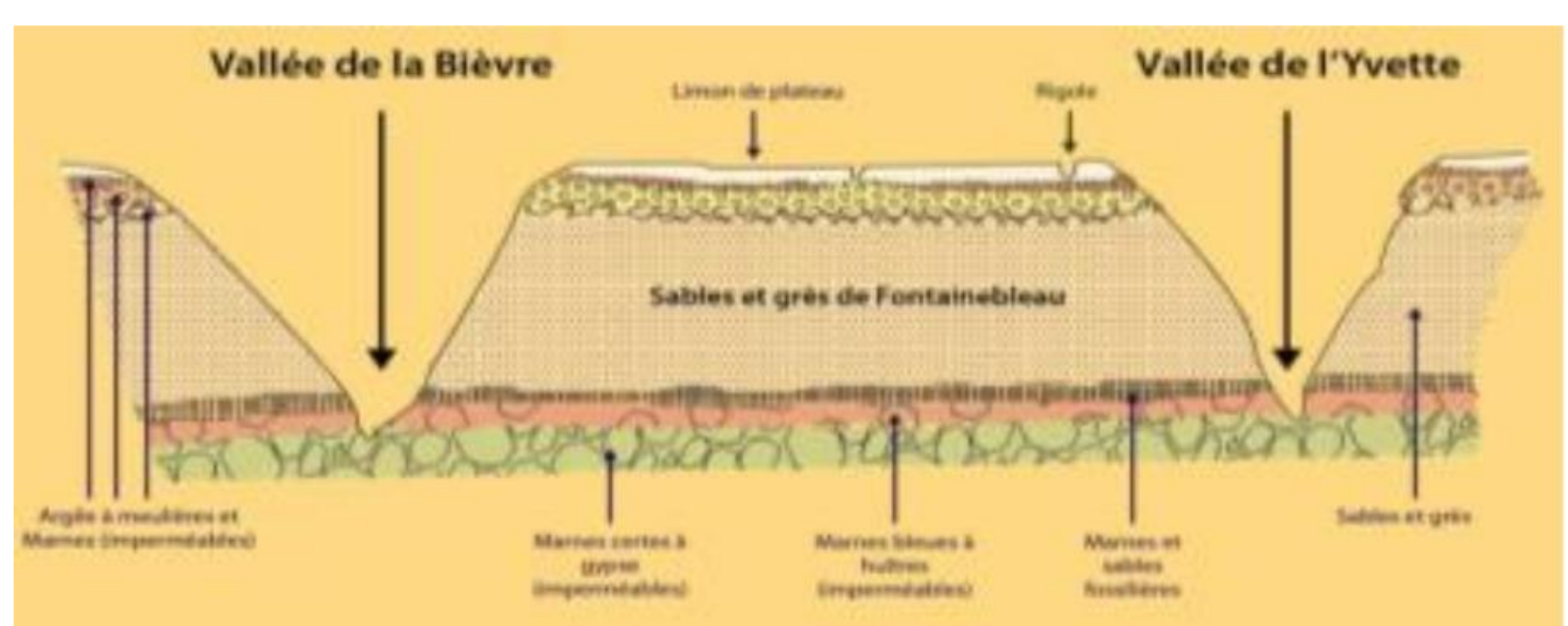


Figure 2 : Coupe géologique nord-sud du Plateau de Saclay

2) Estimation de la recharge de l'aquifère sous-jacent

La couverture superficielle du Plateau (Fig. 2) est formée de Limons des Plateau et d'argiles massivement drainés avec des inclusions perméables de sables ainsi que des grès de Lozère, le tout sur un substrat d'argiles à meulière (semi-perméable). Les niveaux de sol saturés sont proches de la surface (<3m, souvent moins), mais l'existence d'une "nappe" en tant que telle n'est pas assurée. Selon l'hétérogénéité de ce système, la drainance vers les Sables de Fontainebleau sous-jacents sera réparties ou au contraire préférentielle ; ce qui implique une gestion très différente de cette nappe qui alimente en eau et en éléments lessivés l'Yvette et la bièvre en contrebas.

Les estimations de la part d'eau de pluie non évapo-transpirée et s'infiltrant effectivement à travers les formations superficielles peu perméables vers l'aquifère des Sables de Fontainebleau sont très incertaines, et de fait, très variées : 0-220 mm/an selon les méthodes (Tableau 1).

Méthode	Modèle	Auteur	Parution	Pluie (mm/an)	ETP (mm/an)	ETR (mm/an)	infiltration (mm/an)
Tour, Eddy covariance	SIRTA	Cheruy	2013	600-660		450-2380	0-150
indic. statistiques	IDPR	BRGM	2009	630 ?			220
mod. SVAT	Orchidée	Compoy	2013	680		580	100
mod. hydrogéol	METIS	Guinois	1995				75
mod. hydrogéol	MOSAIC	Burgeap	1995				157/67
mod. hydrogéol	METIS	Decelle	2001				85
mod. hydrogéol	MODFLOW	Burgeap	2007				160/70
mod. hydrogéol	METIS/THYRSIS	Renard	2012				131
Penman-Monteith	SIM	PIREN-Seine	2009	680	820		50
Penman-Monteith	SIM	Explore 2070	2012	680		580	80-100
Penman-Monteith	METIS	Renard	2014				131
Hypothèse de travail	URBS	CETE-IF	2014				0

Tableau 1 : Différentes estimations dans la littérature des flux du bilan d'eau vertical, incluant ou non des flux latéraux en subsurface ou vers les rivières. Les estimations de l'infiltration effective vers la nappe des Sables de Fontainebleau varient fortement d'une année à l'autre et selon la méthode. Une valeur ~ 200mm/an est communément trouvée pour ce type de système pédo-climatique.

Des développements expérimentaux sur le site du SIRTA

1) Caractériser la réponse du sol, documenter l'interprétation des flux mesurés

L'extension des caractérisations antérieures^{3,4} vise à considérer l'hydrologie à l'échelle du site : une parcelle herbeuse confinée entre un sous-bois au nord, un lac au sud, et un bassin fraîchement creusé à l'ouest : trois facteurs jouant sur la hauteur du niveau saturé du sol. En effet, la colonne d'air mesurée par la tour à flux échantillonne différentes aires métriques de la parcelle, ce qui impacte les flux mesurés et introduit un biais dans les interprétations des bilans tant énergétiques qu'hydrologiques et questionne la représentativité de la parcelle à plus grande échelle. La forme du toit du niveau saturé a bénéficié du forage de 4 piézomètres (<5m, Fig. 4) montrant d'ores et déjà une forte hétérogénéité et d'un sondage à 10m (jusqu'aux argiles à meulière, Fig. 5) . Des mesures géophysiques transverses sont considérées, ainsi qu'une modélisation hydrogéologique.

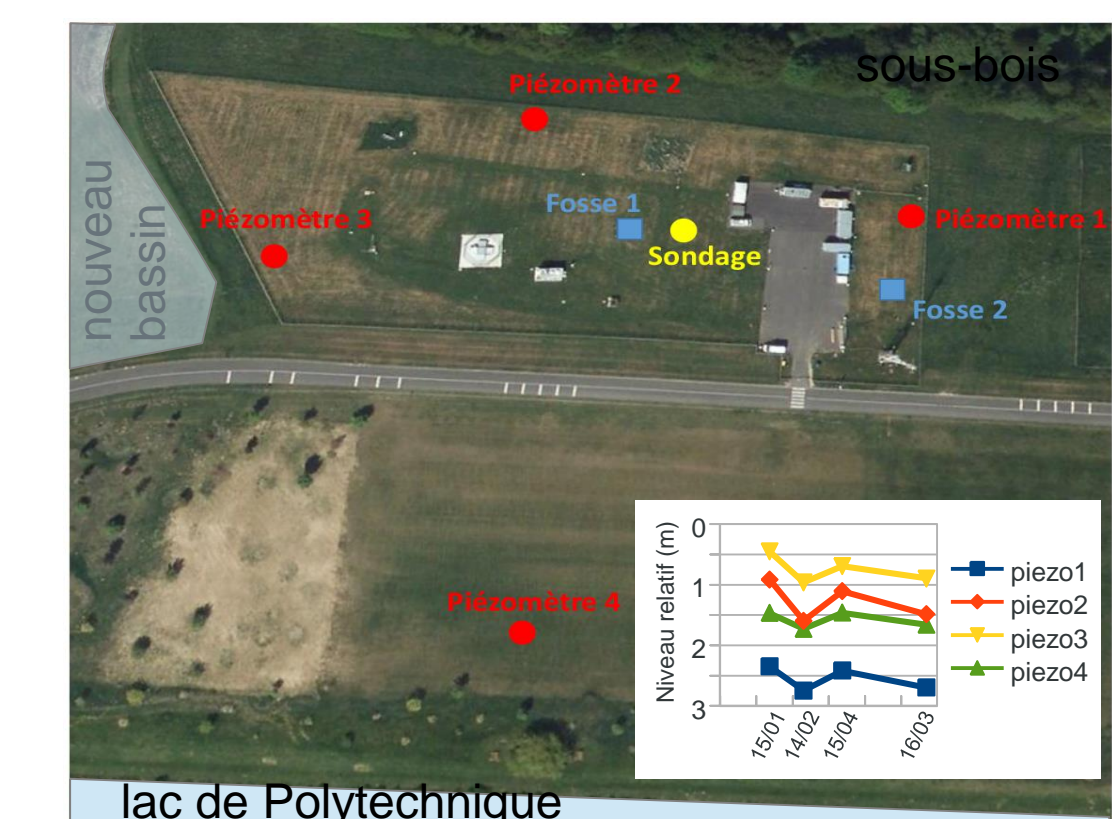


Figure 4 : Nouveaux piézomètres en croix et sondage à l'emplacement de la première fosse TDR. (En incrustation) : premiers relevés de profondeur du niveau saturé (CEREMA 2015).



Figure 6 : Dispositif de mesure de l'évapo-transpiration par chambre mobile. Il mesure la radiation incidente ainsi que la température et l'humidité de l'air ventilé en interne. Ma mesure dure environ 2mn dont les 30 premières s sont exploitées.

2) Pour documenter l'hétérogénéité des formations superficielles et estimer les termes du bilan d'eau (en particulier l'infiltration)

En sus de la modélisation 3D et des transects géophysiques, des mesures géophysiques 3D préciseraient l'hétérogénéité spatiale de subsurface. L'utilisation d'une chambre à transpiration (Fig. 6) en différents points compléterait le dispositif et permettrait en outre de valider ponctuellement les mesures par tour à flux.

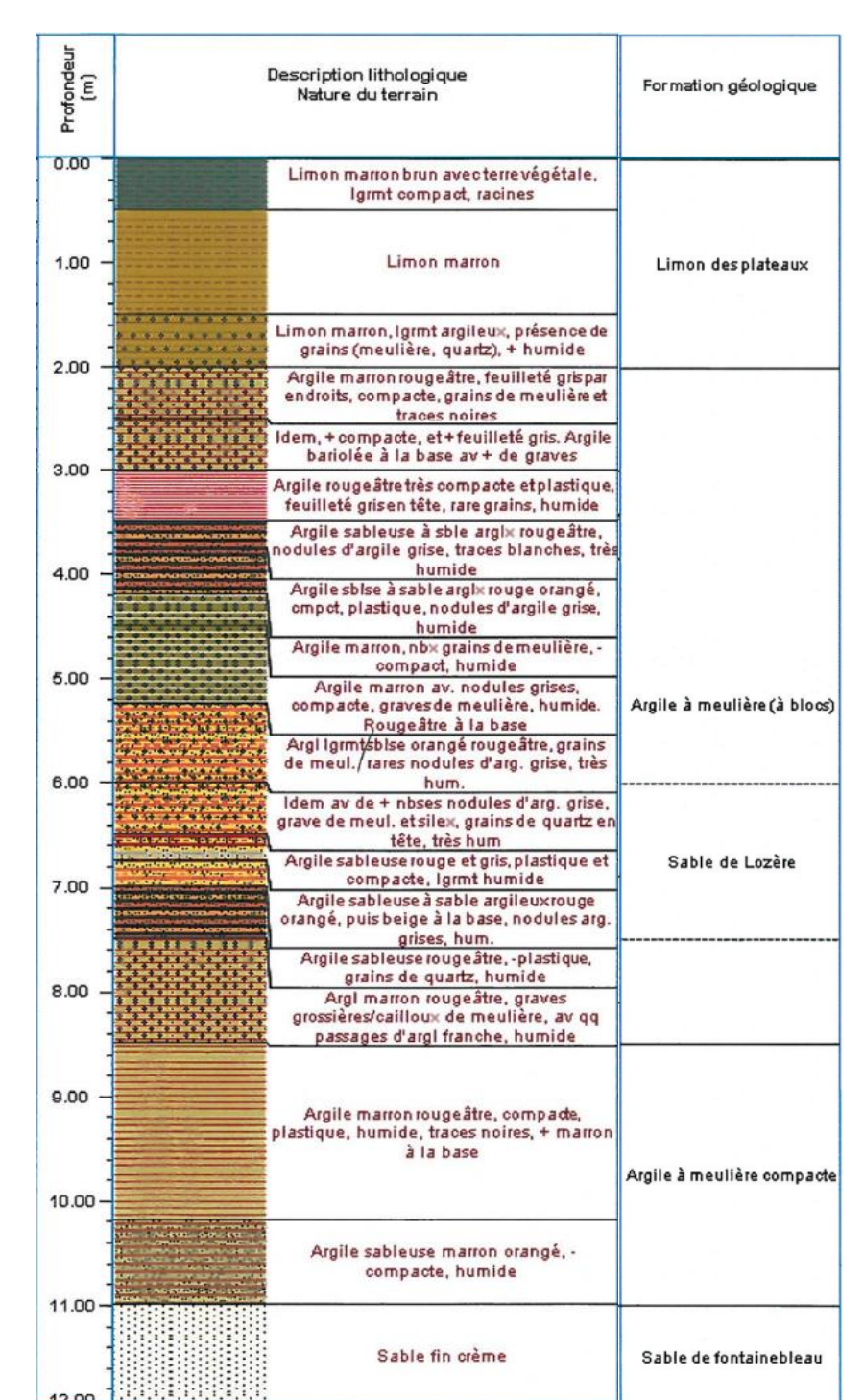


Figure 5 : Relevé stratigraphique du sondage de 10m. On y reconnaît à travers la variété d'horizons argileux les grandes classes du plateau (à droite). Le niveau d'eau en fin de forage a été trouvé à -2,75m.

Références

- F. Cheruy, A. Campoy, J.-C. Dupont, A. Ducharne, F. Hourdin, M. Haeffelin, M. Chiriaco, A. Idelkadi, *Combined influence of atmospheric physics and soil hydrology on the simulated meteorology at the SIRTA atmospheric observatory*, *Climate Dynamics*, **40**:2251-2269 (2013)
- A. Campoy, A. Ducharne, F. Cheruy, F. Hourdin, J. Polcher, and J. C. Dupont. *Response of land surface fluxes and precipitation to different soil bottom hydrological conditions in a general circulation model*. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, **118**:1-15 (2013)
- C. Housé. *Caractérisation hydrogéophysique de nappes superficielles (Plateau de Saclay et du Moulon)* - Rapport de stage M1.Univ. Paris-Sud (2013)
- G. Krinner, N. Viovy, N. de Noblet-Ducoudré, J. Ogée, J. Polcher, P. Friedlingstein, Ph. Ciais, S. Sitch, I. Colin Prentice, *A dynamic global vegetation model for studies of the coupled atmosphere-biosphere system*. *Global Biogeochemical Cycles*, **19**(1) (2005)