

# Mise en place d'un suivi neutronique sur les transects du bassin de la Donga (Bénin)

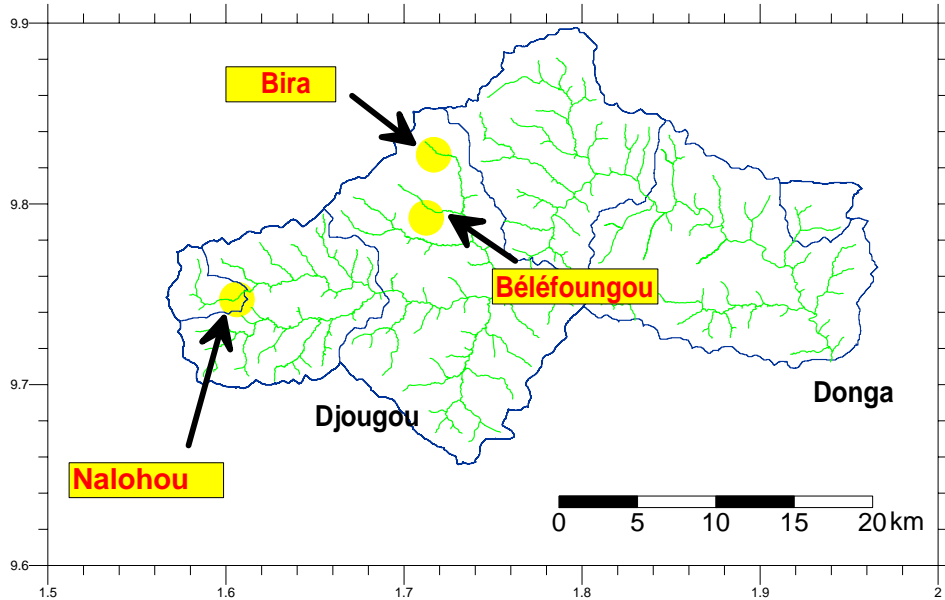
L. Séguis, A. Périault, J-P. Laurent, T. Ouani, M. Wubda

22/3/2009 – 7/4/2009



## Contexte

Dans le cadre du SO Amma-Catch, les transects de Nalohou, Belefoungou et Bira sont équipés pour le suivi de l'humidité dans le 1m de sol, de la nappe et de des flux évapotranspiratoires. Les premières observations d'évapotranspiration en saison sèche montrent que les horizons affectés dépassent 1 m de profondeur. Également, la baisse du niveau piézométrique en saison sèche est imputable à l'évapotranspiration car que ce soit à l'échelle locale ou à la méso-échelle, on n'observe pas d'écoulement de base durant la saison sèche dans les rivières. Ces résultats indiquent l'intérêt d'un suivi hydrique du continuum sol-nappe pour l'évaluation des horizons de reprise évapotranspiratoire (zone non saturée plus ou moins profonde, nappe).



Position des transects équipés pour le suivi du bilan hydrique local sur le bassin de la Donga

Dans le cadre de l'ANR Ghyraf, cherchant notamment à expliquer les variations gravimétriques locales par des variations de stocks hydrologiques, cette mission avait comme objectif de mettre en place un suivi de l'humidité par sonde à neutron sur les transects.

## Détail de la mission

La mission a débuté par la remise en état de la foreuse marteau fond de trou Stenhuick (changement de flexibles, déblocage du moteur de translation) et du compresseur (vidange du circuit hydraulique, retrait d'un filtre)

12 trous (diamètre 65mm) ont été réalisés et tubés avec du PVC (diamètre intérieur 63mm). Les trous sont d'une profondeur suffisante pour atteindre la nappe. La base des tubes est obturée. Aux trous réalisés à proximité des points existants de suivi de la nappe et de l'humidité a été ajoutés des trous à Nalohou Flux, Nalohou Gravi, Nalohou Case 3, Bellefoungou flux. Les tubes dépassent du sol de 0.5m.

Site	Longitude (° décimal)	Latitude (° décimal)	Profondeur (m)	Commentaire
Nalohou Haut	1.60635	9.74295	6.5	
Nalohou Milieu	1.60529	9.74535	6.5	
Nalohou Bas	1.60491	9.74663	8	
Nalohou Flux	1.6046	9.7448	8.5	
Nalohou Gravi	1.60567	9.74238	8	Associé à un piézomètre creusé à côté.
Nalohou Case 2	1.60614	9.74180	7.5	Creusé jusqu'à 9m mais comblement entre la remontée du train de tiges et la mise en place du tube PVC. Attention, le tube est ouvert à la base et fonctionne comme un piézomètre. Site de sondage RMP avec une porosité RMP de 10%
Belléfougou (sève)	1.70949	9.78975	16.5	Creusé jusqu'à 19.5m mais comblement entre la remontée du train de tiges et la mise en place du tube PVC. A proximité du site Bellefougou haut
Belléfougou D1	1.71143	9.79196	10	Utilisation de l'ancien piézomètre toujours à sec
Belléfougou Flux	1.7180	9.7912	10	Associé à un piézomètre creusé à côté
Belléfougou F1	1.71586	9.79733	8.5	
Bira (sève)	1.71690	9.82720	8	Creusé jusqu'à 8.5m mais comblement entre la remontée du train de tiges et la mise en place du tube PVC. À proximité du site Bira haut.

Lors du forage, des échantillons de roches broyées (poudre) ont été pris tous les 50 cm. Sur une fraction, l'humidité pondérale a été estimée. Avec le restant, des logs photographiques ont été réalisés. Les échantillons sont conservés à Cotonou.

La sonde à neutron CPN 503DR (numéro de série H30039449) a été acquise d'occasion en Australie, chez ICT International ( [www.ictinternational.com.au](http://www.ictinternational.com.au) ). Le câble de la sonde a une longueur de 20m et a été gradué manuellement (pour une margelle de 50 cm) de tel sorte que la première mesure soit à 15 cm sous la surface puis à des profondeurs de 0.30, 0.50, 0.75, 1, 1.25, 1.5, 1.75, 2, 2.5, 3 m etc. La sonde est placée sur un adaptateur en aluminium.

En fin de mission, H. Allassane de l'Institut National de Recherche Agronomique du Niger a réalisé des logs à la sonde gamma CPN501 (numéro série D770203583, propriété de l'INRAN) afin d'estimer la densité des terrains.

Un puits de 1.2m de diamètre a été réalisé manuellement sur le site de Nalohou haut afin de rapporter des échantillons non détruits (à la différence des échantillons prélevés lors des forages).

Enfin, un observateur (Émile Pagou, tél. : 00 229 97 76 21 92) a été recruté (CDD Ghyraf de 12 mois) et formé au maniement de la sonde à neutron, entreposée dans un local dédié aux Travaux Publics de Djougou. La fréquence des observations est bi-hebdomadaire sur le site de Nalohou et tous les 6 jours sur les sites de Belléfoungou et Bira du fait du plus grand éloignement et de l'état de la route.

## Résultats

Sur les figures suivantes sont reproduits les logs aux différents trous.

3 à 4 courbes sont reportées en fonction de la profondeur de mesure en m (échelle en ordonnée verticale)

Courbe bleu foncé : compte numérique sonde Gamma (échelle en abscisse supérieure),

Courbe rose : compte numérique sonde neutron (échelle en abscisse inférieure),

Courbe jaune : humidité pondérale en % (échelle en ordonnée inférieure),

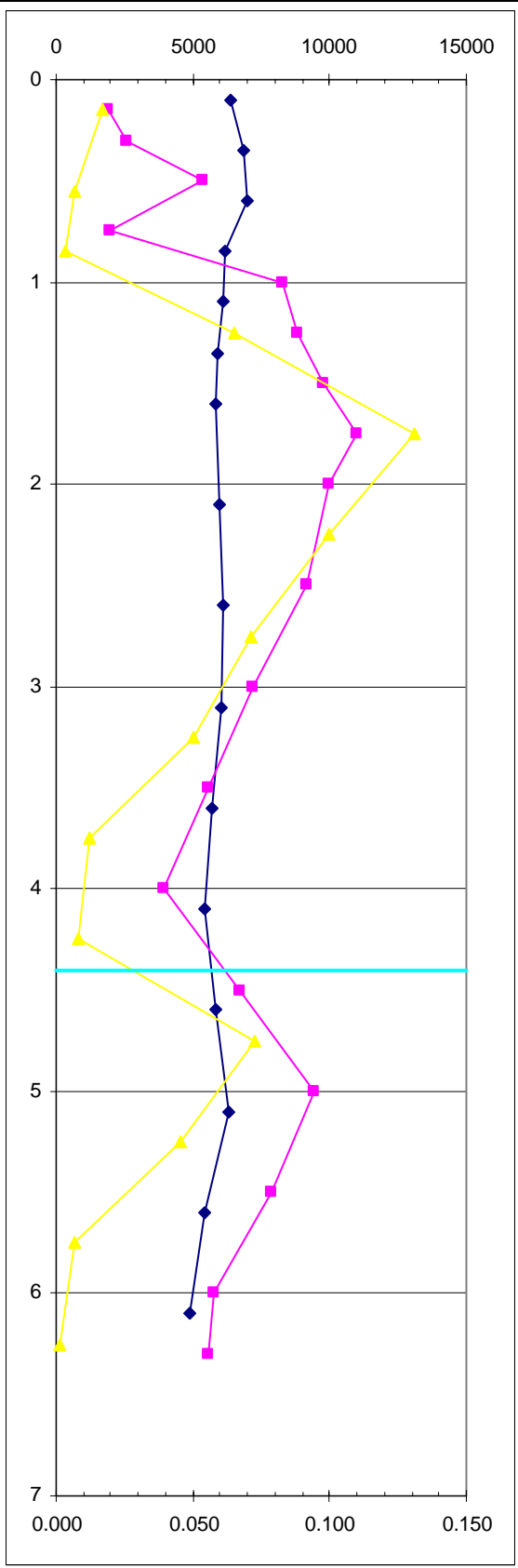
Courbe bleu clair : niveau piézométrique (lire la profondeur sur l'ordonnée).

La succession de la surface vers la profondeur des couleurs des cuttings est Rouge, Rouge-Jaune Jaune-Rouge, Jaune Gris, Gris. Le rouge est associé à la présence d'une cuirasse, le gris au socle plus ou moins sain.

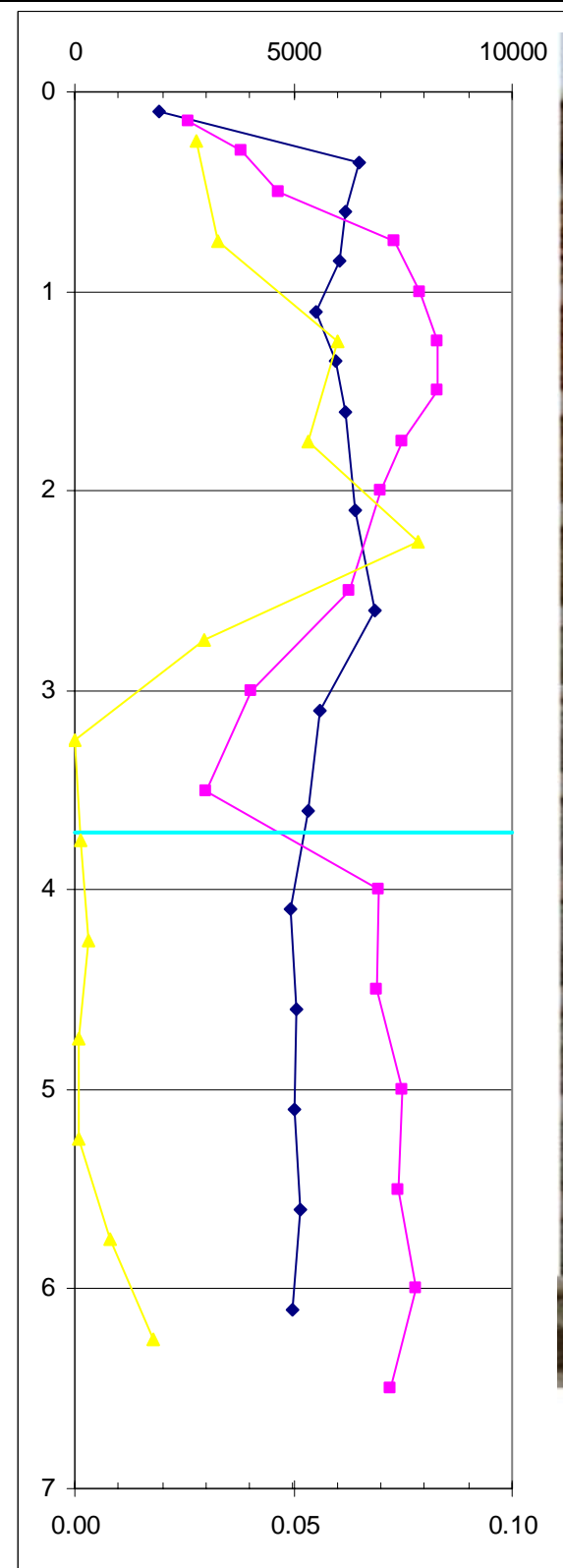
	Nal Haut	Nal Milieu	Nal Bas	Nal Flux	Nal Gravi	Nal C2	Belle Sève	Belle Flux	Belle F1	Bira
Épaisseur Horizon rouge (m)	1	1	0	1.5	2.5	1	4	2.5	2	2.5
Profondeur Horizon gris (m)	3.5	2.5	4	Non atteint à 8.5m (jaune-gris)	Non atteint à 7.5m (jaune-marron)	8.5	Non atteint à 19.5 m (jaune-)	9	6	Non atteint à 8m (jaune-gris)
Humidité pondérale moyenne du profil (%)	4.2	2.4	2.4	4.3	12.1	14.8	16.5	7.1	6.9	12.1
Compte numérique gamma moyen	5990	5720	5589	5648	5971	6326	6243	5840	5339	5722

On constate la faiblesse de l'horizon cuirassé associé à la proximité du socle sur le transect de Nalohou (haut-milieu, bas) tandis que sur les autres sites la présence d'une cuirasse plus importante semble avoir protégé le profil d'altération (le socle est plus profond, ou non atteint par le forage).

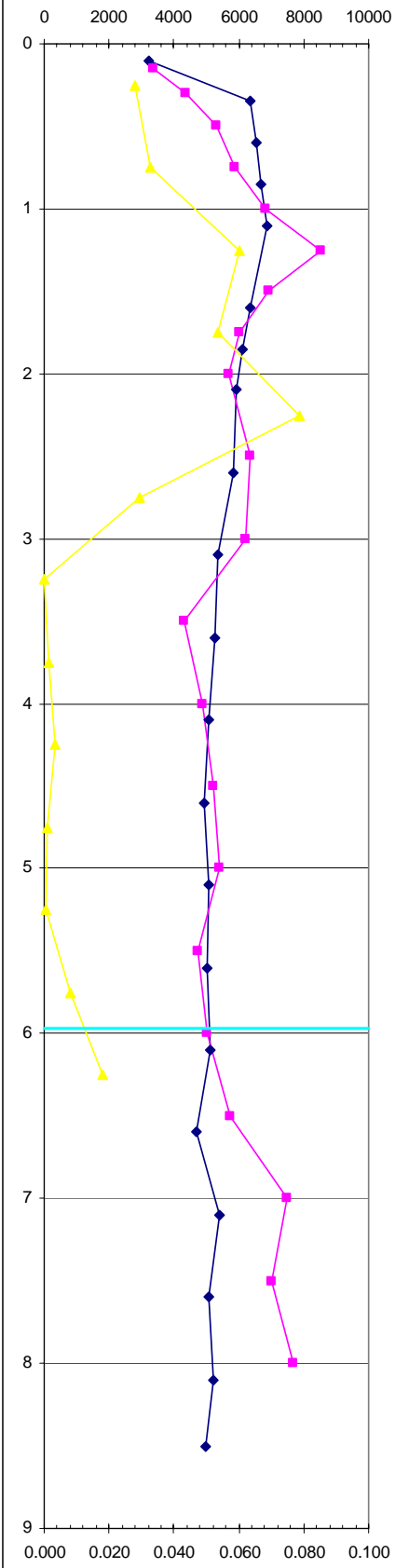
Parmi tous les forages, l'humidité pondérale moyenne la plus faible s'observe sur les sites du transect de Nalohou. On peut noter les plus fortes valeurs à Nalohou C2 et Belle Sève (à proximité de la station d'humidité Belléfoungou Haut).



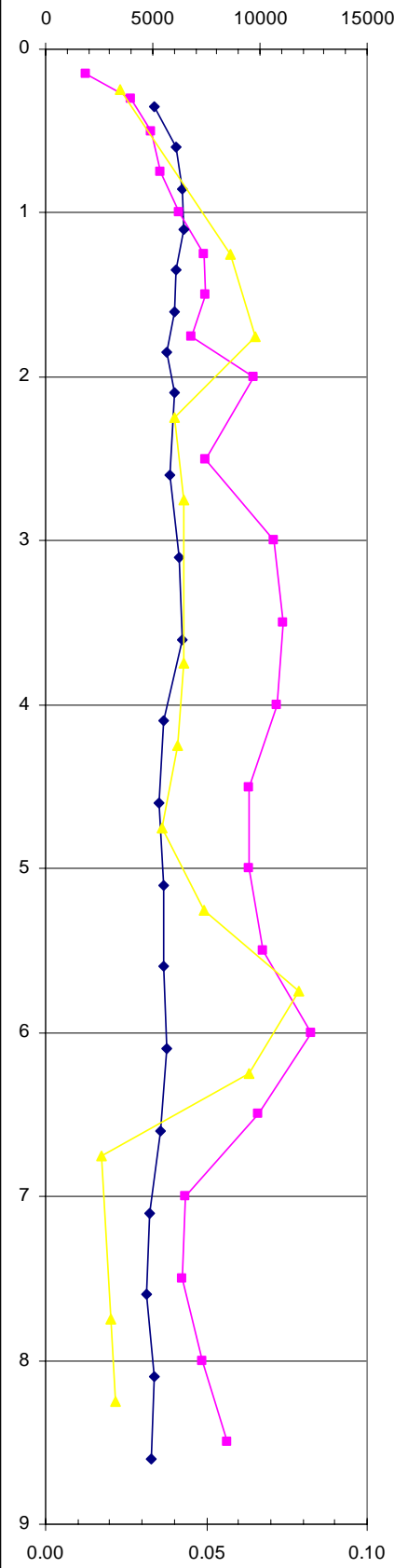
Nalohou Haut



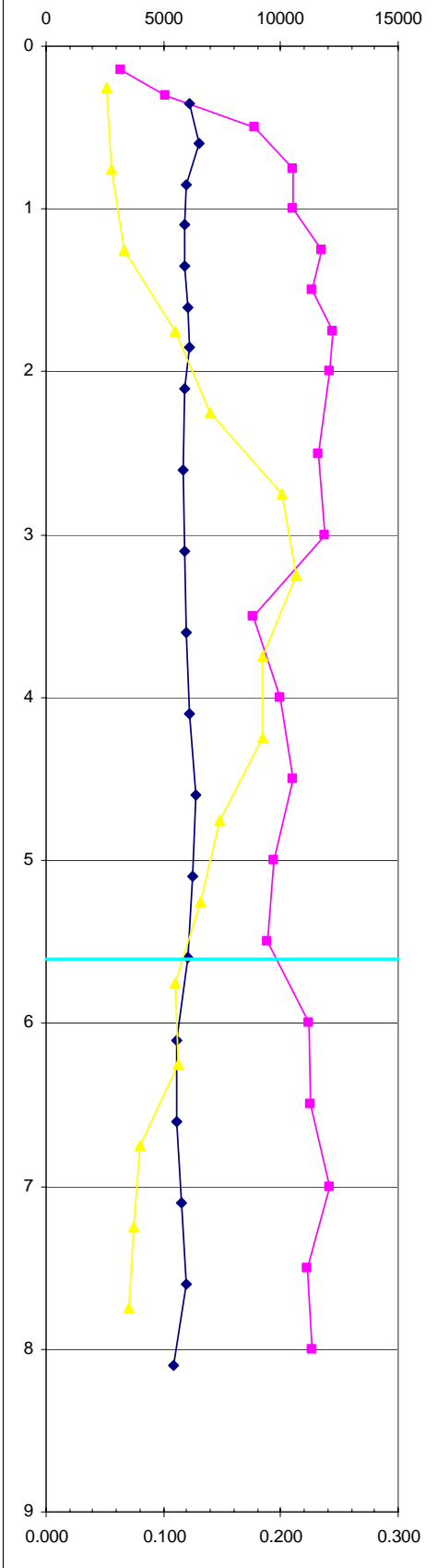
Nalohou Milieu



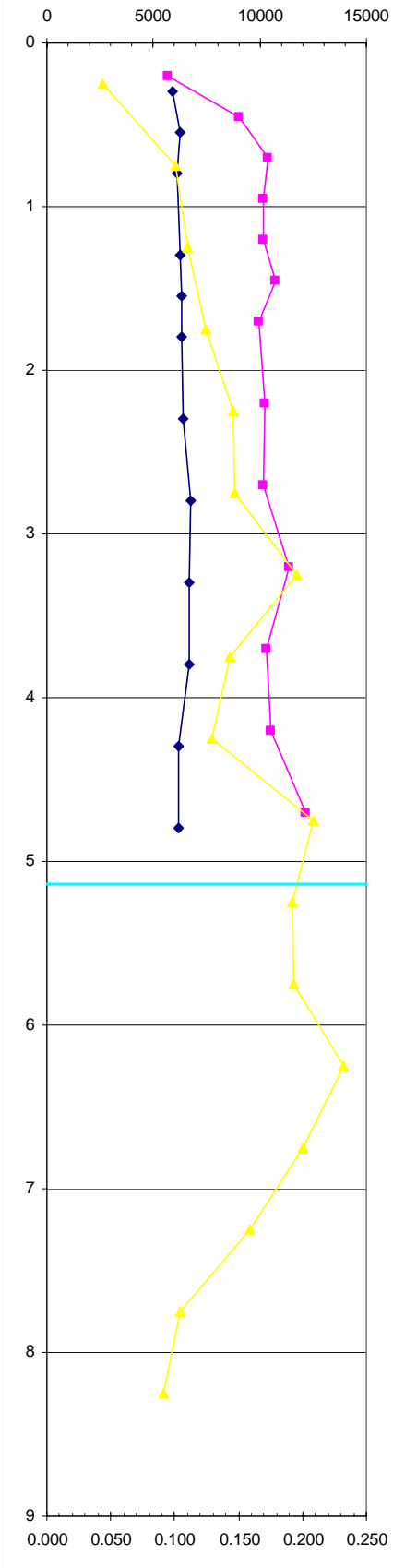
Nalohou Bas



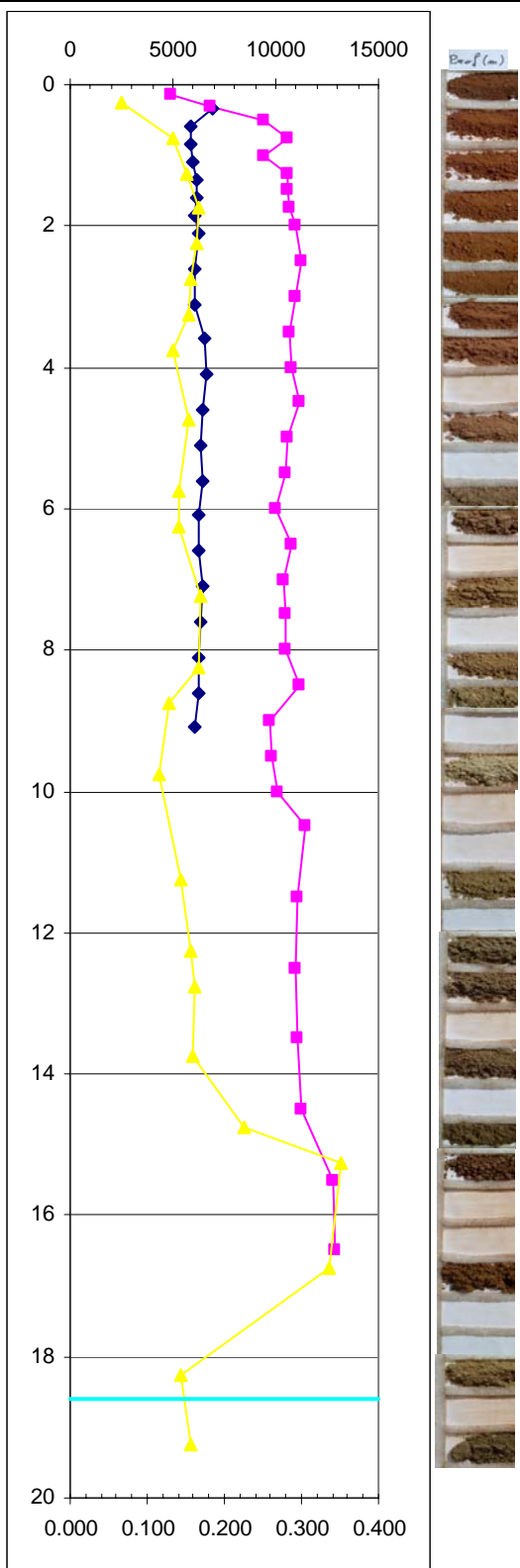
Nalohou Flux



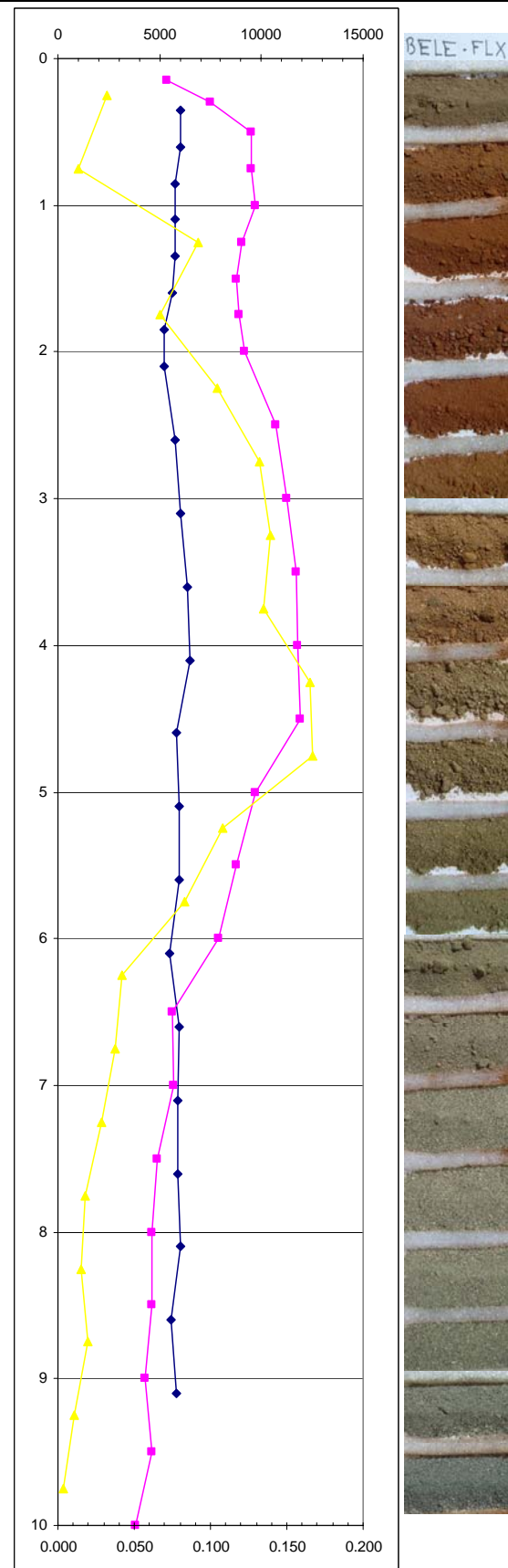
Nalohou Gravi



Nalohou Case 2

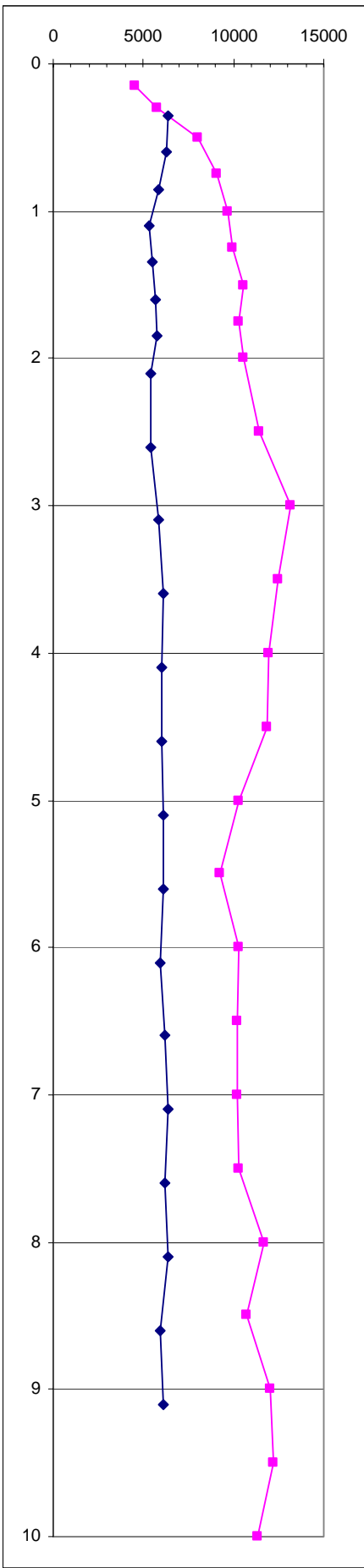


Béléfougou Sève

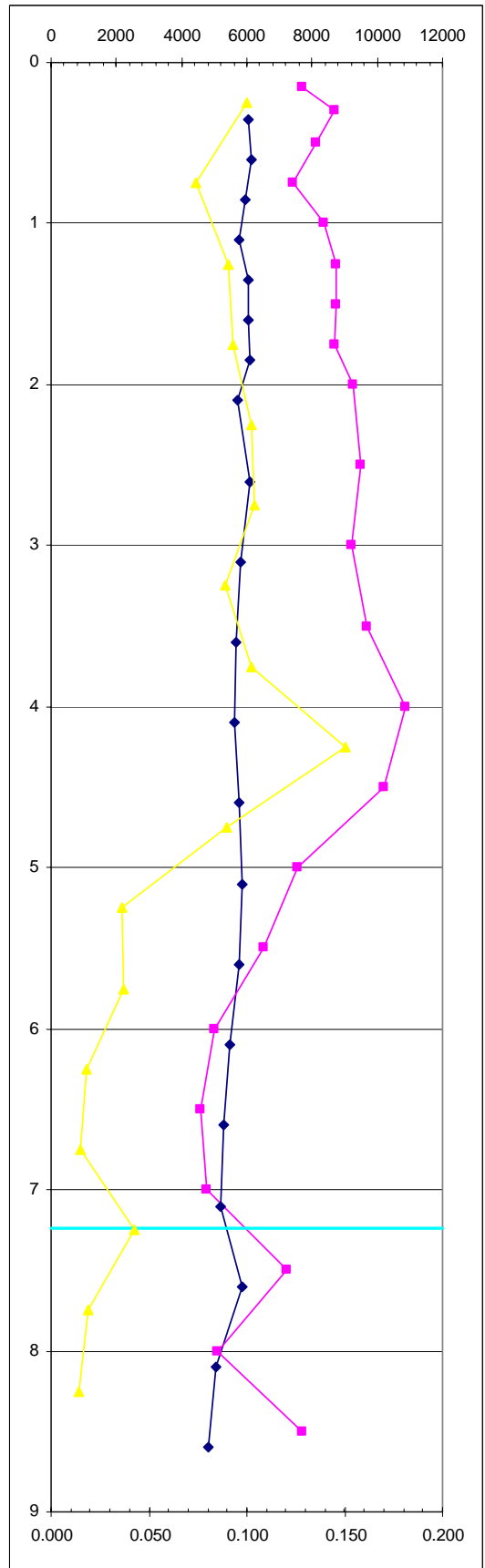


Béléfougou Flux



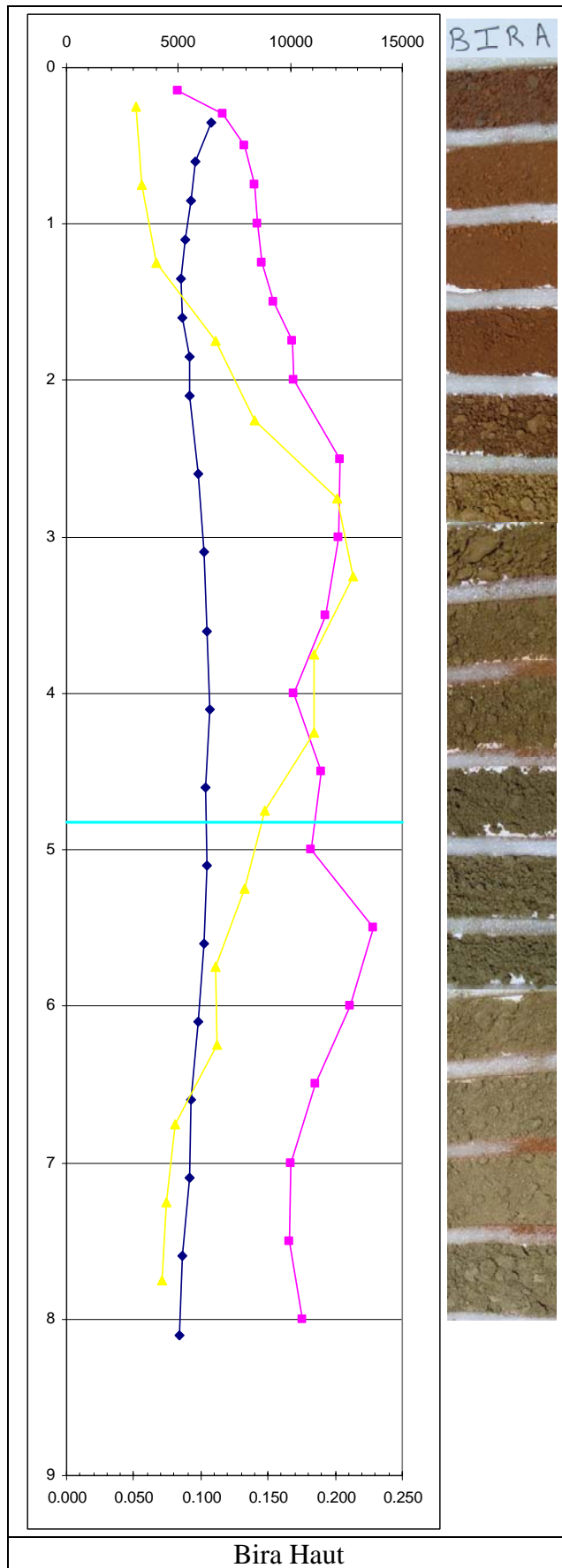


Béléfougou D1

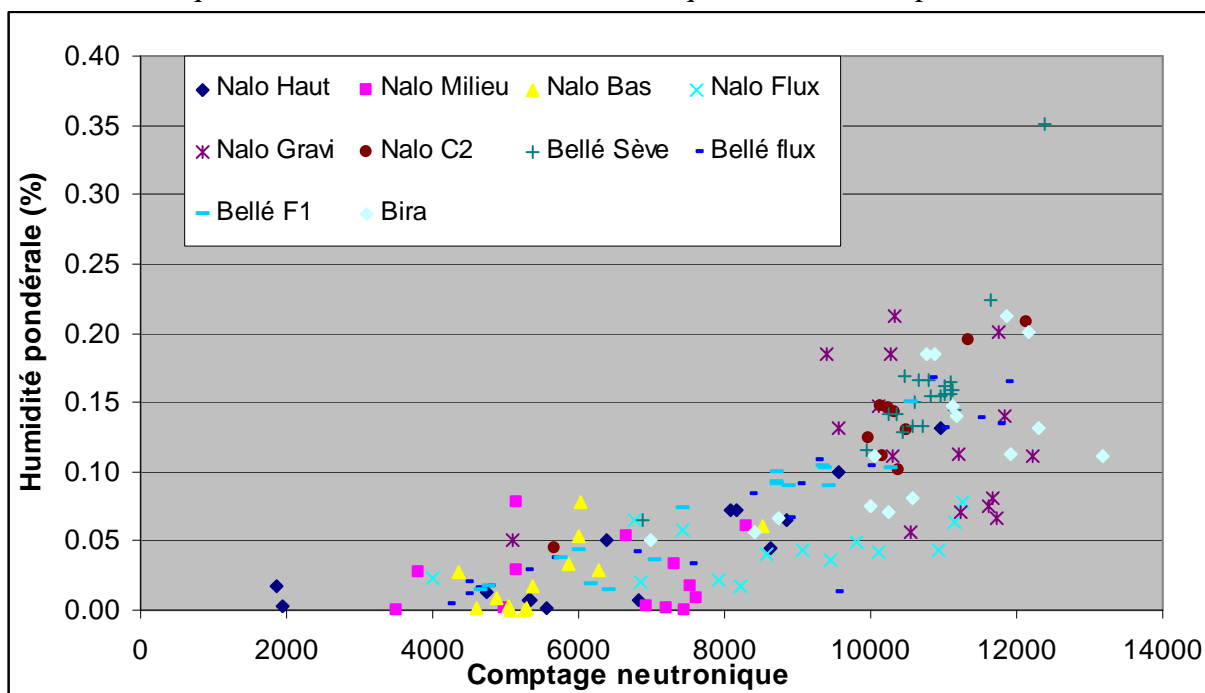


Béléfougou F1



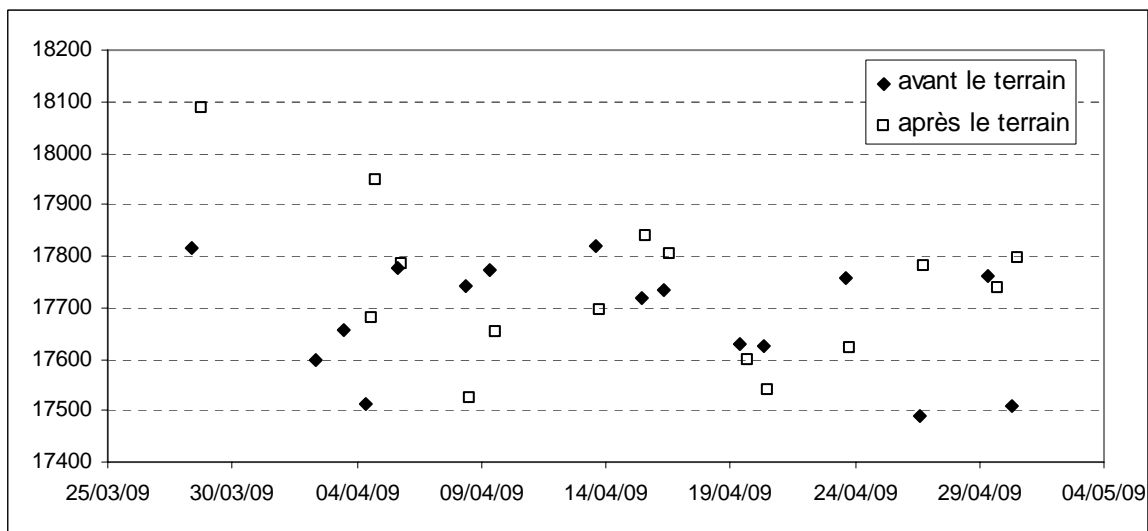


La figure ci-dessous montre la relation entre le comptage neutronique et l'humidité pondérale, tout forage confondu. Lorsque nous connaissons la densité de chaque horizon, la dispersion devrait diminuer.



## Premières mesures

Les mesures ont été réalisées de fin mars à fin avril 2009. Avant et après chaque tournée de terrain, un comptage neutronique est effectué à l'intérieur d'un tube PVC (identique à ceux placés dans les trous de forage) installé au centre d'un fut de 200l rempli d'eau. Sur la période d'étude, on n'observe pas de dérive de la sonde qui nécessiterait un recalage des mesures terrain.



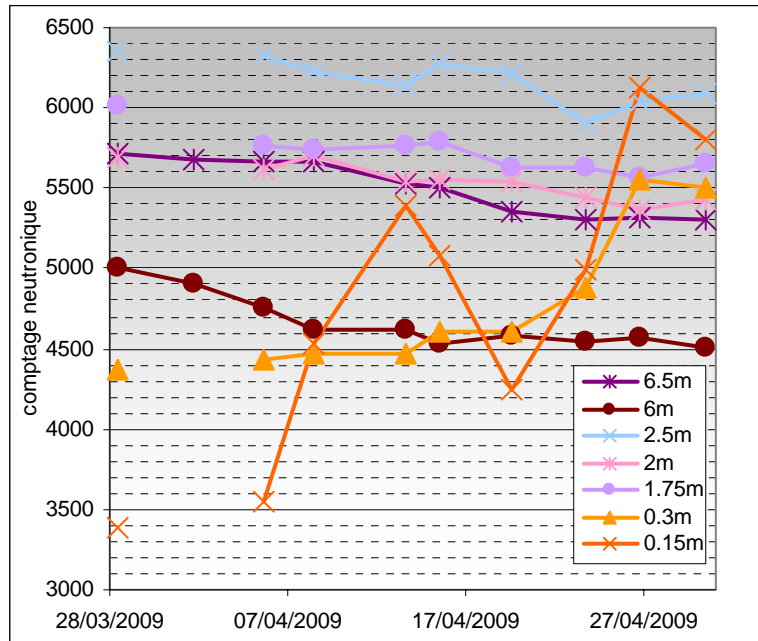
Mesure dans un tube PVC au centre d'un fut d'eau de 200l

Les profils aux différentes dates sont présentés par site dans les 3 pages suivantes. Durant le mois d'avril, le niveau piézométrique baisse. Nous l'avons reporté à l'exception des sites où le piézomètre était à sec (Belléfoungou D1, Belléfoungou Flux,) ou absent (Nalohou flux). Pour Belléfoungou sève, le piézomètre Belléfoungou A1 situé à environ 40m indiquait une nappe à 18.5m de profondeur fin mars 2009. Le trou s'étant comblé lors de la mise en place du tube Pvc, cette profondeur ne peut plus être atteinte maintenant. Les profils se regroupent selon 2 types :

- Une augmentation rapide de l'humidité jusqu'à un plateau plus ou moins constant avec la profondeur (sites de Nalohou flux, Nalohou gravi, Nalohou Case 2, Belléfoungou sève, Belléfoungou D1, Bira)

- Une augmentation rapide de l'humidité depuis la surface jusqu'à un maximum, puis une baisse rapide jusqu'à ce que la nappe soit atteinte (Nalohou haut, Nalohou milieu, Nalohou bas, Belléfoungou F1 et Belléfoungou flux). Pour ce dernier site, la nappe n'est pas atteinte et l'humidité atteint un minimum au point le plus profond.

Le mois d'avril se caractérise par le redémarrage des précipitations et une poursuite de la baisse de la nappe. On observe une réhumectation progressive des premiers 50 cm de sol durant ce mois sur l'ensemble des profils à l'exception de Belléfoungou sève et Bira. Sur les sites où le profil atteint la nappe, on note la diminution de l'humidité en profondeur en relation avec la baisse du niveau piézométrique. Les horizons intermédiaires entre les horizons superficiels en humectation et ceux à la profondeur du niveau piézométrique présente pour la majorité une humidité constante durant le mois d'avril ou légèrement décroissante.



Évolution par horizon des comptages neutroniques au cours du mois d'avril 2009 sur le site Nalohou Bas  
 Humectation des horizons (0.15m, 0.3m) Dessèchement en relation avec la baisse de la nappe (6m, 6.5m),  
 Dessèchement des horizons (1,75m, 2m, 2.5m) lié à un drainage vertical ou à une reprise évapotranspiratoire

Les mesures d'humidité par sonde à neutron ont été entreprises en réponse au projet Ghyraf d'évaluation des variations de stocks d'eau. Dans le cadre du SO, pour évaluer les horizons sous contrôle de l'évapotranspiration, le sens des flux au voisinage de la nappe, il sera nécessaire de faire des mesures tensiométriques en association aux mesures neutroniques.

