

ÉTUDE DE LA RECHARGE DE LA NAPPE DU CONTINENTAL TERMINAL 3 EN RIVE GAUCHE DU NIGER

Christian LEDUC, François LENOIR

ORSTOM, Mission au Niger,
BP 11416, NIAMEY, NIGER

RÉSUMÉ

Afin d'évaluer la part des précipitations qui s'infiltré en profondeur, une étude hydrogéologique de la nappe phréatique du Continental Terminal 3 (CT3) a été entreprise pendant trois ans sur le degré carré de Niamey au nord du fleuve Niger, soit environ 9 000 km². Elle consiste principalement en observations piézométriques à périodicité variable, relevés *in situ* de la conductivité et du pH, analyses chimiques (ions majeurs et isotopes). Le dispositif expérimental est présenté ainsi que les incertitudes pesant sur les différentes mesures. Les premiers résultats montrent que la recharge de la nappe phréatique est un phénomène extrêmement variable dans le temps et l'espace. Elle est essentiellement due à l'infiltration des eaux stockées dans les mares endoréiques temporaires.

ABSTRACT

In order to estimate the part of annual rainfall really infiltrating, the hydrogeological survey of the phreatic Continental Terminal 3 (CT3) aquifer has been conducted for three years across the degree square of Niamey, north of River Niger (i.e. about 9 000 km²). It consists of a piezometric monitoring, *in situ* measurements of conductivity and pH, chemical analyses (major ions and isotopes). This experiment is detailed, as well as uncertainties about the different measurements. First results show the heterogeneity of subsurface flows even in a simple sedimentary context. The aquifer recharge, highly variable in time and space, is mainly due to the infiltration of water accumulated in the small temporary endoreic pools.

1. OBJECTIFS GÉNÉRAUX

Dans le cadre de Hapex-Sahel, les investigations hydrogéologiques cherchent à évaluer la part des précipitations qui s'infiltré au travers du sol et contribue ainsi à la recharge de la nappe phréatique du degré carré, contenue dans les sédiments du Continental Terminal 3 (CT3).

L'évaluation globale des volumes entrants à l'échelle du degré carré est réalisée de manière indirecte en appréciant l'impact de la saison des pluies sur la nappe. Elle nécessite donc une connaissance détaillée des mouvements piézométriques au cours de l'année et des caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère. Ces estimations peuvent être contrôlées ou précisées par d'autres moyens comme des calculs directs d'infiltration sous les mares, des profils d'humidité du sol ou des analyses isotopiques.

L'évaluation de l'infiltration nécessite une compréhension de l'ensemble des mécanismes qui régissent le fonctionnement de la nappe du CT3. C'est pourquoi une étude hydrogéologique complète a été entreprise. Dans l'état actuel, elle comprend principalement :

- des mesures piézométriques, instantanées ou continues,
- des mesures de conductivité,
- des analyses chimiques (ions majeurs et isotopes).

Par manque d'un nombre suffisant de forages dédiés à l'observation scientifique, les mesures sont essentiellement effectuées dans des ouvrages exploités, ce qui diminue la qualité des données.

Les caractéristiques hydrodynamiques n'ont pas encore été approchées par des mesures de terrain. La vérification des quelques données bibliographiques est indispensable pour entreprendre la modélisation numérique des écoulements souterrains qui synthétisera les recherches hydrogéologiques de Hapex Sahel.

2. DÉLIMITATION GÉOGRAPHIQUE ET TEMPORELLE

2.1. Délimitation horizontale

A l'intérieur du degré carré (2°/3° Est, 13°/14° Nord), la présente étude hydrogéologique est limitée à la zone comprise entre le fleuve Niger et le dallol Bosso, soit près de 9 000 km².

Le fleuve constitue une limite évidente de la nappe du CT3 : les sédiments secondaires et tertiaires ont été entièrement érodés le long du Niger, laissant apparaître le socle cristallin. Les deux compartiments de Continental Terminal de part et d'autre du fleuve sont donc hydrauliquement indépendants.

Une équipe de l'Institut d'hydrologie de Wallingford étudie l'hydrogéologie de la partie du degré carré au sud du fleuve (BROMLEY *et al.*, dans ce volume).

Le dallol Bosso apparaît comme une zone singulière dans les circulations du CT3 puisque la nappe est presque affleurante sur une vaste surface. Cette limite est donc plus judicieuse que la ligne arbitraire du 3° Est. Des mesures ont été faites régulièrement en bordure et dans cette dépression marquée.

La limite du 2° Est correspond à peu près à la bordure de l'aquifère du CT3 reposant en biseau plus ou moins épais sur le socle.

Au-delà de la frontière nord du degré carré, l'aquifère se prolonge continûment. La coupure du 14° parallèle n'a donc pas de signification hydrogéologique.

2.2. Délimitation verticale

Les séries sableuses et argileuses du Continental Terminal peuvent contenir trois nappes superposées séparées par des horizons semi-perméables. Elles sont dénommées CT1 pour la plus profonde, CT2 pour la moyenne et CT3 pour la plus récente.

Selon les endroits, ces nappes peuvent être bien distinctes ou se rapprocher pour éventuellement se confondre. Ainsi au sud du 13° 30' N, il semble que le CT2 et le CT3 forment un seul niveau aquifère. De même en bordure du fleuve en aval de Say, le CT3 et le CT1 ne seraient pas différenciés.

L'épaisseur des sables et silts du CT3 varie de quelques mètres en bordure de l'aquifère à quelques dizaines de mètres.

Les deux nappes les plus profondes du CT1 et CT2 semblent hydrauliquement peu actives (faible recharge, circulations réduites) ; elles sont toutes les deux captives, la plus profonde étant la plus en charge.

La nappe superficielle du CT3 est au contraire régulièrement réalimentée par la pluie. Les volumes y circulant sont nettement plus importants que dans les niveaux sous-jacents.

L'étude actuelle s'est cantonnée à l'analyse du CT3 en supposant que la participation des horizons plus profonds par drainage est négligeable devant les apports par infiltration de la pluie. Cette hypothèse est fondée sur les travaux antérieurs (rapports du projet PNUD-DCTD NER86001 notamment).

2.3. Délimitation temporelle

Les échelles de temps des écoulements souterrains et des phénomènes de surface ne sont pas comparables. C'est pourquoi l'observation hydrogéologique ne peut se limiter à quelques semaines d'une période d'observation intensive ni même à une seule année du fait de la très forte irrégularité du climat sahélien.

Les mesures effectuées en 1991 ne concernent que la piézométrie d'un nombre limité de puits pendant deux campagnes (août et décembre). En 1992 et 1993, les informations recueillies concernent à la fois la piézométrie et la physico-chimie de l'eau.

Pour la piézométrie, les campagnes principales de 1992 ont été effectuées en avril, juillet-août et novembre ; celles de 1993 en février, mai-juin, septembre et décembre. Des observations plus limitées pendant et au-delà de la saison des pluies les complètent.

Les fluctuations piézométriques de ces trois années doivent être comparées avec les évolutions à moyen terme, déduites des mesures mensuelles réalisées depuis 1987 sur une trentaine de puits, qui nous ont été gracieusement transmises par P. SCHROETER (coopération suisse au Niger).

Les mesures de conductivité sont effectuées en même temps que le suivi piézométrique.

Les échantillons pour analyses chimiques (ions majeurs et isotopes) ont été prélevés en plusieurs fois : décembre 1991, avril 1992, janvier-février 1993, septembre 1993 et novembre 1993.

Un suivi piézométrique et hydrochimique plus léger a également été réalisé en 1994.

3. DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

Des relevés de piézométrie et/ou conductivité ont été effectués dans plus de 300 puits et forages (fig. 1), dont la liste est donnée en annexes 1 et 2. La plupart de ces ouvrages ont fait l'objet d'un suivi régulier (trois campagnes générales en 1992, quatre en 1993, compléments localisés à périodicité variable) alors que d'autres n'ont été visités que très occasionnellement. Sept sites ont été équipés d'enregistreurs en continu de niveau.

Des prélèvements pour analyse chimique ont eu lieu dans plus de 120 puits différents afin de préciser la minéralisation de la nappe (fig. 2).

Pour établir les cartes piézométriques du degré carré, un repérage altimétrique d'au moins une partie des puits du réseau piézométrique était indispensable. Ceci a été réalisé par l'Institut géographique national du Niger (IGNN) pour plus de 90 puits (annexe 1) et complété en quelques points par l'ORSTOM.

3.1. Piézométrie

3.1.1. Mesures instantanées

De très nombreux puits du degré carré ont été visités, sélectionnés et régulièrement mesurés : de 118 en août 1991, leur nombre a dépassé 220 un an après et continue d'augmenter selon les besoins de précision supplémentaire en certaines zones et les découvertes de quelques nouveaux ouvrages. Au total, près de 1 300 observations ont été réalisées en 1991 et 1992 dans plus de 300 puits, et encore plus en 1993 (1 400 mesures).

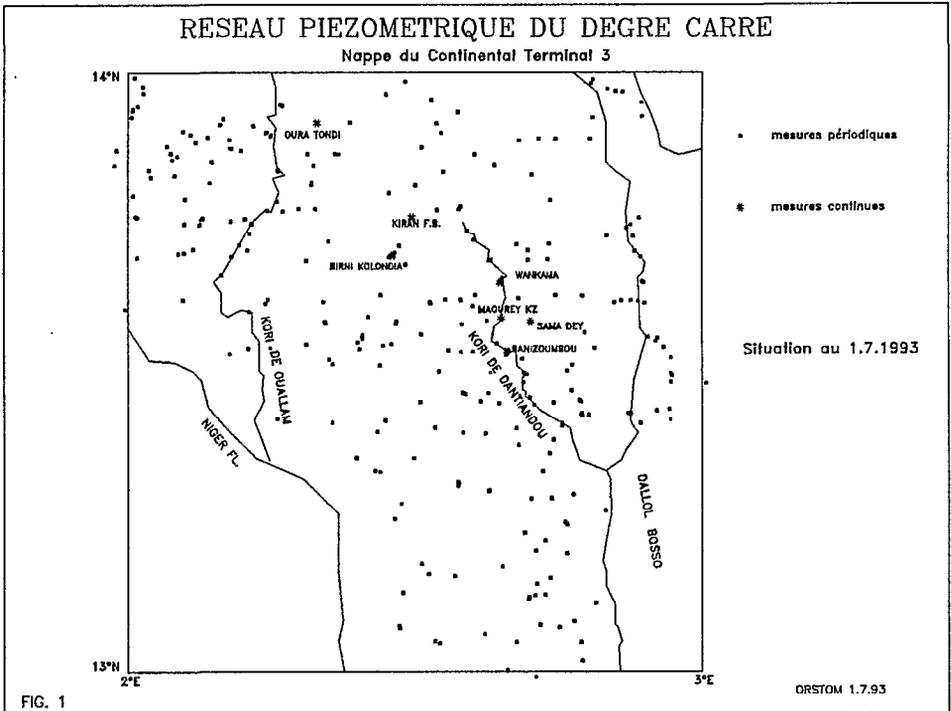


Figure 1. Réseau piézométrique du degré carré.

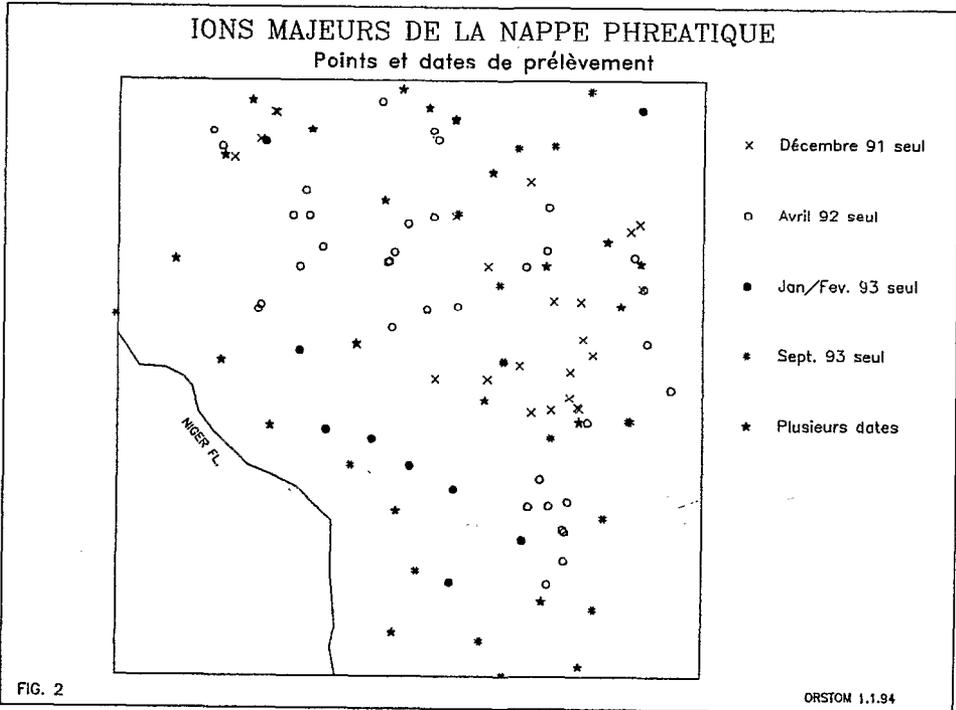


Figure 2. Chimie du CT3 : points de prélèvement.

Le rythme de mesure s'est accéléré : deux campagnes couvrant le degré carré en 1991 (août et décembre), trois en 1992 (avril, été, novembre), quatre en 1993 (février, mai-juin, septembre et décembre). Ces données sont complétées par de très nombreux relevés intermédiaires (parfois hebdomadaires ou bimestriels, souvent mensuels).

Ces importantes campagnes de terrain n'ont pu être réalisées que grâce à la collaboration de la Direction des ressources en eau du ministère de l'Hydraulique, qui a mis à la disposition de cette étude un technicien particulièrement efficace en la personne de M. Sani IBRAHIM.

Période	Piézométrie	Conductivité	Autres mesures
Août 91	118		
Décembre 91	183		
Hiver 91-92	37		
Avril 92	212	143	85 pH, 93 eH, 142 temp.
Printemps 92	52	8	
Été 92	219	78	
Sept. oct. 92	110	58	
Novembre 92	239	138	
Décembre 92	128	128	
Janvier 93	62	46	
Février 93	253	241	
Printemps 93	47	6	
Mai-juin 93	273	248	
Juil. août 93	100	70	
Sept. 93	251	226	81 pH
Oct. nov. 93	120	111	44 pH
Décembre 93	274	265	238 pH

La plupart des puits du réseau piézométrique sont exploités pour l'alimentation humaine et/ou l'abreuvement du bétail. Les niveaux sont donc beaucoup plus souvent dynamiques que statiques. Lors de l'arrivée de l'observateur sur le puits, les personnes utilisant l'ouvrage sont comptées et les prélèvements sont provisoirement arrêtés, le temps de faire le relevé. L'interprétation ultérieure des variations piézométriques doit impérativement prendre en compte l'influence des pompages.

La mesure n'a qu'une valeur limitée, même si l'on suppose l'ouvrage bien fait (pénétration suffisante dans l'aquifère, pas de défaut de réalisation de l'ouvrage, non communication avec un autre niveau aquifère ou les écoulements superficiels) et une absence de pompage. La représentativité spatiale d'une observation est le reflet de ce que l'on connaît ou suppose de la variabilité de l'aquifère.

Sa signification temporelle dépend de l'adéquation entre fréquence des observations et rapidité de l'évolution naturelle. Le seul moyen d'apprécier la représentativité d'une mesure instantanée est de disposer d'une chronique continue !

Les processus hydrogéologiques découverts au cours de cette étude dépendent donc largement de la densité des mesures dans le temps et l'espace.

La répartition spatiale des points d'observation n'est pas parfaitement homogène, à la fois parce que les puits et forages sont très irrégulièrement distribués (absence quasi totale de puits sur les plateaux latéritiques) et que certains secteurs paraissent mériter plus d'attention.

Pour certains points ou zones qui se sont révélés plus intéressants à suivre au fur et à mesure de l'avancement de l'étude, on ne disposera que d'une couverture temporelle réduite.

3.1.2. Enregistrements en continu

Une mesure discontinue n'est pas pleinement satisfaisante tout d'abord parce que certains processus d'infiltration sont rapides (quelques jours) et donc non repérables avec des campagnes espacées de plusieurs semaines et que, d'autre part, certains puits n'atteignent leur niveau statique que quelques rares heures par jour, du fait des pompages.

C'est pourquoi l'installation d'enregistreurs automatiques permet une bien meilleure compréhension des phénomènes de recharge. Le coût de ces équipements est la seule limitation à leur utilisation. Le matériel utilisé provient de deux constructeurs, Elsyde et CR2M. Le système Chloe, fabriqué par Elsyde, est constitué d'une sonde de pression piézorésistive reliée à une centrale qui enregistre les informations sur une mémoire EEPROM extractible qui est lue au laboratoire. L'enregistreur multivoie AGM de CR2M est assez comparable, moins cher et plus polyvalent; la récupération des données se fait grâce à un micro-ordinateur de terrain.

Les sept enregistreurs installés sur le degré carré (fig. 1) sont :

Site	Longitude	Latitude	Début	Remarque
Banizoumbou	2° 39.64	13° 31.96	27-09-90	Doublet depuis 13-12-93
Sama Dey	2° 42.07	13° 35.12	29-01-92	Inondation été 92
Oura Tondi	2° 19.79	13° 54.92	12-03-92	
BirniKolondia	2° 27.65	13° 41.66	13-08-92	
Kiran F.B.	2° 29.67	13° 45.49	25-08-92	Défaut en décembre 92
Maourey K.Z.	2° 39.04	13° 35.44	12-11-92	
Wankama	2° 38.80	13° 38.97	10-6-93	Doublet

Les mesures sont effectuées tous les quarts d'heure avec une résolution verticale de 1 cm ; les premières observations avaient une moindre précision.

La chronique la plus longue est celle de Banizoumbou puisqu'on dispose de la fin de saison des pluies de 1990, de 1991 et 1992 en entier et d'une partie de 1993 (lacune de mars à juin). On peut ainsi apprécier la diversité de réaction de la nappe face à des répartitions temporelles différentes des pluies. Le forage, inexploité, est situé à une centaine de mètres de la mare dont le fond surmonte la nappe d'environ 14 m. Un nouveau piézomètre, plus proche de la mare, a été foré en 1993 ; il est équipé lui aussi d'un enregistreur en continu depuis le 13-12-93. Deux puits situés à 550 et 750 m de la mare font partie du dispositif piézométrique général et permettent d'apprécier spatialement l'impact de l'infiltration depuis la mare.

Sama Dey est situé en bordure d'une mare qui se vidange très vite et alimente donc massivement et rapidement la nappe. Ce type de mare est peu répandu dans le degré carré. Le puits est exploité par les villageois et les pasteurs pendant toute la saison sèche. Les chroniques du mois de février 1992 montrent quelques mesures plus hautes que le niveau statique apparent, peut-être dues à un défaut de fonctionnement de l'appareil. D'autres « aberrations » sont cependant survenues en été 1993 alors que l'enregistreur avait été changé. L'interprétation des données doit donc être particulièrement prudente. A la fin du mois de juillet 1992, une crue plus forte a submergé le puits et entraîné des volumes importants de boue dans l'ouvrage, rendant les mesures sans signification jusqu'à la fin de l'année 1992. Plusieurs tentatives de foration d'un vrai piézomètre ont échoué en 1993.

Le puits d'Oura Tondi est exploité pour l'alimentation en eau du village. Il est situé en bordure d'un kori qui n'est en eau que pendant de courts moments. Il a probablement été submergé pendant quelques minutes suite à la pluie du 13 juillet 1992 (55,5 mm en 4 heures à la station de Tongom), ce qui a provoqué une hausse du niveau dans le puits de 15 cm. Le même phénomène s'est produit le 28 août 1992 avec une hausse brutale de 2 m. L'enregistreur a été démonté à la fin de l'année 1993.

Le puits de Birni Kolondia n'est presque jamais exploité, d'autres ouvrages étant utilisés par le village. Il est situé à quelques centaines de mètres d'une mare de taille réduite qui reste en eau durant toute la saison des pluies.

Le puits de Kiran Fandou Béri est situé en contrebas du village. Aucune mare ne se trouve à proximité. L'exploitation se traduit par un rabattement variant le plus souvent entre 20 et 50 cm. De mi-décembre 1992 à début février, les enregistrements sont aberrants.

Le puits de Maourey Kouara Zéno est utilisé par les villageois et jouxte une mare qui est en eau durant toute la saison des pluies. Le rabattement induit par les pompages varie entre 10 et 30 cm.

L'installation la plus récente est celle de Wankama. Trois piézomètres ont été forés en 1993 selon une perpendiculaire à l'une des mares à des distances de 30, 80 et 180 m. Les deux les plus proches de la mare sont enregistrés en continu depuis juin 1993. Deux puits, plus ou moins exploités, situés à 5 et 500 m d'une seconde mare, complètent le dispositif. Wankama est remarquable par la forte amplitude piézométrique qui dépasse 5 m.

Les sites de Banizoumbou, Maourey Kouara Zéno et Wankama sont tous les trois situés dans le kori de Dantiandou, ancien lit de cours d'eau actuellement tronçonné par des dépôts dunaires. Les différences notables de réaction au cours de la saison des pluies soulignent l'intérêt d'une observation piézométrique détaillée.

3.2. Hydrochimie

3.2.1. Mesures *in situ*

3.2.1.1. Conductivité

Plus de 550 mesures de conductivité ont été effectuées en 1992 dans 266 puits (cf. répartition dans le temps au paragraphe 3.1.1). En 1993, ce nombre a dépassé 1 200.

L'absence répétée de données sur certains points au début de Hapex-Sahel (la conductivité n'était mesurée que si le puits visité était exploité) et le besoin de précision supplémentaire dans deux secteurs a amené une campagne systématique de relevé en décembre 1992. En 1993, les conductivités ont été mesurées quelle que soit l'utilisation de l'ouvrage.

Au-delà du suivi ordinaire des puits du réseau piézométrique, des investigations poussées ont été conduites dans deux zones particulières : le dallol Bosso et le Nord-Ouest du degré carré où de nombreux puits et forages ont été recherchés pour cartographier finement les fortes variations de conductivité.

3.2.1.2. Autres mesures

En avril 1992, les pH, eH et température ont été mesurés lors de la campagne piézométrique : 85 pH, 93 eH et 142 températures. Des mesures complémentaires de pH ont été effectuées en 1993 : 81 en septembre, 44 en novembre et 238 en décembre.

3.2.2. Mesures au laboratoire

3.2.2.1. Ions majeurs

Les analyses portent sur les huit éléments majeurs (calcium, magnésium, sodium, potassium, chlorure, sulfate, bicarbonate et nitrate). Les oxydes de fer et d'aluminium ainsi que la silice n'ont pas été mesurés sur tous les échantillons.

Les 36 prélèvements de décembre 1991 et les 51 d'avril 1992 ont été confiés au laboratoire de géochimie des sols et des solutions à l'ORSTOM de Bondy. Parmi eux, 11 correspondent aux mêmes puits. Les 10 prélèvements de janvier et les 11 de février 1993 ont été analysés par le laboratoire de la faculté des sciences de Niamey, alors que les 27 de septembre 1993 l'ont été par l'ORSTOM Bondy. Quelques prélèvements seront réalisés en 1994. L'ensemble se répartit en 86 analyses uniques, 23 doubles et une triple.

3.2.2.2. Isotopes

En 1992 et 1993, des puits et forages ont été échantillonnés pour analyses isotopiques : 98 oxygène 18, 35 deutérium, 8 tritium et 1 carbone 14. D'autres résultats devraient être obtenus en 1994 par une étude de l'AIEA.

Toutes les analyses ont été réalisées au laboratoire d'hydrologie et de géochimie isotopique (université de Paris-Orsay) ; une partie a été traitée directement par J. D. TAUPIN (ORSTOM Niamey).

3.2.2.3. Autres

Quatre échantillons en provenance des aquifères captifs (CT2/CT1) ont également été analysés. On se reportera à la thèse de C. LE GAL LA SALLE pour plus de détails concernant l'hydrochimie des aquifères en charge du CT, notamment la composante isotopique.

A. BEN MOHAMED a réalisé une spectrométrie par fluorescence aux rayons X (TXRF) à l'Institut des radio-isotopes de Niamey sur 23 échantillons. Les valeurs fournies concernent les éléments S, Cl, K, Ca, Fe, Zn, Br, Sr.

3.3. Nivellement

Plus de 80 puits ont été nivelés en 1992 par l'IGNN, soit par nivellement classique soit par méthode GPS. Quelques difficultés d'exploitation des résultats ont été rencontrées (non concordance des points IGNN avec le réseau piézométrique, erreurs de calcul, non repérage en longitude et latitude de certains points).

L'absence d'informations dans les environs de Niamey et l'apparition d'une singularité vers Kokiré ont nécessité une campagne complémentaire de dix nivellements IGNN en 1993. Quelques points supplémentaires ont été nivelés par l'ORSTOM (J.M. LAPETITE). On aboutit ainsi à un total d'une centaine d'altitudes.

Une telle densité de points cotés, inconnue jusqu'à présent au Niger, permet d'éditer les premières cartes piézométriques fiables de la nappe du CT3 dans le degré carré.

4. INCERTITUDE SUR LES MESURES

4.1. Mesures piézométriques

4.1.1. Mesures instantanées

4.1.1.1. Influence des pompages

Le rabattement du niveau piézométrique dans un puits sous l'effet d'un pompage va dépendre des caractéristiques hydrodynamiques locales de l'aquifère, des pertes de charge éventuelles dues à la réalisation imparfaite de l'ouvrage, du débit soutiré, de la durée du prélèvement et, éventuellement du temps écoulé depuis la fin du pompage.

Dans la réalité, on ne connaît jamais toutes ces informations. On en sera alors réduit à émettre quelques hypothèses permettant d'approcher la réalité.

Les caractéristiques hydrodynamiques actuellement connues ne concernent que le département de Tillabéri et l'imperfection de réalisation des puits et les conditions parfois douteuses d'exécution des essais rendent les résultats peu fiables. Les valeurs médianes sont d'environ $2,5 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ pour le débit spécifique et $2,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ pour la transmissivité.

Selon les villages, les heures de prélèvement varient de manière significative : tôt le matin comme à Oura Tondi, en milieu de journée comme à Sama Dey. Il n'est donc pas possible de savoir, sauf par des indices visuels ou l'interrogation des habitants, si le puits a été utilisé juste avant le passage de l'observateur.

En période normale, on peut supposer que le débit extrait est compris entre 1 et $3 \text{ m}^3/\text{h}$ pendant une période de pointe qui ne dure que quelques heures d'affilée pour les puits villageois.

Les volumes prélevés varient selon les saisons. En période d'hivernage, les nombreuses mares temporaires constituent des points d'alimentation des hommes et des bêtes particulièrement sollicités. L'extraction des eaux souterraines est alors très sensiblement réduite.

Enfin, les pompages sont très variables d'un puits à un autre selon la densité de population, la taille des troupeaux nomades et sédentaires, la qualité de l'eau, la profondeur de la nappe, l'éloignement du village et des autres puits,... Lors du suivi piézométrique, certains puits ont paru sollicités quelle que soit l'heure du jour alors que pour d'autres aucune trace d'exploitation n'a jamais été relevée.

Si l'on retient, pour un puits « moyen », un débit spécifique de $2 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ et une exploitation de $2 \text{ m}^3/\text{h}$, on aboutit à un rabattement prévisible de 1 m, c'est-à-dire l'ordre de grandeur des fluctuations naturelles connues au cours d'une année. Si c'est le cas, le suivi piézométrique a très peu de chance d'atteindre une finesse suffisante pour quantifier la recharge naturelle de la nappe.

Cependant, le calcul effectué à partir de la transmissivité donne des résultats plus rassurants. Avec un pompage de $2 \text{ m}^3/\text{h}$ pendant trois heures dans un puits de 1 m de rayon, le rabattement est d'environ 30 cm pour des valeurs moyennes de transmissivité T et de porosité S. Le tableau ci-après donne les variations prévisibles. Une heure après la fin d'un tel pompage, le rabattement résiduel n'est plus que de quelques centimètres (1 à 12 pour une transmissivité de $5 \cdot 10^{-3}$ à $5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$).

Rabattement à 3 h	S = 1 %	S = 5 %
T = $5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$	8 cm	7 cm
T = $10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$	34 cm	27 cm
T = $5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$	63 cm	49 cm

Les évaluations ci-dessus doivent être comparées avec les informations en provenance des puits équipés d'enregistreurs. Ainsi les rabattements journaliers en saison sèche sont compris :

- entre 40 et 120 cm à Sama Dey,
- entre 40 et 90 cm à Oura Tondi,
- entre 20 et 50 cm à Kiran Fandou Béri,
- entre 10 et 30 cm à Maourey Kouara Zéno.

Les ordres de grandeur des rabattements calculés et effectivement mesurés sont donc identiques.

De mesures ponctuelles mais rapprochées on peut également tirer quelques renseignements. Ainsi, certains puits fréquemment visités n'ont pas montré de variation sensible selon l'heure ou le nombre de personnes pompant alors que d'autres accusent des décalages importants.

La prudence s'impose donc pour définir des évolutions piézométriques à partir d'ouvrages exploités. La connaissance du terrain et les remarques faites lors des tournées piézométriques sont indispensables pour apprécier l'incertitude sur la mesure.

4.1.1.2. Incertitude de mesure

Même avec un observateur consciencieux, des erreurs rares mais grossières peuvent arriver pendant le relevé ou son report, comme une confusion entre les chiffres des mètres ou des dizaines de mètres. A ces erreurs, parfois difficiles à repérer ou rectifier, se rajoutent les incertitudes de mesure.

Comme toute mesure physique, le relevé de la profondeur est sujet à une incertitude de lecture, qui correspond théoriquement à une demi-graduation soit 0,5 cm.

Les mesures sont effectuées en posant le support de sonde sur le bord cimenté du puits. La non-horizontalité de cette margelle peut amener une variation de quelques centimètres.

Dans les rares cas où le puits visité est un puits traditionnel (Sama Dey par exemple), toute idée de précision doit être abandonnée puisque ces ouvrages sont régulièrement réhaussés par adjonction de poutres irrégulières.

Enfin, également importante est la variation liée au matériel utilisé : la sonde du ministère de l'Hydraulique indique des profondeurs plus fortes de un pour mille que celle de l'ORSTOM. Négligeable pour les faibles profondeurs, ce décalage atteint 6 cm pour une nappe à 60 m.

4.1.1.3. Non-représentativité du piézomètre

Un certain nombre d'ouvrages ont été implantés de manière fort maladroite dans des points bas de la topographie. Ils bénéficient ainsi de submersion périodique lors de fortes crues qui introduisent de l'eau et des particules argileuses dans le puits. D'autres présentent des cuvelages fissurés ou décalés qui laissent les eaux de surface se déverser en abondance et participer d'une manière non conventionnelle à la recharge de la nappe (Boubourey Fandou par exemple).

Les mesures réalisées après une crue dans ces ouvrages n'ont donc pas de signification et on ignore la perturbation induite par un éventuel colmatage argileux des parois.

Ces puits situés en zone inondable ont été identifiés dans la base de données.

4.1.1.4. Confusion des puits visités

De nombreux villages disposent de plusieurs puits. Une confusion est donc possible entre les différents ouvrages, et donc les profondeurs de la nappe, pour certaines campagnes piézométriques où le repérage des coordonnées par système GPS n'a pas été systématique.

Lorsque le décalage altimétrique à l'intérieur d'un village est fort (il peut atteindre une dizaine de mètres), le risque d'erreur est faible : une importante variation attire l'attention et amène à vérifier rapidement l'information. Dans le cas le plus fréquent d'un décalage entre puits de quelques décimètres à un ou deux mètres, l'erreur ne sera pas forcément détectée.

4.1.2. Enregistrements en continu

Les enregistreurs limnimétriques ont assez bien fonctionné en 1992 et 1993. Quelques problèmes sont néanmoins apparus. L'uniformisation des seuils (1 cm) et des fréquences de mesure (15 mn) a accru la précision des chroniques recueillies.

Pour le site de Sama Dey, la principale difficulté rencontrée est l'enfouissement de la sonde suite au déversement des eaux de la mare dans le puits à la fin juillet 1992. La boue ainsi entraînée a colmaté l'ouvrage et la mesure de pression a perdu toute signification. Les résultats des mois d'août à décembre ne sont pas corrélables avec les mesures ponctuelles effectuées depuis la surface du sol et sont donc complètement inexploitables.

Pour ce même site, des variations non encore élucidées ont été enregistrées en février 1992. Ces hausses bizarres peuvent être dues à un mauvais fonctionnement de la sonde ou à une raison naturelle inconnue, sauf à supposer que la nappe n'est jamais en équilibre en saison sèche. D'autres bizarreries sont apparues en été 1993 : variations surprenantes de la nappe, remontée après une première décrue, etc avec un enregistreur différent de celui du début 1992.

Les variations anormales enregistrées à Kiran Fandou Béri à partir de la mi-décembre 1992 sont attribuées à un dérèglement de la sonde. Le retour à la normale, tout aussi inexplicable, a eu lieu en janvier 1993. Un arrachement du système de fixation de la sonde a également entraîné des perturbations, notamment une lacune complète du 3 juillet au 18 août 1993.

Les deux courtes submersions décelées au puits d'Oura Tondi ne semblent avoir eu aucune conséquence sur les caractéristiques de l'ouvrage et la fiabilité des mesures.

L'enregistreur du forage de Banizoumbou a cessé de fonctionner entre mars et juin 1993. Le début de la saison des pluies manque donc.

Aucune dérive dans le temps n'a été relevée.

4.2. Mesures hydrochimiques

4.2.1. Conductivité *in situ*

Les différences de résultats entre appareils de terrain est inévitable. Une confrontation des sondes de conductivité pendant quelques jours a montré que celle de l'ORSTOM donnait des valeurs plus élevées que celle du ministère de l'Hydraulique avec un décalage moyen de 20 $\mu\text{S/cm}$. Cependant, cet écart n'est pas toujours régulier ni constant.

La plupart des mesures ont été réalisées avec le matériel de l'ORSTOM. Des dysfonctionnements sont apparus brutalement ; ainsi les mesures du 10-2-1993 sont manifestement fausses.

Les interprétations d'éventuelles variations doivent donc tenir compte de cette précision limitée.

4.2.2. pH *in situ*

L'évaluation *in situ* du pH, plus délicate que celle de la conductivité, nécessite un étalonnage régulier de la sonde. Le matériel de terrain est assez peu précis.

Les mesures d'avril 1992, septembre et novembre 1993 semblent assez homogènes : médianes et moyennes sont d'environ 6,1. Par contre, la plus grosse campagne, en décembre 1993, montre une baisse non encore expliquée de l'ordre de 0,5 pH.

4.2.3. Analyses chimiques

Le calcul de la balance ionique est un bon critère global de qualité. Sur les 139 résultats disponibles, neuf montrent un déséquilibre supérieur à 20 % : 3 pour les analyses Orstom de décembre 1991 et 6 pour les analyses de l'université de Niamey de janvier-février 1993 avec des déséquilibres pouvant dépasser 50 % dans le deuxième cas. Parmi les analyses douteuses, celles de décembre et une partie des autres correspondent à de faibles conductivités où les décalages sont plus compréhensibles. Il reste cependant un certain nombre d'analyses déséquilibrées explicables soit par une erreur d'analyse soit par la forte teneur d'un ion autre que les 8 ions majeurs.

La précision des analyses réalisées par l'ORSTOM est la suivante. Pour les cations, le dosage par absorption atomique aboutit à une précision de 0,01 mg/l. Le dosage potentiométrique du bicarbonate est à 0,5 mg/l près alors que les autres anions, dosés par chromatographie ionique, sont connus à 0,1 mg/l près. Pour Si, Al et Fe, la précision est de 0,02 mg/l.

Nous n'avons pas d'indication sur la précision des résultats de l'université de Niamey.

4.3. Nivellement

Dans le cadre de Hapex Sahel, plus de 90 puits ont fait l'objet d'un nivellement, classique ou GPS. La méthode GPS est plus rapide mais moins fiable : la précision du calage altimétrique fournie par l'IGNN est de quelques centimètres ; au pire, l'erreur est de 20 cm pour un point situé à 40 km d'un repère connu.

L'incertitude majeure réside dans la confusion entre plusieurs puits d'un village puisque certains ouvrages n'ont pas été identifiés par l'IGNN en longitude et latitude mais seulement en altitude. L'IGNN a alors arbitrairement attribué à l'ouvrage nivelé les coordonnées du puits visité par l'ORSTOM sans autre vérification. Un contrôle ultérieur a permis de rectifier quelques erreurs mais il n'est pas certain que les données actuelles soient toutes irréprochables.

5. EXEMPLES DE PREMIERS RÉSULTATS

On trouvera ci-après quelques exemples de premiers résultats. Ces analyses sommaires seront affinées ultérieurement.

5.1. Carte des conductivités (fig. 3)

Les conductivités sont généralement faibles (médiane égale à 90 $\mu\text{S}/\text{cm}$) ; elles peuvent cependant atteindre des maxima élevés (exceptionnellement, près de 7 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à Tokobinkani Zarma).

Les fortes variations de conductivité entre des puits peu distants peuvent être causées par :

- une contamination depuis un aquifère plus profond (naturellement au travers d'un aquitard peu épais ou artificiellement par des forages artésiens s'écoulant librement),
- des changements rapides dans la lithologie de l'aquifère, surtout quand des dépôts évaporitiques sont présents,
- une pollution locale, notamment à cause des troupeaux à l'abreuvement.

Trois zones apparaissent nettement :

- le Nord-Ouest du degré carré, où la minéralisation est très variable sur de courtes distances. Cette hétérogénéité est reliée au biseauage du Continental Terminal sur le socle cristallin : les ressources en eau du CT3 sont limitées, l'aquitard entre CT3 et CT1 s'amenuise voire disparaît et permet une contamination depuis les niveaux aquifères plus profonds, CT1 ou socle, qui sont beaucoup plus minéralisés.
- une large zone centrale où la conductivité est généralement basse (moins de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Ponctuellement, de rares puits minéralisés sont connus.
- le Dallol Bosso, en bordure est du degré carré. Les variations de la conductivité, de 100 à 1 700 $\mu\text{S}/\text{cm}$, peuvent être expliquées par des singularités sédimentologiques locales et aussi par une évaporation importante (la nappe phréatique n'est qu'à quelques mètres sous la surface du sol).

La corrélation entre conductivité et composition ionique est nette.

5.2. Carte piézométrique (fig. 4)

A partir des puits nivelés, une carte piézométrique peut être proposée pour chacune des campagnes couvrant la totalité de la nappe (avril, été, novembre). En illustration a été retenue celle de novembre 1992.

Deux secteurs inégaux se différencient : la plus grande partie de la nappe, à l'est et au sud, est homogène alors que le coin nord-ouest est beaucoup plus tourmenté. Il n'y a pas une direction régionale pour les circulations dans le CT3 mais un ensemble d'écoulements en tous sens.

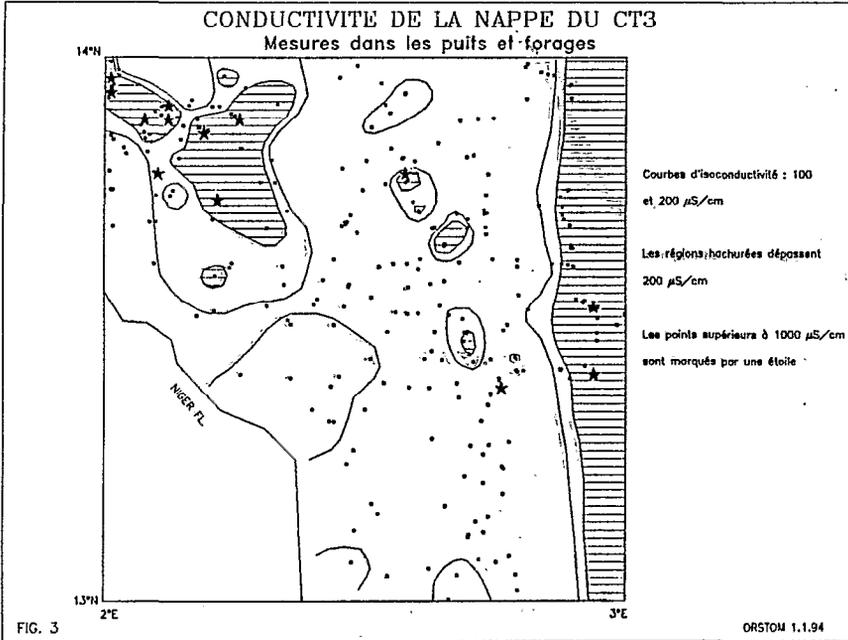


Figure 3. Conductivité de la nappe du CT3.

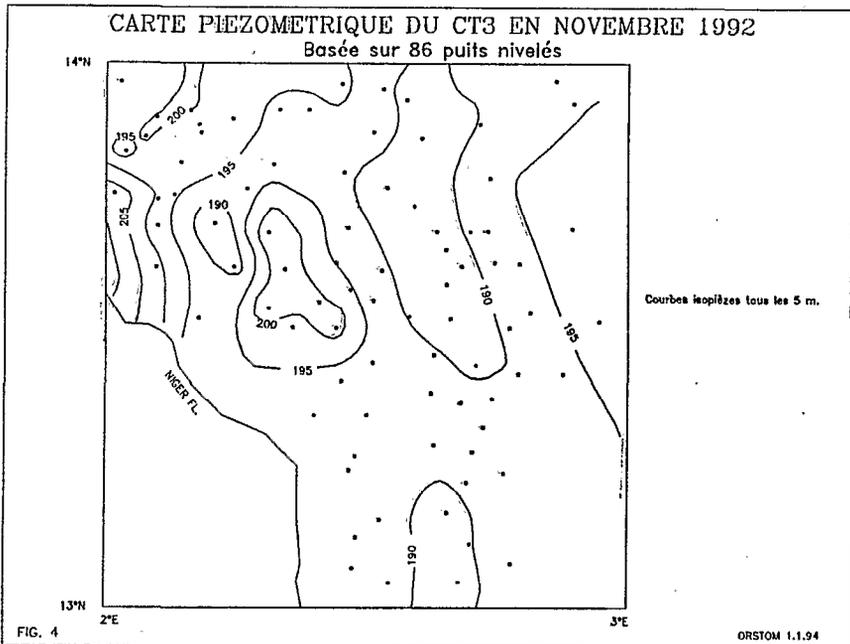


Figure 4. Carte piézométrique du CT3 en novembre 1992.

La grande zone à l'est et au sud présente des gradients hydrauliques très faibles. Les niveaux hauts se situent dans la partie nord du Dallol Bosso, qui serait donc une zone d'apport pour le degré carré, et les niveaux bas dans une dépression piézométrique apparemment fermée et plus ou moins axée sur le kori de Dantiandou.

Le Nord-Ouest a une piézométrie très variable sur de faibles distances. On y trouve les niveaux extrêmes de la nappe (plus de 210 m et moins de 185 m). Un dôme piézométrique net existe au nord-est de Niamey, autour de Barkiawel, Dey Tégui, Tokobinkani et Gagare. A proximité, le niveau particulièrement bas de Kokiré est unique et correspondrait à une petite dépression fermée. Comme pour d'autres paramètres hydrogéologiques (chimiques par exemple), l'explication proposée pour cette forte hétérogénéité du Nord-Ouest est l'amenuisement du CT au-dessus du socle, la faiblesse des réserves et le contact de plusieurs niveaux aquifères.

5.3. Évolution piézométrique décembre 1991-novembre 1992 (fig. 5)

L'impact de la saison des pluies 1992 peut être apprécié en comparant les niveaux de la nappe à des dates proches en 1991 et 1992. La comparaison des niveaux d'été est risquée puisque dépendante d'un éventuel décalage dans le déroulement de la saison des pluies ou le début du processus de réalimentation de la nappe. La comparaison des niveaux de fin d'année est probablement plus révélatrice de l'impact réel de la saison des pluies.

Les variations apparentes des 177 puits communs se répartissent en :

- 12 baisses, de 0,62 m en moyenne,
- 26 stabilités,
- 139 hausses, dont les 134 inférieures à 3 m ont une moyenne de 0,62 m.

Ceci représente une hausse moyenne de 0,44 m. Le tableau ci-dessous fournit la répartition des variations inférieures à 3 m.

		Pompage nov. 92		Pas de pompage nov. 92	
Pompage déc. 91	88	8 baisses 0,51 11 stabilités 69 hausses 0,60	45	2 baisses 0,21 4 stabilités 39 hausses 0,71	
Aucun pompage déc. 91	17	1 baisse 2,78 5 stabilités 11 hausses 0,61	22	1 baisse 0,11 6 stabilités 15 hausses 0,48	

Les chiffres bruts sont bien sûr influencés par les prélèvements. Ainsi, les trois baisses supérieures à 0,5 m sont dues aux pompages, comme le montrent les mesures complémentaires effectuées en janvier 1993. Après correction, ces trois points apparaissent plus hauts en 1992 qu'en 1991. La moyenne des 9 autres baisses est alors de 0,21 m, ce qui est ininterprétable du fait de leur dispersion géographique et des diverses incertitudes sur les mesures.

Les cinq puits ayant une hausse supérieure à 3 m entre 1991 et 1992 connaissent tous une montée rapide de la nappe en été suivie d'une baisse plus lente après la fin de la saison des pluies. Le décalage d'un mois dans la comparaison (novembre 1992 et décembre 1991) peut donc la fausser. De plus, trois d'entre eux sont submersibles, c'est-à-dire qu'ils sont situés à proximité de mares, zones d'infiltration présumées où l'amplitude piézométrique est plus grande que dans le reste de la nappe.

La seule hausse comprise entre 2 et 3 m est probablement surestimée puisqu'elle est la résultante d'une hausse régionale (0,5 à 1,8 m dans les puits voisins) et d'une absence de pompage en novembre 1992, alors que le puits était utilisé en décembre 1991.

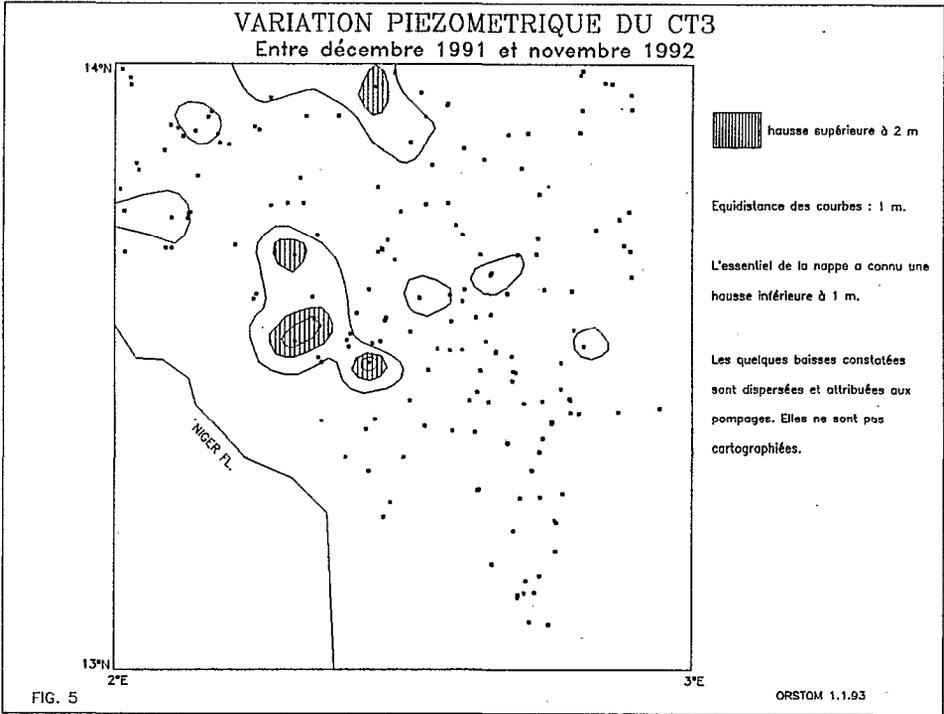


Figure 5. Évolution piézométrique entre décembre 1991 et novembre 1992.

Parmi les 23 hausses comprises entre 1 et 2 m, 9 correspondent à des puits exploités en décembre 1991 et non exploités en novembre 1992. La remontée de la nappe y est donc surestimée. Deux autres puits sont situés en zone inondable.

Des traitements plus détaillés seront nécessaires pour produire une synthèse rigoureuse de la hausse entre 1991 et 1992. La carte fournie (fig. 5) n'est qu'une étape dans ce travail.

5.4. Évolution piézométrique du site de Wankama (fig. 6)

Le site de Wankama est sommairement décrit au paragraphe 3.1.2. L'évolution piézométrique à moyen terme peut être approchée à partir des mesures mensuelles du puits P07 de Wankama effectuées depuis 1987 par le ministère de l'Hydraulique grâce à la coopération suisse (P. SCHROETER, 1993). Malgré les inexactitudes qui entachent ces relevés, plusieurs remarques s'imposent :

- le total pluviométrique annuel ne suffit pas à définir les bonnes ou mauvaises années pour la réalimentation de la nappe. Ainsi, un même total de pluie en 1991 et 1993 (480 et 500 mm) s'est traduit par des amplitudes piézométriques différentes (2 et 3 m). La recharge de l'aquifère dépend de la répartition et de l'intensité des précipitations au cours de la saison des pluies.
- la tendance régionale, confirmée en d'autres sites, est à une reconstitution des réserves depuis la sécheresse de 1984. La forte remontée de la nappe souligne l'importance de l'alimentation récente, ce qui n'est pas toujours le cas en zone sahéenne, et donc la sensibilité aux fluctuations climatiques. Dans une telle situation, les chroniques piézométriques longues sont fondamentales pour une analyse hydrogéologique sérieuse.

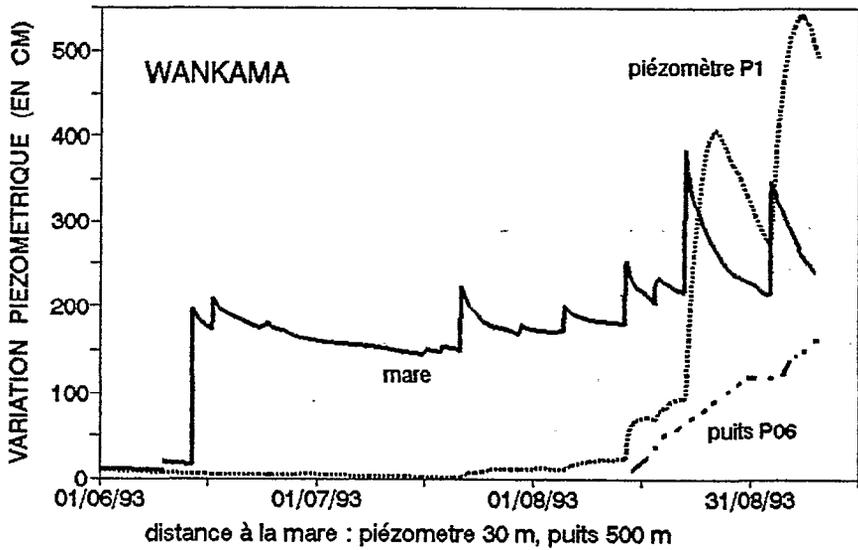
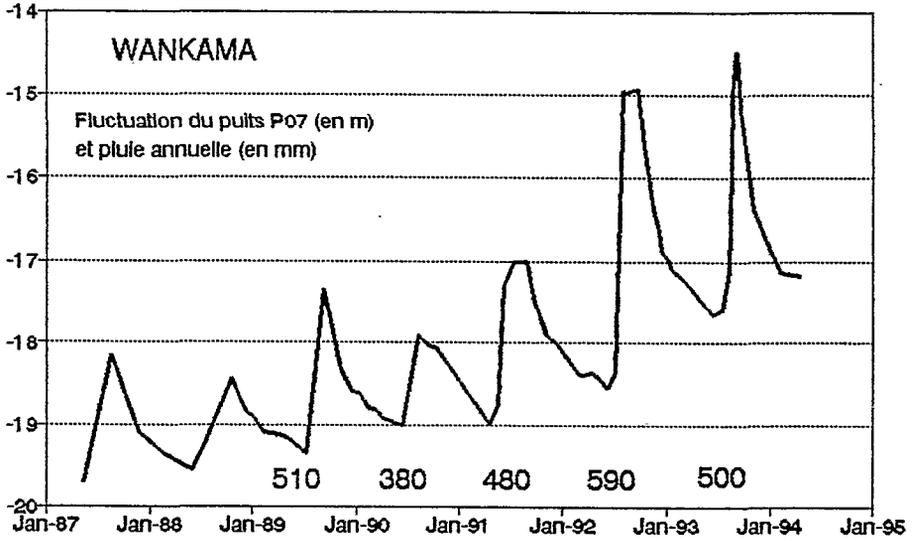


Figure 6. Variations piézométriques du site de Wankama.

Les enregistrements en continu des niveaux de la mare et aussi de la nappe en plusieurs piézomètres au cours de l'année 1993 illustrent l'intérêt de mesures denses et précises à proximité des lieux privilégiés d'infiltration que sont les mares temporaires. A Wankama, les premières crues dans la mare imprègnent la zone non saturée mais n'ont pas d'impact immédiat sur le niveau de la nappe qui ne commence à monter que vers le 20 juillet (quelques cm). Les deux grandes hausses brusques dans l'aquifère sont survenues le 22 août et le 3 septembre (entre 2,5 et 3 m d'amplitude à chaque fois). Le décalage temporel entre début de crue dans la mare et dans la nappe diminue en fin de saison des pluies (une à deux heures pour les deux derniers épisodes). La juxtaposition des chroniques des différents piézomètres permet en outre de calculer différents coefficients de diffusivité correspondant à différentes tranches de l'aquifère.

La comparaison de ces chroniques continues de Wankama avec celles de Banizoumbou est instructive : les deux sites se trouvent dans des contextes géomorphologiques apparemment très proches (kori de Dantiandou) mais leurs réactions sont très différentes : faible amplitude piézométrique et rapide amortissement dans l'espace à Banizoumbou mais réaction plus rapide de la nappe en début de saison.

5.5. ACP sur hydrochimie (fig. 7)

Une analyse en composantes principales effectuées sur les 87 premières analyses chimiques confiées au laboratoire de Bondy a mis en évidence des corrélations entre certains éléments (Ca et Mg en premier, et ensuite ces deux ions avec NO_3 , Na, Cl et la conductivité). Au contraire, certaines variables sont indépendantes des autres (K, HCO_3 , SO_4 , pH).

6. CONCLUSION

Les estimations de la recharge des aquifères en zone sahélienne varient énormément selon les auteurs, les régions et les méthodes utilisées. Dans bien des cas, ces propositions reposent sur une quantité limitée de données peu fiables.

Les très nombreuses mesures hydrogéologiques réalisées en 1991, 1992 et 1993 ont permis une première description de l'évolution piézométrique de la nappe et de sa variabilité hydrochimique.

Les données piézométriques sont exploitables en variations relatives, compte tenu des pompages éventuels, et en valeurs absolues pour les puits nivelés.

La recharge de l'aquifère par infiltration se marque sur la plupart des chroniques piézométriques par une remontée du niveau de la nappe, généralement inférieure à 1 m. Les plus hauts niveaux sont atteints à des dates variables, en cours ou après la saison des pluies. Les points les plus variants (jusqu'à 9 m) sont situés à proximité immédiate des mares temporaires qui apparaissent donc comme des lieux privilégiés de réalimentation. A l'intérieur d'un processus pluriannuel de reconstitution des réserves souterraines, la saison des pluies 1992 semble avoir eu un impact plus fort sur la nappe que 1991 ou 1993. Le Nord-Ouest du degré carré est un secteur hétérogène, en bordure de l'aquifère qui se biseaute sur le socle cristallin.

Les mesures de conductivité montrent des zones limitées à forte minéralisation s'opposant au reste de la nappe et confirment donc le particularisme du Nord-Ouest. Les analyses chimiques précisent les ions responsables de l'essentiel de la minéralisation (nitrate et bicarbonate pour les anions, calcium et sodium pour les cations), mais les fortes teneurs en nitrate de certains points ne sont pas encore expliquées.

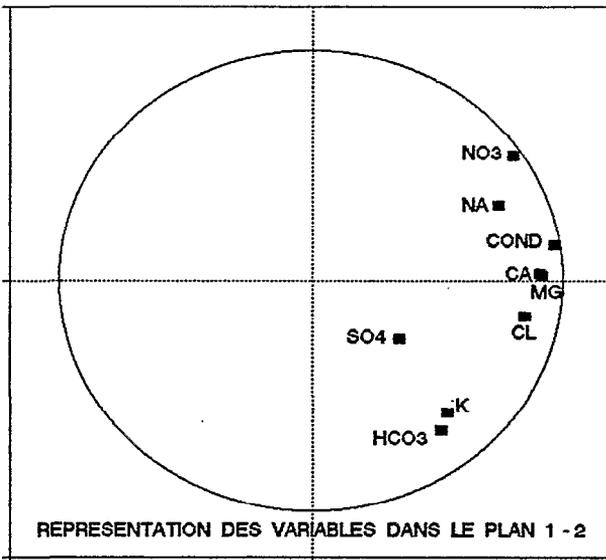
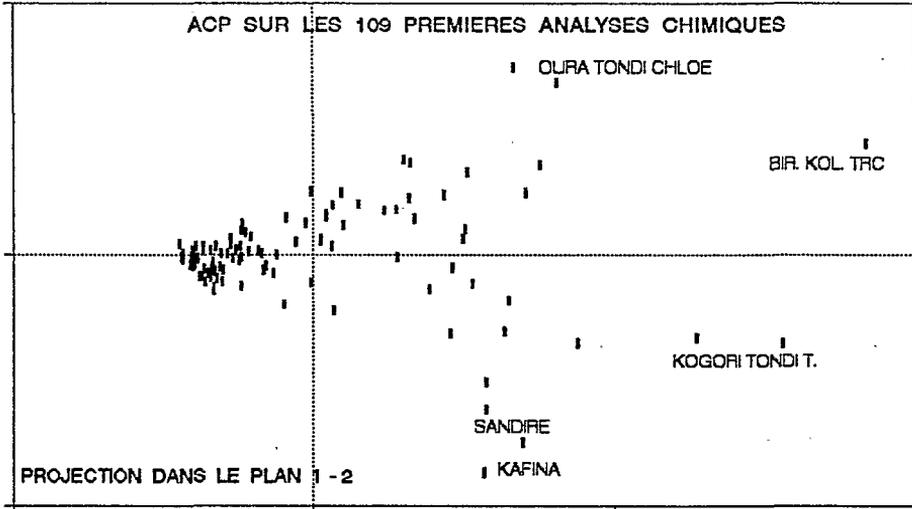


Figure 7. ACP sur les 109 premières analyses chimiques.

Les analyses isotopiques différencient très clairement le CT3 des deux autres niveaux plus profonds du CT, qui contiennent des eaux beaucoup plus anciennes s'étant infiltrées dans d'autres conditions climatiques.

Les mesures instantanées de piézométrie et de conductivité, les résultats d'analyses chimiques, les caractéristiques géographiques des ouvrages visités sont disponibles dans la base de données Hapex-Sahel H2SIS.

RÉFÉRENCES

- BRGM, *Les eaux souterraines de la république du Niger*, par J. GREIGERT. Rapport BRGM 68/ABI/006/NIA, 1968.
- BRGM, *Atlas des eaux souterraines*. Rapport BRGM 79/AGE/001, Orléans 1979.
- BRGM, *Mise à jour de l'Atlas des eaux souterraines du Niger*. 1986.
- LEDUC C. et J.C. DESCONNETS, *Pools and recharge of the Continental Terminal phreatic aquifer near Niamey, Niger*. International workshop on groundwater monitoring and recharge in semi-arid areas, Hyderabad janvier 1994, SV13-SV22, UNESCO/IAH ed.
- LEDUC C. et J.C. DESCONNETS, *Variability of groundwater recharge in the Sahel: piezometric survey of the Continental Terminal aquifer (Niger)*. International conference on future groundwater resources at risk, Helsinki juin 1994, IAHS publ. à paraître.
- PNUD, *Atlas des ressources en eau du Continental Terminal*. Projet DCTD NER86001, Niamey, octobre 1990.
- PNUD, *Synthèse des ressources en eau du département de Tillabéri*. Projet DCTD NER86001, Niamey, octobre 1990.
- PNUD, *Les ressources en eau du département de Dosso*. Projet DCTD NER86001, Niamey, janvier 1991.
- SCHROETER P., *Les fluctuations des niveaux d'eau dans les nappes du Continental Terminal et de la formation du Tchad*. Programme hydraulique Niger-Suisse, Niamey, décembre 1993.

ANNEXE 1

Liste des puits visités, classés par numéro géographique, avec indication des points nivelés, du nombre de mesures *in situ* et d'analyses chimiques

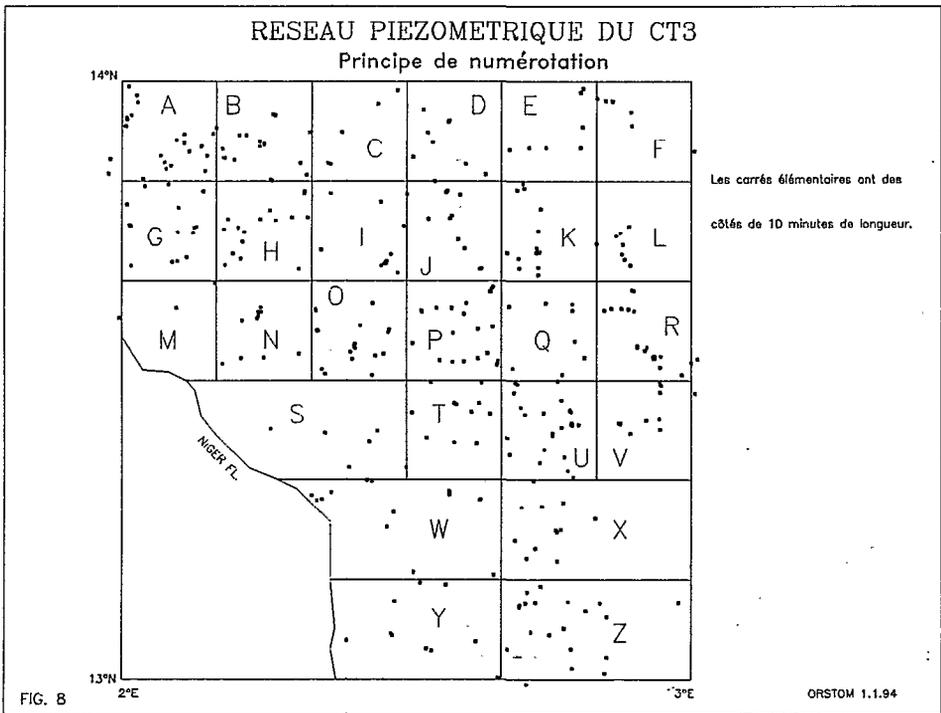


Figure 8. Principe de numérotation des puits visités.

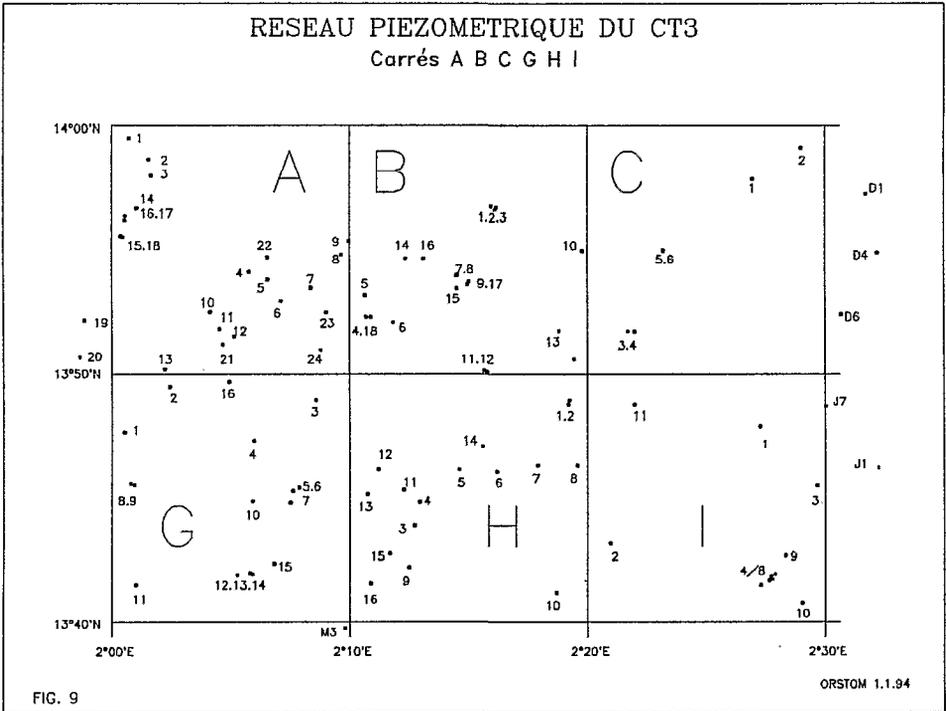


Figure 9. Détail de numérotation des puits des zones ABCGHI.

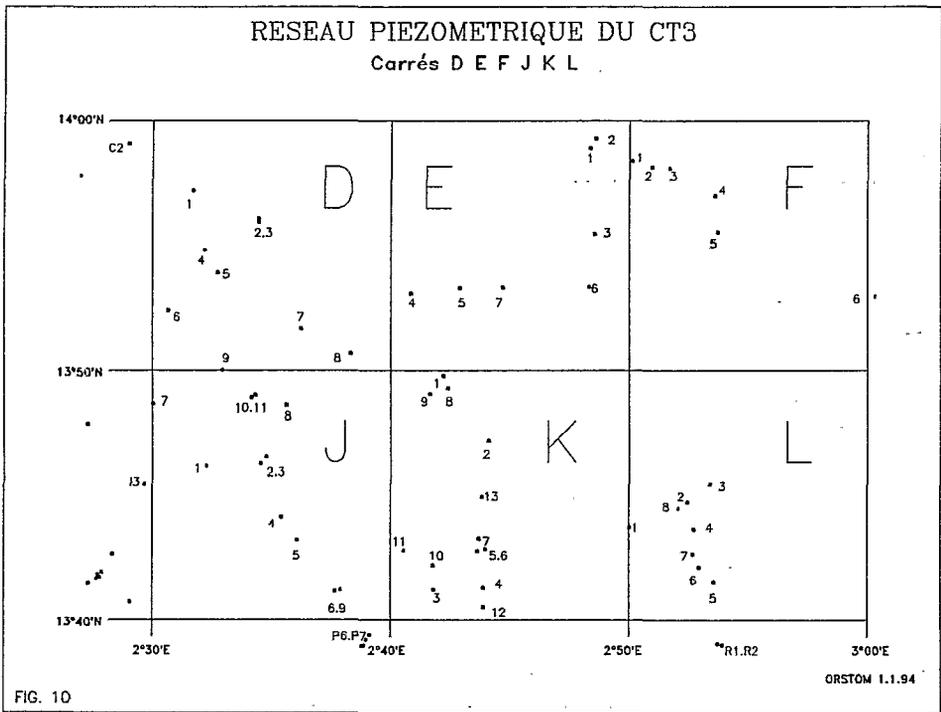


Figure 10. Détail de numérotation des puits des zones DEFJKL.

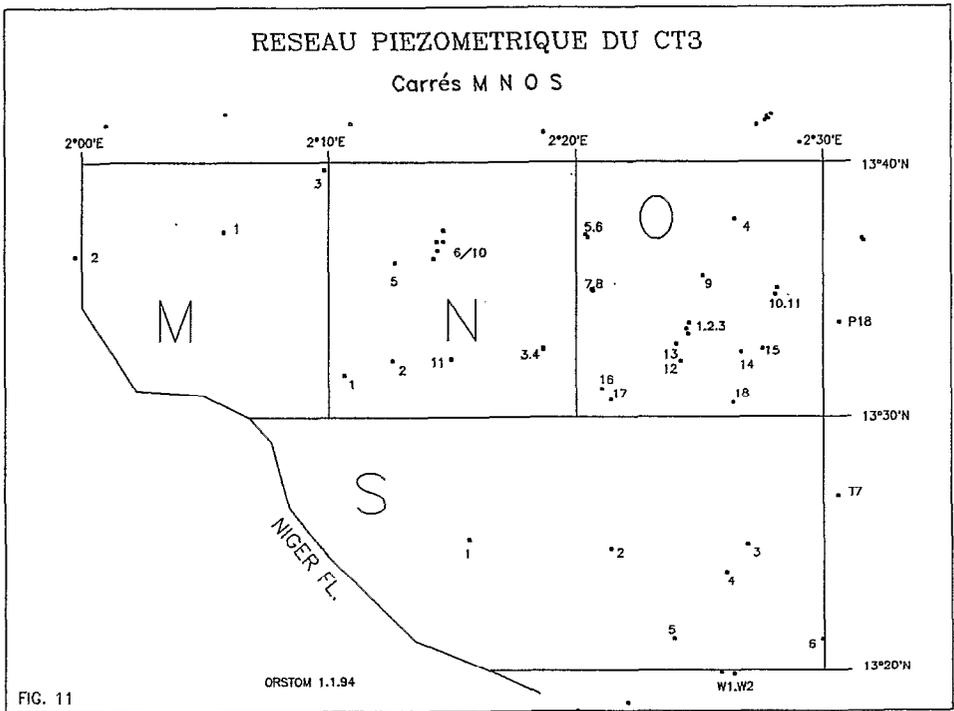


Figure 11. Détail de numérotation des puits des zones MNOS.

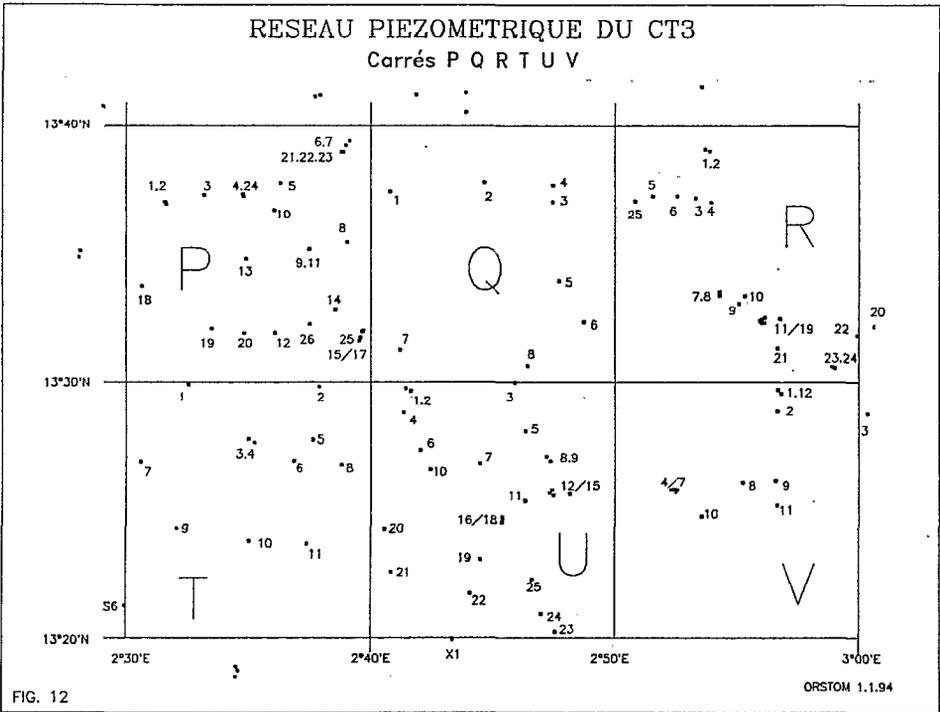


Figure 12. Détail de numérotation des puits des zones PQRTUV.

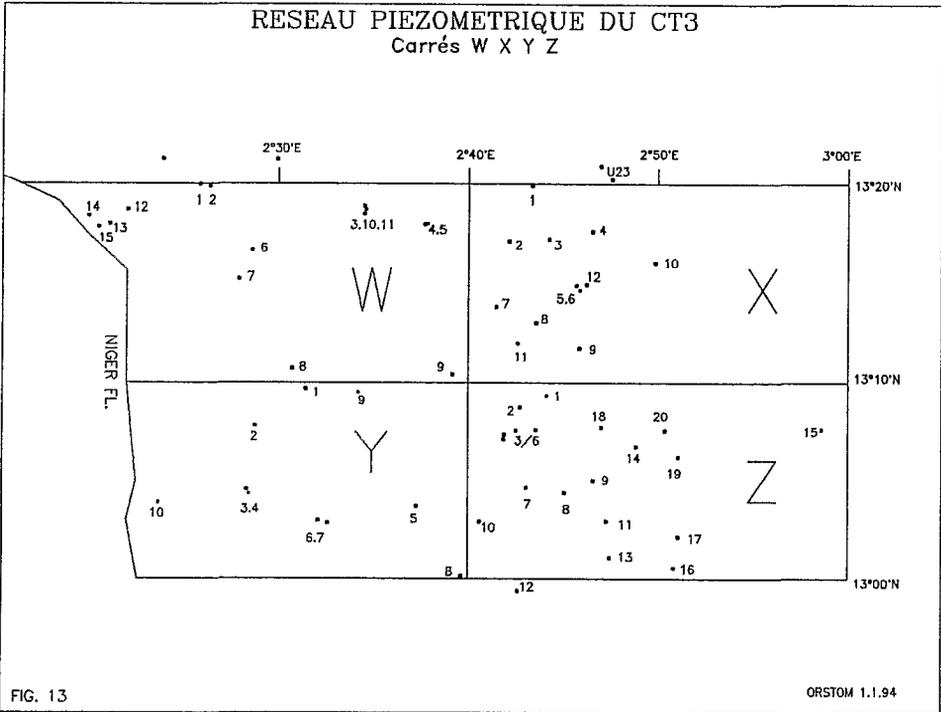


Figure 13. Détail de numérotation des puits des zones WXYZ.

ANNEXE 1 suite

**LISTE DES PUIITS DU DEGRÉ CARRÉ CLASSÉS PAR NUMÉROS CROISSANTS
AVEC INDICATION DES MESURES RÉALISÉES (SITUATION AU 31-12-93)**

Les numéros des puits sont ceux figurant sur les cartes des figures 8 à 12.

Longitude et latitude sont exprimées en degrés et minutes décimales.

Les puits ayant fait l'objet d'un nivellement de précision sont indiqués dans la colonne NIVEL par un X.

Les trois colonnes suivantes indiquent le nombre de mesures de piézométrie, conductivité et pH *in situ*.

La dernière colonne indique le nombre d'analyses chimiques (ions majeurs) du puits.

NUM.	VILLAGE	LONG.	LATIT.	NIVEL	PIEZO NOMBRE DE MESURES	COND	PH	ANALYSES CHIMIQUES
A01	NIABERI KOUARA	2° 00.72	13° 59.48		11	9	3	
A02	BANEY KAINA	2° 01.54	13° 58.60		10	7	2	1
A03	TONDI MEKIREY	2° 01.65	13° 57.94	X	10	7	2	
A04	GOUBEY KIRE VIL	2° 05.76	13° 54.07	X	11	8	2	
A05	GOUBEY KIRE FED	2° 06.55	13° 53.75		11	7	2	
A06	OUAGINI BANGOU	2° 07.10	13° 52.94		11	8	2	
A07	BOUBOUREY FANDOU	2° 08.35	13° 53.44		11	6	2	
A08	SISAN TONDI ENCLOS	2° 09.66	13° 54.77	X	10	6	2	1
A09	SISAN TONDI KOUARA	2° 09.97	13° 55.32		10	7	2	
A10	DIOLE	2° 04.12	13° 52.51		4	1	0	
A11	DIOLE GOUBE KOUARA	2° 04.51	13° 51.82	X	7	6	2	
A12	GOUBE MENASARA	2° 05.15	13° 51.52		12	10	3	
A13	GOROU GOUSSA	2° 02.23	13° 50.18	X	10	9	2	
A14	GATA KOUARA (K TEG)	2° 01.03	13° 56.64		6	6	2	
A15	SABON GARI OFEDES	2° 00.44	13° 55.51		5	5	1	
A16	KANO KOUARA OFEDES	2° 00.56	13° 56.35		5	5	1	
A17	KANO KOUARA CLOS	2° 00.52	13° 56.17		5	5	1	
A18	SABON GARI TR CIM	2° 00.38	13° 55.54		5	5	1	
A19	TERA BOYEV TONDI	1° 58.84	13° 52.17		5	5	1	
A20	BOYEV TONDI	1° 58.63	13° 50.69		5	5	1	
A21	GOUBE KORY	2° 04.66	13° 51.20		4	4	1	
A22	BOLEY	2° 06.54	13° 54.68		1	1	0	
A23	OUADOUKA	2° 09.00	13° 52.49		1	1	0	
A24	KAHLEN GOROU	2° 08.78	13° 50.98		2	2	0	
B01	SAMARI MOSQUÉE	2° 16.16	13° 56.68		10	7	2	1
B02	SAMARI ÉCOLE	2° 16.13	13° 56.61		5	4	1	1
B03	SAMARI KORY	2° 15.95	13° 56.74	X	6	3	1	
B04	KAREY BANGOU LORI	2° 10.88	13° 52.30	X	13	9	2	2
B05	KAREY BANGOU FED	2° 10.64	13° 53.17	X	12	7	2	1
B06	ZIMBA	2° 11.84	13° 52.08		13	8	2	1
B07	BOYEV TONDI POMPE	2° 14.54	13° 53.94		9	6	1	
B08	BOYEV TONDI ENCLOS	2° 14.49	13° 53.90	X	10	7	2	1
B09	LIBO ATOU KOUARA 1	2° 14.96	13° 53.59		7	3	1	
B10	OURA TONDI CHLOE	2° 19.79	13° 54.92	X	12	5	3	2
B11	GARDAMA KOUARA 1	2° 15.80	13° 50.08		7	5	1	
B12	GARDAMA KOUARA 2	2° 15.65	13° 50.13		7	5	1	

142 Hydrologie et météorologie de méso-échelle dans Hapex-Sahel : dispositif de mesures au sol et premiers résultats

NUM.	VILLAGE	LONG.	LATIT.	NIVEL	PIEZO NOMBRE	COND DE MESURES	PH	ANALYSES CHIMIQUES
B13	TONDI BANDA	2° 18.81	13° 51.75		2	1	0	1
B14	GOGUE KOUARA	2° 12.37	13° 54.63		1	1	0	
B15	KOKORBARA	2° 14.51	13° 53.42		1	1	0	
B16	MORA KOUARA	2° 13.11	13° 54.63		4	4	1	
B17	LIBO ATOU BABA 2	2° 15.02	13° 53.69		2	2	0	1
B18	KAREY BANGOU TREUI	2° 10.69	13° 52.31		6	4	1	
B19	KOUARA ZENO	2° 19.45	13° 50.59		3	3	0	
C01	TILOA KAINA	2° 26.95	13° 57.80	X	9	6	1	1
C02	KOKORBE BANGOU	2° 28.99	13° 59.08		9	6	1	2
C03	MAOURIZE BANGOU	2° 22.00	13° 51.72		5	3	1	
C04	MAOURIZE BANGOU	2° 21.71	13° 51.74		4	3	1	
C05	TONGOM	2° 23.20	13° 54.92	X	9	4	1	
C06	TONGOM ENCLOS	2° 23.20	13° 54.95		9	3	1	
D01	TEKO BABA KOUARA	2° 31.74	13° 57.20	X	9	6	1	2
D02	DEY TEGUI PASTO	2° 34.48	13° 56.08		10	6	2	2
D03	DEY TEGUI KORY	2° 34.46	13° 55.96	X	10	7	2	2
D04	TONDI BANDA	2° 32.22	13° 54.85		8	4	1	
D05	MARAFI KOUARA	2° 32.74	13° 53.92		8	6	1	1
D06	NAZEY	2° 30.68	13° 52.41	X	9	6	1	
D07	KOKORBE FANDOU	2° 36.25	13° 51.70	X	11	5	2	
D08	DAR ES SALAM PASTO	2° 38.33	13° 50.66		9	8	1	3
D09	GABO BABA KOUARA	2° 32.95	13° 50.02		8	6	2	
E01	HAYNI SIMOROU VILL	2° 48.35	13° 58.90		10	7	2	1
E02	HAYNI SIMOROU GOUB	2° 48.58	13° 59.30		10	6	2	
E03	MARI DOUMBO	2° 48.56	13° 55.49		10	8	2	
E04	KIRIB BERI	2° 40.87	13° 53.10		11	6	2	1
E05	KIRIB KAINA	2° 42.92	13° 53.29	X	11	7	2	
E06	TONDI KANGUIE ZOUR	2° 48.31	13° 53.34		10	1	0	
E07	KIRIB	2° 44.65	13° 53.31		6	6	2	1
F01	DIBAMOKO BANIZOUMB	2° 50.09	13° 58.36		7	6	2	
F02	BANIZOUMBOU	2° 50.95	13° 58.13		9	7	2	
F03	GOUBI BANDA	2° 51.68	13° 58.07	X	10	7	2	
F04	MAOUREY	2° 53.62	13° 56.99		10	7	2	1
F05	DAREY BERI	2° 53.72	13° 55.58	X	10	6	2	
F06	SOURGO KOUARA	3° 00.33	13° 52.96		1	1	0	
G01	DANGUEY GOROU	2° 00.53	13° 47.66		10	9	2	
G02	ZARMAKOY KOUARA	2° 02.44	13° 49.49		10	7	1	
G03	GOUNOU BANGOU	2° 08.57	13° 48.93	X	9	5	2	
G04	MOUSSA DIOLO ROUTE	2° 05.98	13° 47.32		11	7	2	
G05	TCHANGAREY NORD	2° 07.87	13° 45.41	X	9	7	2	
G06	TCHANGAREY CENT	2° 07.62	13° 45.29		3	0	0	
G07	TCHANGAREY SUD	2° 07.51	13° 44.81		10	6	2	
G08	ZEIBANE FITI TR CI	2° 00.80	13° 45.57		8	7	1	
G09	ZEIBANE FITI KORY	2° 00.94	13° 45.52	X	11	8	1	
G10	KONE BERI	2° 05.92	13° 44.87	X	13	8	2	
G11	DINKI	2° 01.00	13° 41.48		11	7	1	
G12	KOUARE KAINA MENTO	2° 05.29	13° 41.87		9	8	2	
G13	KONE KAINA ÉCOLE	2° 05.93	13° 41.90	X	12	9	3	2

NUM.	VILLAGE	LONG.	LATIT.	NIVEL	PIEZO NOMBRE DE MESURES	COND PH	ANALYSES CHIMIQUES
G14	KONE KAINA KORY	2° 05.83	13° 41.94		3	1	0
G15	KONE KAINA EST ROU	2° 06.84	13° 42.31	X	5	3	1
G16	TONDI KOUKOU	2° 04.92	13° 49.69		2	2	0
H01	BABAKAINA KOUA TRA	2° 19.20	13° 48.76	X	9	4	0
H02	BABAKAINA KOUARA T	2° 19.25	13° 48.94		4	0	0
H03	MAYAKI KOUARA	2° 12.74	13° 43.91		9	6	2
H04	TOKOBINKANI ZARMA	2° 12.94	13° 44.85		10	3	2
H05	YETE KOUARA	2° 14.61	13° 46.16		8	0	0
H06	TONDI GAMEY	2° 16.19	13° 46.07	X	12	4	0
H07	GADABO	2° 17.90	13° 46.34		9	6	0
H08	GADABO FETOKADIE	2° 19.58	13° 46.34		9	7	0
H09	KOKIRE	2° 12.50	13° 42.19	X	11	9	2
H10	DEY TEGUI	2° 18.68	13° 41.17	X	9	7	0
H11	KOUDIZADE	2° 12.28	13° 45.33		2	1	1
H12	FADA KOUROU BANGOU	2° 11.20	13° 46.18		1	0	0
H13	ZORI BANGOU	2° 10.76	13° 45.15		2	2	0
H14	LABOU TITILOUA	2° 15.60	13° 47.09		2	0	0
H15	LAWEY	2° 11.69	13° 42.72		6	5	2
H16	BARKIAWEL	2° 10.88	13° 41.53		5	4	1
I01	OURA TONDI	2° 27.29	13° 47.89	X	13	8	1
I02	BANGOU BOBO	2° 20.98	13° 43.13		12	9	0
I03	KIRAN FANDOU BERI	2° 29.67	13° 45.50		16	11	2
I04	BIRNI SOFO	2° 27.31	13° 41.48		12	8	2
I05	BIRNIKOLONIA CHLO	2° 27.65	13° 41.66	X	15	1	0
I06	BIRNIKOLONIA 2BEL	2° 27.73	13° 41.81		13	9	3
I07	BIRNIKOLONIA TR.C	2° 27.80	13° 41.72	X	18	8	3
I08	BIRNIKOLONIA PROJ	2° 27.89	13° 41.91		13	8	2
I09	BIRNI FANTORA P	2° 28.34	13° 42.65		15	12	2
I10	BIRNI KOBERI	2° 29.06	13° 40.76		10	8	2
I11	MAOURIZE BANGOU	2° 22.00	13° 48.76		1	0	0
J01	ZOURAGANE	2° 32.28	13° 46.22	X	8	6	2
J02	LOGA KOLO TASSI	2° 34.56	13° 46.31		9	6	2
J03	LOGA	2° 34.78	13° 46.57		9	5	2
J04	KOLO BOSSEY	2° 35.42	13° 44.14	X	11	7	2
J05	KOLO DIOGONO	2° 36.10	13° 43.22		11	8	2
J06	GARBET TOMBO PTC	2° 37.92	13° 41.21	X	9	8	2
J07	KIRAN MILI	2° 30.04	13° 48.69		5	5	1
J08	SAKARA TRAD	2° 35.64	13° 48.64		1	1	0
J09	GARBET TOMBO PASTO	2° 37.70	13° 41.16		5	5	2
J10	KOLO GAWANI TRAD 2	2° 34.23	13° 49.03		0	1	0
J11	KOLO GAWANI TRAD 1	2° 34.19	13° 48.92		1	1	0
K01	BALEYARA TABLA	2° 42.23	13° 49.77		9	4	2
K02	DJOURS	2° 44.12	13° 47.23	X	8	5	3
K03	BANI KOSSEY	2° 41.83	13° 41.23	X	10	6	2
K04	NINE FOUNO BELLA	2° 43.88	13° 41.30	X	12	9	3
K05	KAFINA	2° 43.98	13° 42.86		10	7	2
K06	KAFINA TRC	2° 43.67	13° 42.76		1	1	0
K07	KAFINA PASTORAL	2° 43.70	13° 43.26		1	1	0

144 Hydrologie et météorologie de méso-échelle dans Hapex-Sahel : dispositif de mesures au sol et premiers résultats

NUM.	VILLAGE	LONG.	LATIT.	NIVEL	PIEZO	COND	PH	ANALYSES CHIMIQUES
					NOMBRE DE MESURES			
K08	HAYNI SIMOROU TRC 2	2° 42.41	13° 49.29		1	1	0	
K09	HAYNI SIMOROU TRC1	2° 41.66	13° 49.07	X	1	1	0	
K10	BANI KOSSEY	2° 41.80	13° 42.19		5	5	1	
K11	HABAKA PLATEAU	2° 40.57	13° 42.80		5	2	0	
K12	NINE FOUNO TRC	2° 43.89	13° 40.54		1	1	0	
K13	HAYNI FADA TRAD	2° 43.84	13° 44.97		1	1	0	
L01	AGCHAROUS	2° 50.01	13° 43.71		12	8	3	2
L02	IBAMADE	2° 52.47	13° 44.77		10	5	2	1
L03	OUIINDITAN	2° 53.39	13° 45.47		11	6	2	1
L04	IBAMA IRH 71003	2° 52.74	13° 43.62		7	6	2	
L05	KOGORI TONDI KIRE	2° 53.56	13° 41.53	X	11	7	3	2
L06	KOGORI 70992	2° 52.94	13° 42.13		10	7	2	1
L07	IBAMADE	2° 52.68	13° 42.65		1	1	0	
L08	IBAMADE ROUTE	2° 52.08	13° 44.50		5	5	2	
M01	BARKIRE ALIDOU	2° 05.76	13° 37.31	X	8	7	2	1
M02	BANGOULA MOSQUÉE	1° 59.75	13° 36.37	X	7	7	2	1
M03	TEBONSE	2° 09.81	13° 39.74	X	6	5	1	
N01	POSTE POLICE NIAMEY	2° 10.63	13° 31.69		11	7	3	2
N02	SAGA GOROU	2° 12.58	13° 32.23		12	7	3	
N03	BARKIAWAL VILLAGE	2° 18.67	13° 32.73	X	17	12	4	1
N04	BARKIAWAL ROUTE	2° 18.69	13° 32.67		12	8	3	1
N05	KONGOU FANDIZEY	2° 12.69	13° 36.09		12	9	1	
N06	WARI ÉCOLE KONGOU	2° 14.38	13° 36.92		12	9	0	1
N07	WARI PASTORAL	2° 14.64	13° 37.35	X	13	8	0	1
N08	WARI KOUARA BERI	2° 14.64	13° 36.93		1	1	0	
N09	WARI	2° 14.40	13° 36.57		1	1	0	
N10	WARI LABA	2° 14.25	13° 36.25		1	1	0	
N11	KOGOROU	2° 14.96	13° 32.30		5	4	2	
O01	HAMDALLAY MOSQUÉE	2° 24.47	13° 33.47	X	19	13	3	2
O02	HAMDALLAY NORD	2° 24.57	13° 33.69		3	2	1	
O03	HAMDALLAYE SUD	2° 24.54	13° 33.28		3	0	0	1
O04	BOUNDUBARE	2° 26.42	13° 37.79	X	10	6	2	
O05	TOKOBINKANI PEUL	2° 20.48	13° 37.09	X	12	9	1	
O06	TOKOBINKANI DEUX	2° 20.40	13° 37.20		1	0	0	
O07	LOUGGA OFEDES	2° 20.62	13° 35.03		14	11	1	
O08	LOUGGA CIM SANS EA	2° 20.68	13° 34.99		2	1	0	
O09	KEYAN ZARMA	2° 25.13	13° 35.58		10	7	3	
O10	KOBERI KOUARA VILL	2° 28.05	13° 34.83	X	12	7	2	
O11	KOBERI KOUARA PAST	2° 28.13	13° 35.09		12	9	3	1
O12	HAMDALLAY PROJET	2° 24.25	13° 32.20		13	7	1	
O13	ATOU BABA KOUARA	2° 24.05	13° 32.87		12	10	2	
O14	FALINKE KAINA	2° 26.69	13° 32.54		10	5	2	
O15	FALINKE BERI	2° 27.56	13° 32.69		11	6	2	
O16	FETOBOKKI PEUL	2° 2.05	13° 31.12		10	7	3	
O17	FETOBOKKI ZARMA	2° 21.41	13° 30.68	X	9	6	2	
O18	GAGARE	2° 26.35	13° 30.58	X	13	10	1	
P01	GOGUIEZE KOUARA PA	2° 31.64	13° 36.95	X	13	9	3	1
P02	GOGUIEZE KOUARA DC	2° 31.57	13° 37.03		12	10	3	

NUM.	VILLAGE	LONG.	LATIT.	NIVEL	PIEZO	COND	PH	ANALYSES CHIMIQUES
					NOMBRE DE MESURES			
P03	KOUNTCHE BERI TREU	2° 33.19	13° 37.31		2	2	0	
P04	KIDABAZAGAIZE GOUD	2° 34.77	13° 37.34		14	9	2	
P05	KIDA Tafa KOUARA	2° 36.29	13° 37.77		11	8	2	
P06	WANKAMA NORD	2° 39.13	13° 39.41		19	15	3	1
P07	WANKAMA SUD	2° 38.99	13° 39.23	X	17	11	3	
P08	MAOUREY KOUARA ZEN	2° 39.04	13° 35.44	X	16	8	3	
P09	BANIKANE PASTOR	2° 37.51	13° 35.17		8	4	1	
P10	DANTIANDOU TEGUI	2° 36.04	13° 36.70		8	5	1	
P11	BANIKANE DOMEST	2° 37.49	13° 35.17		10	5	1	
P12	BANKA DEY	2° 36.07	13° 31.90		12	7	2	
P13	SABOU DEY	2° 34.91	13° 34.79		9	7	2	
P14	BOUNDOU	2° 38.54	13° 32.78		8	5	1	
P15	BANIZOUMBOU ÉCOLE	2° 39.53	13° 31.60	X	16	9	4	1
P16	BANIZOUMBOU MOSQU	2° 39.58	13° 31.72		14	10	4	1
P17	BANIZOUMBOU DRE FO	2° 39.64	13° 31.96		12	0	0	
P18	KODJIRI BANI KOUARA	2° 30.65	13° 33.72	X	9	6	2	
P19	FANDOUBERI	2° 33.50	13° 32.06		18	10	3	
P20	KALASSI	2° 34.82	13° 31.89	X	14	7	3	
P21	WANKAMA PIEZO 1	2° 38.88	13° 38.99	X	8	0	0	
P22	WANKAMA PIEZO 2	2° 38.85	13° 38.97	X	8	0	0	
P23	WANKAMA PIEZO 3	2° 38.80	13° 38.97	X	8	0	0	
P24	KIDABAZAGAIZE LATE	2° 34.81	13° 37.25		8	5	3	1
P25	BANIZOUMBOU PZ ORS	2° 39.68	13° 31.98		4	0	0	
P26	YOULOUA	2° 37.5	13° 32.2		1	0	0	
Q01	MAOUREY TOKOBINKAN	2° 40.79	13° 37.43	X	10	4	2	
Q02	KARABANGA	2° 44.66	13° 37.79	X	10	6	2	1
Q03	BOULA DAREY 2	2° 47.44	13° 37.03		1	1	0	
Q04	BOULA DAREY	2° 47.45	13° 37.68	X	9	6	2	1
Q05	BOUNDOU WAROU	2° 47.71	13° 33.92		10	8	2	1
Q06	KATANGA PASTORAL	2° 48.73	13° 32.30	X	9	7	2	1
Q07	TONDI KIBORO	2° 41.20	13° 31.23		11	8	2	1
Q08	TIGO TEGUI	2° 46.41	13° 30.62	X	9	8	2	1
R01	SANDIRE ROUTE	2° 53.72	13° 39.07		10	6	1	1
R02	SANDIRE EST	2° 53.90	13° 39.01		9	6	2	1
R03	IDRISSA MAMANE	2° 53.32	13° 37.19		5	5	0	
R04	TONDI KIRE	2° 53.95	13° 37.02		10	6	0	
R05	BOUNDOU SIMTI	2° 51.57	13° 37.27	X	10	7	2	2
R06	FANDOU	2° 52.59	13° 37.26		5	5	1	
R07	NAMARI	2° 54.29	13° 33.37		1	1	0	
R08	NAMARI	2° 54.29	13° 33.49		10	7	1	1
R09	DOLEWA	2° 55.10	13° 33.05		5	5	0	
R10	DOLEWA	2° 55.32	13° 33.34		5	5	0	
R11	YEDA BOSSO	2° 55.96	13° 32.35		10	8	0	
R12	YEDA CECI 1	2° 56.06	13° 32.27		1	1	0	
R13	YEDA CECI 2	2° 56.09	13° 32.28		1	1	0	
R14	YEDA CECI 3	2° 56.13	13° 32.27		1	1	0	
R15	YEDA JARD ÉCOLE 1	2° 56.02	13° 32.29		1	1	0	
R16	YEDA JARD ÉCOLE 2	2° 56.02	13° 32.27		1	1	0	

146 Hydrologie et météorologie de méso-échelle dans Hapex-Sahel : dispositif de mesures au sol et premiers résultats

NUM.	VILLAGE	LONG.	LATIT.	NIVEL	PIEZO NOMBRE DE MESURES	COND PH	ANALYSES CHIMIQUES	
R17	YEDA MÂRCHE	2° 56.04	13° 32.40		1	1	0	
R18	YEDA IRH 313074	2° 56.16	13° 32.47		1	1	0	
R19	WINDE BERI TRAD	2° 56.78	13° 32.44		1	1	0	
R20	KOBE	3° 00.65	13° 32.16		1	1	0	
R21	KOLA BOSSEY 313076	2° 56.68	13° 31.31	X	10	6	1	
R22	YAGARMEYE	2° 59.96	13° 31.79		1	1	0	
R23	BANGOUKIREY 313091	2° 58.93	13° 30.60		1	1	0	
R24	BIDON RAS DU SOL	2° 59.03	13° 30.55		0	1	0	
R25	BOUNDOU SIMTI	2° 50.84	13° 37.05	X	4	4	1	
S01	DAREY BANGOU	2° 15.68	13° 25.14		7	7	3	2
S02	GUESSEL BODI	2° 21.39	13° 24.77		13	9	2	1
S03	KOKOUAREY ZARMA	2° 26.92	13° 24.95	X	10	8	1	
S04	KOKOUAREY PEUL	2° 26.07	13° 23.86		13	9	1	1
S05	BOGOL	2° 23.92	13° 21.26	X	10	8	2	1
S06	TIOU DAWA	2° 29.93	13° 21.23	X	14	10	4	1
T01	GASSAN KOURNIE	2° 32.53	13° 29.91		11	6	2	1
T02	KOMAKOUKOU	2° 37.89	13° 29.81		17	10	4	1
T03	BALAL SAGUI 1	2° 35.00	13° 27.74		7	3	0	
T04	BALAL SAGUI 2	2° 35.23	13° 27.61		2	1	1	
T05	FETOKADIE	2° 37.64	13° 27.73	X	12	7	2	2
T06	DOLOHI	2° 36.86	13° 26.89		11	6	2	
T07	YELOUMA	2° 30.59	13° 26.87	X	10	6	1	
T08	KAMPA ZARMA	2° 38.80	13° 26.74		9	5	1	
T09	DIRI BANGOU	2° 32.08	13° 24.24		9	6	1	
T10	BARI TOURI	2° 35.02	13° 23.76		9	5	1	
T11	BABOUSSAY	2° 37.39	13° 23.65	X	9	5	1	
U01	KORTO DOMESTIQUE	2° 41.42	13° 29.75		12	9	2	
U02	KORTO KORY	2° 41.64	13° 29.66		9	6	1	
U03	BAGOUA	2° 45.91	13° 29.99		8	5	1	
U04	YERIMA DEY	2° 41.35	13° 28.79		10	5	2	
U05	TIGO ZENO	2° 46.34	13° 28.04		10	4	1	1
U06	GAOBERI (GAOBANGOU)	2° 42.02	13° 27.33		5	5	1	
U07	TOULOUA KOUAREY	2° 44.48	13° 26.80		9	6	2	1
U08	DEY TEGUI PASTO	2° 47.20	13° 27.07		9	6	1	1
U09	DEY TEGUI DOMES	2° 47.35	13° 26.90		9	6	2	1
U10	GUILEYNI	2° 42.45	13° 26.56	X	11	9	2	1
U11	INCONNU DANT-BOKOS	2° 46.31	13° 25.30		1	0	0	
U12	BOKOSSAY DOMEST	2° 47.32	13° 25.61	X	9	6	2	2
U13	BOKOSSAY PASTORAL	2° 47.42	13° 25.74		7	4	1	
U14	BOKOSSAY	2° 47.48	13° 25.51		7	5	1	
U15	FALANGA	2° 48.16	13° 25.56		10	6	2	1
U16	DANTIANDOU SUD	2° 45.36	13° 24.47		8	2	0	
U17	DANTIANDOU ÉCOLE	2° 45.38	13° 24.68		11	4	1	
U18	DANTIANDOU CARREFO	2° 45.39	13° 24.59		10	4	1	
U19	TOULIEL	2° 44.49	13° 23.05	X	11	7	2	1
U20	DAREY	2° 40.57	13° 24.21		7	6	1	
U21	SOURGOUROU ÉCOLE	2° 40.83	13° 22.56	X	11	9	1	
U22	KOKORBE	2° 44.09	13° 21.71		10	7	2	

NUM.	VILLAGE	LONG.	LATIT.	NIVEL	PIEZO NOMBRE DE MESURES	COND PH	ANALYSES CHIMIQUES
U23	BOULA KOUARA TEGUI	2° 47.57	13° 20.22		1	0	0
U24	TOMBO ZARMA	2° 46.98	13° 20.89		1	1	0
U25	BADOUËL	2° 46.63	13° 22.27		1	1	0
V01	GARDI BERI 313092	2° 56.72	13° 29.70		6	6	1
V02	GARDI BERI	2° 56.68	13° 28.84		4	2	1
V03	KOYGOLO ÉCOLE	3° 00.38	13° 28.73		8	5	1
V04	ZOUZOU SANEY ZARMA	2° 52.32	13° 25.72		9	5	1
V05	ZOUZOU SANEY ZARMA	2° 52.45	13° 25.76		8	6	1
V06	ZOUZOU SANEY ZARMA	2° 52.51	13° 25.64	X	6	6	1
V07	ZOUZOU SANEY BANIZO	2° 52.55	13° 25.72		2	2	0
V08	ZINDAROU	2° 55.25	13° 26.02		5	5	1
V09	KIOULANDE	2° 56.60	13° 26.12		8	4	1
V10	ZOUZOU SANEY PEUL	2° 53.56	13° 24.69		5	5	1
V11	SAFAPATIA ZARMA EC	2° 56.67	13° 25.12		6	5	1
Y12	GARDI BERI 313081	2° 56.85	13° 29.54		2	2	0
W01	WINDE BERI DOME	2° 25.84	13° 19.95		8	6	2
W02	WINDE BERI PASTORA	2° 26.36	13° 19.86		10	7	2
W03	KOURE GROS DIAMETR	2° 34.52	13° 18.87		7	7	2
W04	TIOUBI ROUTE	2° 37.70	13° 17.96	X	10	6	1
W05	TIOUBI PASTORAL	2° 37.82	13° 18.01		9	4	1
W06	SAKEY KOUARA ZENO	2° 28.60	13° 16.67	X	11	5	2
W07	DIKORE	2° 27.92	13° 15.17	X	10	7	1
W08	GOBIRKOY BERI	2° 30.73	13° 10.73		8	6	2
W09	TOUDOU	2° 39.16	13° 10.44	X	10	7	2
W10	KOURE VILL 4 ABREU	2° 34.59	13° 18.73		4	4	2
W11	KOURE CHAMP HTE TE	2° 34.50	13° 18.48		4	4	2
W12	GANGAWA	2° 22.05	13° 18.73		1	1	0
W13	ALLAHOKY	2° 21.09	13° 18.00		1	1	0
W14	KOLLO ZARMA	2° 19.98	13° 18.41		1	1	0
W15	SEBERI	2° 20.52	13° 17.85		1	1	0
X01	TOLLO	2° 43.36	13° 19.91	X	12	7	2
X02	BOKTILI	2° 42.13	13° 17.13	X	11	8	1
X03	GAM DEY	2° 44.25	13° 17.20		10	8	1
X04	AHAMANDEY BERI	2° 46.53	13° 17.60		9	6	2
X05	KANARE PASTORAL	2° 45.71	13° 14.84	X	9	7	1
X06	KANARE ÉCOLE	2° 45.88	13° 14.62		9	6	1
X07	KODO	2° 41.48	13° 13.78	X	13	10	2
X08	TOMBO DJIBO	2° 43.58	13° 13.02		6	5	2
X09	YEDA	2° 45.86	13° 11.75		9	6	2
X10	HARIKANASSOU PASTO	2° 49.86	13° 15.99	X	4	4	2
X11	DARESSALAM	2° 42.63	13° 12.01		3	3	1
X12	DANGARMEY 312158	2° 46.25	13° 14.91		1	1	0
Y01	KOBODEY	2° 31.42	13° 09.68	X	9	8	2
Y02	GOMBEWA	2° 28.77	13° 07.80	X	9	7	2
Y03	TONDI FOU PASTORAL	2° 28.35	13° 04.51	X	9	3	1
Y04	TONDI FOU KOUARA T	2° 28.46	13° 04.30		7	4	1
Y05	GUIDEL	2° 37.29	13° 03.68		9	5	2
Y06	TANA BERI KOUARA	2° 32.10	13° 02.96		6	2	0

148 Hydrologie et météorologie de méso-échelle dans Hapex-Sahel : dispositif de mesures au sol et premiers résultats

NUM.	VILLAGE	LONG.	LATIT.	NIVEL	COND PH			ANALYSES CHIMIQUES
					PIEZO	NOMBRE DE MESURES		
Y07	TANA BERI PASTORAL	2° 32.61	13° 02.81	X	9	6	1	
Y08	KARGUI BANGOU	2° 39.65	13° 00.13		8	4	2	1
Y09	BAGANI	2° 34.19	13° 09.48	X	4	4	2	1
Y10	MANGA KOUARA	2° 23.70	13° 03.85		1	1	0	
Z01	KOFO	2° 44.14	13° 09.30		10	6	1	1
Z02	MAROUBERI ZENO	2° 42.75	13° 08.73		8	7	2	
Z03	MAROUBERI TEGUI OF	2° 41.89	13° 07.14	X	8	5	2	
Z04	MAROUBERI TEGUI AD	2° 41.91	13° 07.37		7	6	2	
Z05	MAROUBERI TEGUI PA	2° 42.53	13° 07.55		7	3	1	
Z06	DIAWANDO	2° 43.60	13° 07.60		9	6	1	2
Z07	GUIAODARE TRAD	2° 43.09	13° 04.61		8	5	2	
Z08	BOSSADJI	2° 45.09	13° 04.34		9	5	2	
Z09	POULLO BOSSADJI	2° 46.59	13° 04.97	X	8	5	2	
Z10	MINGUI	2° 40.62	13° 02.89	X	8	5	1	
Z11	DOUDOL	2° 47.32	13° 02.91		5	4	2	
Z12	TANDO	2° 42.64	12° 59.38		7	6	1	
Z13	YLADDE	2° 47.49	13° 01.07		8	5	2	1
Z14	TOMBO BELLA	2° 48.87	13° 06.78		2	1	1	1
Z15	SETI	2° 58.62	13° 07.61		1	1	0	
Z16	DOUALAGA	2° 50.86	13° 00.55		1	1	0	
Z17	KORAN KASSA ZARMA	2° 51.11	13° 02.14		1	1	0	
Z18	GONOUBI	2° 47.04	13° 07.73		1	1	0	
Z19	MARGOU MARCHE	2° 51.08	13° 06.20		1	1	0	
Z20	GUILARE	2° 50.38	13° 07.55		1	1	0	

ANNEXE 2

LISTE DES PUIITS MESURÉS DU DEGRÉ CARRÉ CLASSÉS SUIVANT LE NOM DU VILLAGE

Les numéros des puits sont ceux figurant sur les cartes des figures 8 à 12.

Longitude et latitude sont exprimées en degrés et minutes décimales.

VILLAGE	NUM	LONG.	LATIT.	VILLAGE	NUM	LONG.	LATIT.
AGHAROUS	L01	2° 50.01	13° 43.71	BOKTILI	X02	2° 42.13	13° 17.13
AHAMANDEY BERI	X04	2° 46.53	13° 17.60	BOLEY	A22	2° 06.54	13° 54.68
ALLAHOKY	W13	2° 21.09	13° 18.00	BOSSADJI	Z08	2° 45.09	13° 04.34
ATOU BABA KOUARA	O13	2° 24.05	13° 32.87	BOUBOUREY FANDOU	A07	2° 08.35	13° 53.44
BABAKAINA KOUA TRA	H01	2° 19.20	13° 48.76	BOULA DAREY	Q04	2° 47.45	13° 37.68
BABAKAINA KOUARA T	H02	2° 19.25	13° 48.94	BOULA DAREY 2	Q03	2° 47.44	13° 37.03
BABOUSSAY	T11	2° 37.39	13° 23.65	BOULA KOUARA TEGUI	U23	2° 47.57	13° 20.22
BADOUEL	U25	2° 46.63	13° 22.27	BOUNDOU	P14	2° 38.54	13° 32.78
BAGANI	Y09	2° 34.19	13° 09.48	BOUNDOU SIMTI	R05	2° 51.57	13° 37.27
BAGOUA	U03	2° 45.91	13° 29.99	BOUNDOU SIMTI	R25	2° 50.84	13° 37.05
BALAL SAGUI 1	T03	2° 35.00	13° 27.74	BOUNDOU WAROU	Q05	2° 47.71	13° 33.92
BALAL SAGUI 2	T04	2° 35.23	13° 27.61	BOUNDUBARE	O04	2° 26.42	13° 37.79
BALEYARA TABLA	K01	2° 42.23	13° 49.77	BOYEV TONDI	A20	1° 58.63	13° 50.69
BANEY KAINA	A02	2° 01.54	13° 58.60	BOYEV TONDI ENCLOS	B08	2° 14.49	13° 53.90
BANGOU BOBO	I02	2° 20.98	13° 43.13	BOYEV TONDI POMPE	B07	2° 14.54	13° 53.94
BANGOUKIREY 313091	R23	2° 58.93	13° 30.60	DANGARMEY 3121 58	X12	2° 46.25	13° 14.91
BANGOULA MOSQUÉE	M02	1° 59.75	13° 36.37	DANGUEY GOROU	G01	2° 00.53	13° 47.66
BANI KOSSEY	K03	2° 41.83	13° 41.23	DANTIANDOU CARREF	U18	2° 45.39	13° 24.59
BANI KOSSEY	K10	2° 41.80	13° 42.19	DANTIANDOU ÉCOLE	U17	2° 45.38	13° 24.68
BANIKANE DOMEST	P11	2° 37.49	13° 35.17	DANTIANDOU SUD	U16	2° 45.36	13° 24.47
BANIKANE PASTOR	P09	2° 37.51	13° 35.17	DANTIANDOU TEGUI	P10	2° 36.04	13° 36.70
BANIZOUMBOU	F02	2° 50.95	13° 58.13	DAR ES SALAM PASTO	D08	2° 38.33	13° 50.66
BANIZOUMBOU DRE F	P17	2° 39.64	13° 31.96	DAR ES SALAM	X11	2° 42.63	13° 12.01
BANIZOUMBOU ÉCOLE	P15	2° 39.53	13° 31.60	DAREY	U20	2° 40.57	13° 24.21
BANIZOUMBOU MOSQ	P16	2° 39.58	13° 31.72	DAREY BANGOU	S01	2° 15.68	13° 25.14
BANIZOUMBOU PZ OR	P25	2° 39.68	13° 31.98	DAREY BERI	F05	2° 53.72	13° 55.58
BANKA DEY	P12	2° 36.07	13° 31.90	DEY TEGUI	H10	2° 18.68	13° 41.17
BARI TOURI	T10	2° 35.02	13° 23.76	DEY TEGUI DOMES	U09	2° 47.35	13° 26.90
BARKIAWAL ROUTE	N04	2° 18.69	13° 32.67	DEY TEGUI KORY	D03	2° 34.46	13° 55.96
BARKIAWAL VILLAGE	N03	2° 18.67	13° 32.73	DEY TEGUI PASTO	D02	2° 34.48	13° 56.08
BARKIAWEL	H16	2° 10.88	13° 41.53	DEY TEGUI PASTO	U08	2° 47.20	13° 27.07
BARKIRE ALIDOU	M01	2° 05.76	13° 37.31	DIAWANDO	Z06	2° 43.60	13° 07.60
BIDON RAS DU SOL	R24	2° 59.03	13° 30.55	DIBAMOKO BANIZOUM	F01	2° 50.09	13° 58.36
BIRNI FANTORA P	I09	2° 28.34	13° 42.65	DIKORE	W07	2° 27.92	13° 15.17
BIRNI KOBERI	I10	2° 29.06	13° 40.76	DINKI	G11	2° 01.00	13° 41.48
BIRNI SOFO	I04	2° 27.31	13° 41.48	DIOLE	A10	2° 04.12	13° 52.51
BIRNI KOLONDIA ZBEL	I06	2° 27.73	13° 41.81	DIOLE GOUBE KOUARA	A11	2° 04.51	13° 51.82
BIRNI KOLONDIA CHLO	I05	2° 27.65	13° 41.66	DIRI BANGOU	T09	2° 32.08	13° 24.24
BIRNI KOLONDIA PROJ	I08	2° 27.89	13° 41.91	DJOURS	K02	2° 44.12	13° 47.23
BIRNI KOLONDIA TR.C	I07	2° 27.80	13° 41.72	DOLEWA	R09	2° 55.10	13° 33.05
BOGOL	S05	2° 23.92	13° 21.26	DOLEWA	R10	2° 55.32	13° 33.34
BOKOSSAY	U14	2° 47.48	13° 25.51	DOLOHI	T06	2° 36.86	13° 26.89
BOKOSSAY DOMEST	U12	2° 47.32	13° 25.61	DOUALAGA	Z16	2° 50.86	13° 00.55
BOKOSSAY PASTORAL	U13	2° 47.42	13° 25.74	DOUDOL	Z11	2° 47.32	13° 02.91

150 Hydrologie et météorologie de méso-échelle dans Hapex-Sahel : dispositif de mesures au sol et premiers résultats

VILLAGE	NUM	LONG.	LATIT.	VILLAGE	NUM	LONG.	LATIT.
FADA KOUROU BANGO	H12	2° 11.20	13° 46.18	HAYNI SIMOROU TRC1	K09	2° 41.66	13° 49.07
FALANGA	U15	2° 48.16	13° 25.56	HAYNI SIMOROU TRC2	K08	2° 42.41	13° 49.29
FALINKE BERI	O15	2° 27.56	13° 32.69	HAYNI SIMOROU VILL	E01	2° 48.35	13° 58.90
FALINKE KAINA	O14	2° 26.69	13° 32.54	IBAMA IRH 71003	L04	2° 52.74	13° 43.62
FANDOU	R06	2° 52.59	13° 37.26	IBAMADE	L02	2° 52.47	13° 44.77
FANDOU BERI	P19	2° 33.50	13° 32.06	IBAMADE	L07	2° 52.68	13° 42.65
FETOBOKKI PEUL	O16	2° 21.05	13° 31.12	IBAMADE ROUTE	L08	2° 52.08	13° 44.50
FETOBOKKI ZARMA	O17	2° 21.41	13° 30.68	IDRISSA MAMANE	R03	2° 53.32	13° 37.19
FETOKADIE	T05	2° 37.64	13° 27.73	INCONNU DANT-BOKO	U11	2° 46.31	13° 25.30
GABO BABA KOUARA	D09	2° 32.95	13° 50.02	KAFINA	K05	2° 43.98	13° 42.85
GADABO	H07	2° 17.90	13° 46.34	KAFINA PASTORAL	K07	2° 43.70	13° 43.26
GADABO FETOKADIE	H08	2° 19.58	13° 46.34	KAFINA TRC	K06	2° 43.67	13° 42.76
GAGARE	O18	2° 26.35	13° 30.58	KAHLEN GOROU	A24	2° 08.78	13° 50.98
GAM DEY	X03	2° 44.25	13° 17.20	KALASSI	P20	2° 34.82	13° 31.89
GANGAWA	W12	2° 22.05	13° 18.73	KAMPA ZARMA	T08	2° 38.80	13° 26.74
GAOBERI (GAOBANGO)	U06	2° 42.02	13° 27.33	KANARE ÉCOLE	X06	2° 45.88	13° 14.62
GARBAY TOMBO PAST	J09	2° 37.70	13° 41.16	KANARE PASTORAL	X05	2° 45.71	13° 14.84
GARBAY TOMBO PTC	J06	2° 37.92	13° 41.21	KANO KOUARA CLOS	A17	2° 00.52	13° 56.17
GARDAMA KOUARA 1	B11	2° 15.80	13° 50.08	KANO KOUARA OFEDE	A16	2° 00.56	13° 56.35
GARDAMA KOUARA 2	B12	2° 15.65	13° 50.13	KARABANGA	Q02	2° 44.66	13° 37.79
GARDI BERI	V02	2° 56.68	13° 28.84	KAREY BANGOU FED	B05	2° 10.64	13° 53.17
GARDI BERI 313081	V12	2° 56.85	13° 29.54	KAREY BANGOU LORI	B04	2° 10.88	13° 52.30
GARDI BERI 313092	V01	2° 56.72	13° 29.70	KAREY BANGOU TREUI	B18	2° 10.69	13° 52.31
GASSAN KOURNIE	T01	2° 32.53	13° 29.91	KARGUI BANGOU	Y08	2° 39.65	13° 00.13
GATA KOUARA (K TEC)	A14	2° 01.03	13° 56.64	KATANGA PASTORAL	Q06	2° 48.73	13° 32.30
GOBIRKOY BERI	W08	2° 30.73	13° 10.73	KEYAN ZARMA	O09	2° 25.13	13° 35.58
GOGUE KOUARA	B14	2° 12.37	13° 54.63	KIDA TAFI KOUARA	P05	2° 36.29	13° 37.77
GOGUIEZE KOUARA D	P02	2° 31.57	13° 37.03	KIDABAZAGAIZE GOUD	P04	2° 34.77	13° 37.34
GOGUIEZE KOUARA PA	P01	2° 31.64	13° 36.95	KIDABAZAGAIZE LATE	P24	2° 34.81	13° 37.25
GOMBOWA	Y02	2° 28.77	13° 07.80	KIOULANDE	V09	2° 56.60	13° 26.12
GONNOUBI	Z18	2° 47.04	13° 07.73	KIRAN FANDOU BERI	I03	2° 29.67	13° 45.50
GOROU GOUSSA	A13	2° 02.23	13° 50.18	KIRAN MILI	J07	2° 30.04	13° 48.69
GOUBE KORY	A21	2° 04.66	13° 51.20	KIRIB	E07	2° 44.65	13° 53.31
GOUBE MENASARA	A12	2° 05.15	13° 51.52	KIRIB BERI	E04	2° 40.87	13° 53.10
GOUBEY KIRE FED	A05	2° 06.55	13° 53.75	KIRIB KAINA	E05	2° 42.92	13° 53.29
GOUBEY KIRE VIL	A04	2° 05.76	13° 54.07	KOBE	R20	3° 00.65	13° 32.16
GOUBI BANDA	F03	2° 51.68	13° 58.07	KOBERI KOUARA PAST	O11	2° 28.13	13° 35.09
GOUNOU BANGOU	G03	2° 08.57	13° 48.93	KOBERI KOUARA VILL	O10	2° 28.05	13° 34.83
GUESSEL BODI	S02	2° 21.39	13° 24.77	KOBODEY	Y01	2° 31.42	13° 09.68
GUIAOU DARE TRAD	Z07	2° 43.09	13° 04.61	KODJIRI BANI KOUAR	P18	2° 30.65	13° 33.72
GUIDE	Y05	2° 37.29	13° 03.68	KODO	X07	2° 41.48	13° 13.78
GUILARE	Z20	2° 50.38	13° 07.55	KOFO	Z01	2° 44.14	13° 09.30
GUILLENY	U10	2° 42.45	13° 26.56	KOGORI 70992	L06	2° 52.94	13° 42.13
HABAKA PLATEAU	K11	2° 40.57	13° 42.80	KOGORI TONDI KIRE	L05	2° 53.56	13° 41.53
HAMDALLAY MOSQUÉE	O01	2° 24.47	13° 33.47	KOGOROU	N11	2° 14.96	13° 32.30
HAMDALLAY PROJET	O12	2° 24.25	13° 32.20	KOKIRE	H09	2° 12.50	13° 42.19
HAMDALLAYE NORD	O02	2° 24.57	13° 33.69	KOKORBARA	B15	2° 14.51	13° 53.42
HAMDALLAYE SUD	O03	2° 24.54	13° 33.28	KOKORBE	U22	2° 44.09	13° 21.71
HARIKANASSOU PAST	X10	2° 49.86	13° 15.99	KOKORBE BANGOU	C02	2° 28.99	13° 59.08
HAYNI FADA TRAD	K13	2° 43.84	13° 44.97	KOKORBE FANDOU	D07	2° 36.25	13° 51.70
HAYNI SIMOROU GOUB	E02	2° 48.58	13° 59.30	KOKOUAREY PEUL	S04	2° 26.07	13° 23.86

VILLAGE	NUM	LONG.	LATIT.	VILLAGE	NUM	LONG.	LATIT.
KOKOUAREY ZARMA	S03	2° 26.92	13° 24.95	NAZEY	D06	2° 30.68	13° 52.41
KOLA BOSSEY 313076	R21	2° 56.68	13° 31.31	NIABERI KOUARA	A01	2° 00.72	13° 59.48
KOLLO ZARMA	W14	2° 19.98	13° 18.41	NINE FOUNO BELLA	K04	2° 43.88	13° 41.30
KOLO BOSSEY	J04	2° 35.42	13° 44.14	NINE FOUNO TRC	K12	2° 43.89	13° 40.54
KOLO DIOGONO	J05	2° 36.10	13° 43.22	OUADOUKA	A23	2° 09.00	13° 52.49
KOLO GAWANI TRAD 1	J11	2° 34.19	13° 48.92	OUAGINI BANGOU	A06	2° 07.10	13° 52.94
KOLO GAWANI TRAD 2	J10	2° 34.23	13° 49.03	OUIINDITAN	L03	2° 53.39	13° 45.47
KOMAKOUKOU	T02	2° 37.89	13° 29.81	OURA TONDI	I01	2° 27.29	13° 47.89
KONE BERI	G10	2° 05.92	13° 44.87	OURA TONDI CHLOE	B10	2° 19.79	13° 54.92
KONE KAINA ÉCOLE	G13	2° 05.93	13° 41.90	POSTE POLICE NIAMEY	N01	2° 10.63	13° 31.69
KONE KAINA EST ROU	G15	2° 06.84	13° 42.31	POULLO BOSSADJI	Z09	2° 46.59	13° 04.97
KONE KAINA KORY	G14	2° 05.83	13° 41.94	SABON GARI OFEDES	A15	2° 00.44	13° 55.51
KONGOU FANDIZEY	N05	2° 12.69	13° 36.09	SABON GARI TR CIM	A18	2° 00.38	13° 55.54
KORAN KASSA ZARMA	Z17	2° 51.11	13° 02.14	SABOU DEY	P13	2° 34.91	13° 34.79
KORTO DOMESTIQUE	U01	2° 41.42	13° 29.75	SAFAPATIA ZARMA EC	V11	2° 56.67	13° 25.12
KORTO KORY	U02	2° 41.64	13° 29.66	SAGA GOROU	N02	2° 12.58	13° 32.23
KOUARA ZENO	B19	2° 19.45	13° 50.59	SAKARA TRAD	J08	2° 35.64	13° 48.64
KOUARE KAINA MENTO	G12	2° 05.29	13° 41.87	SAKEY KOUARA ZENO	W06	2° 28.60	13° 16.67
KOUNTCHE BERI TREU	P03	2° 33.19	13° 37.31	SAMARI ÉCOLE	B02	2° 16.13	13° 56.61
KOURE GROS DIAMET	W03	2° 34.52	13° 18.87	SAMARI KORY	B03	2° 15.95	13° 56.74
KOURE CHAMP HTE TE	W11	2° 34.50	13° 18.48	SAMARI MOSQUÉE	B01	2° 16.16	13° 56.68
KOURE VILL 4 ABREU	W10	2° 34.59	13° 18.73	SANDIRE EST	R02	2° 53.90	13° 39.01
KOYGOLO ÉCOLE	V03	3° 00.38	13° 28.73	SANDIRE ROUTE	R01	2° 53.72	13° 39.07
LABOU TITILOUA	H14	2° 15.60	13° 47.09	SEBERI	W15	2° 20.52	13° 17.85
LAWEY	H15	2° 11.69	13° 42.72	SETI	Z21	2° 58.62	13° 07.61
LIBO ATOU BABA 2	B17	2° 15.02	13° 53.69	SISAN TONDI ENCLOS	A08	2° 09.66	13° 54.77
LIBO ATOU KOUARA 1	B09	2° 14.96	13° 53.59	SISAN TONDI KOUARA	A09	2° 09.97	13° 55.32
LOGA	J03	2° 34.78	13° 46.57	SOURGO KOUARA	F06	3° 00.33	13° 52.96
LOGA KOLO TASSI	J02	2° 34.56	13° 46.31	SOURGOUROU ÉCOLE	U21	2° 40.83	13° 22.56
LOUGGA CIM SANS EA	O08	2° 20.68	13° 34.99	TANA BERI KOUARA	Y06	2° 32.10	13° 02.96
LOUGGA OFEDES	O07	2° 20.62	13° 35.03	TANA BERI PASTORAL	Y07	2° 32.61	13° 02.81
MANGA KOUARA	Y10	2° 23.70	13° 03.85	TANDO	Z12	2° 42.64	12° 59.38
MAOUREY	F04	2° 53.62	13° 56.99	TCHANGAREY CENT	G06	2° 07.62	13° 45.29
MAOUREY KOUARA ZE	P08	2° 39.04	13° 35.44	TCHANGAREY NORD	G05	2° 07.87	13° 45.41
MAOUREY TOKOBINKA	Q01	2° 40.79	13° 37.43	TCHANGAREY SUD	G07	2° 07.51	13° 44.81
MAOURIZE BANGOU	C03	2° 22.00	13° 51.72	TEBONSE	M03	2° 09.81	13° 39.74
MAOURIZE BANGOU	I11	2° 22.00	13° 48.76	TEKO BABA KOUARA	D01	2° 31.74	13° 57.20
MAOURIZE BANGOU	C04	2° 21.71	13° 51.74	TERA BOYEY TONDI	A19	1° 58.84	13° 52.17
MARAFI KOUARA	DO5	2° 32.74	13° 53.92	TIGO TEGUI	Q08	2° 46.41	13° 30.62
MARGOU MARCHE	Z19	2° 51.08	13° 06.20	TIGO ZENO	U05	2° 46.34	13° 28.04
MARI DOUMBO	E03	2° 48.56	13° 55.49	TILOA KAINA	C01	2° 26.95	13° 57.80
MAROUBERI TEGUI AD	Z04	2° 41.91	13° 07.37	TIOU DAWA	S06	2° 29.93	13° 21.23
MAROUBERI TEGUI OF	Z03	2° 41.89	13° 07.14	TIOUBI PASTORAL	W05	2° 37.82	13° 18.01
MAROUBERI TEGUI PA	Z05	2° 42.53	13° 07.55	TIOUBI ROUTE	W04	2° 37.70	13° 17.96
MAROUBERI ZENO	Z02	2° 42.75	13° 08.73	TOKOBINKANI DEUX	O06	2° 20.40	13° 37.20
MAYAKI KOUARA	H03	2° 12.74	13° 43.91	TOKOBINKANI PEUL	O05	2° 20.48	13° 37.09
MINGUI	Z10	2° 40.62	13° 02.89	TOKOBINKANI ZARMA	H04	2° 12.94	13° 44.85
MORA KOUARA	B16	2° 13.11	13° 54.63	TOLLO	X01	2° 43.36	13° 19.91
MOUSSA DIOLO ROUT	G04	2° 05.98	13° 47.32	TOMBO BELLA	Z14	2° 48.87	13° 06.78
NAMARI	R08	2° 54.29	13° 33.49	TOMBO DJIBO	X08	2° 43.58	13° 13.02
NAMARI	R07	2° 54.29	13° 33.37	TOMBO ZARMA	U24	2° 46.98	13° 20.89

152 Hydrologie et météorologie de méso-échelle dans Hapex-Sahel : dispositif de mesures au sol et premiers résultats

VILLAGE	NUM	LONG.	LATIT.	VILLAGE	NUM	LONG.	LATIT.
TONDI BANDA	D04	2° 32.22	13° 54.85	YAGARMEYE	R22	2° 59.96	13° 31.79
TONDI BANDA	B13	2° 18.81	13° 51.75	YEDA	X09	2° 45.86	13° 11.75
TONDI FOU KOUARA T	Y04	2° 28.46	13° 04.30	YEDA BOSSO	R11	2° 55.96	13° 32.35
TONDI FOU PASTORAL	Y03	2° 28.35	13° 04.51	YEDA CECI 1	R12	2° 56.06	13° 32.27
TONDI GAMEY	H06	2° 16.19	13° 46.07	YEDA CECI 2	R13	2° 56.09	13° 32.28
TONDI KANGUIE ZOUR	E06	2° 48.31	13° 53.34	YEDA CECI 3	R14	2° 56.13	13° 32.27
TONDI KIBORO	Q07	2° 41.20	13° 31.23	YEDA IRH 313074	R18	2° 56.16	13° 32.47
TONDI KIRE	R04	2° 53.95	13° 37.02	YEDA JARD ÉCOLE 1	R15	2° 56.02	13° 32.29
TONDI KOUKOU	G16	2° 04.92	13° 49.69	YEDA JARD ÉCOLE 2	R16	2° 56.02	13° 32.27
TONDI MEKIREY	A03	2° 01.65	13° 57.94	YEDA MARCHÉ	R17	2° 56.04	13° 32.40
TONGOM	C05	2° 23.20	13° 54.92	YELOUMA	T07	2° 30.59	13° 26.87
TONGOM ENCLOS	C06	2° 23.20	13° 54.95	YERIMA DEY	U04	2° 41.35	13° 28.79
TOUDOU	W09	2° 39.16	13° 10.44	KOUDIZADE	H11	2° 12.28	13° 45.33
TOULIEL	U19	2° 44.49	13° 23.05	YETE KOUARA	H05	2° 14.61	13° 46.16
TOULOUA KOUAREY	U07	2° 44.48	13° 26.80	YLADDE	Z13	2° 47.49	13° 01.07
WANKAMA NORD	P06	2° 39.13	13° 39.41	YOULOUA	P26	2° 37.5	13° 32.2
WANKAMA PIEZO 1	P21	2° 38.88	13° 38.99	ZARMAKOY KOUARA	G02	2° 02.44	13° 49.49
WANKAMA PIEZO 2	P22	2° 38.85	13° 38.97	ZEIBANE FITI KORY	G09	2° 00.94	13° 45.52
WANKAMA PIEZO 3	P23	2° 38.80	13° 38.97	ZEIBANE FITI TR CI	G08	2° 00.80	13° 45.57
WANKAMA SUD	P07	2° 38.99	13° 39.23	ZIMBA	B06	2° 11.84	13° 52.08
WARI	N09	2° 14.40	13° 36.57	ZINDAROU	V08	2° 55.25	13° 26.02
WARI PASTORAL	N07	2° 14.64	13° 37.35	ZORI BANGOU	H13	2° 10.76	13° 45.15
WARI ÉCOLE KONGOU	N06	2° 14.38	13° 36.92	ZOURAGANE	J01	2° 32.28	13° 46.22
WARI KOUARA BERI	N08	2° 14.64	13° 36.93	ZOUZOU SANEY PEUL	V10	2° 53.56	13° 24.69
WARI LABA	N10	2° 14.25	13° 36.25	ZOUZOU SANEY ZARM	V05	2° 52.45	13° 25.76
WINDE BERI DOME	W01	2° 25.84	13° 19.95	ZOUZOU SANEY ZARM	V04	2° 52.32	13° 25.72
WINDE BERI PASTORA	W02	2° 26.36	13° 19.86	ZOUZOU SANEY ZARM	V06	2° 52.51	13° 25.64
WINDE BERI TRAD	R19	2° 56.78	13° 32.44	ZOUZOU SANEY BANIZ	V07	2° 52.55	13° 25.72

ANNEXE 3

**LISTE DES MESURES EFFECTUÉES DE 1991 À 1993
CLASSÉES SUIVANT LE NUMÉRO DU PUIT**

Les numéros des puits sont ceux figurant sur les cartes des figures 8 à 12 et référencés dans les annexes 1 et 2.

Les différentes campagnes de mesure sont les suivantes :

- 0891 :	du 16-7 au	13-08-91	Piézométrie		
- 1291 :	02-12	24-12-91	Piézométrie		
- 0292 :	10-02	26-02-92	Piézométrie		
- 0492 :	06-04	22-04-92	Piézométrie	Conductivité	pH
- PR92 :	10-06	25-07-92	Piézométrie	Conductivité	
- 0892 :	28-07	19-08-92	Piézométrie	Conductivité	
- 0992 :	20-08	25-09-92	Piézométrie	Conductivité	
- 1092 :	01-10	29-10-92	Piézométrie	Conductivité	
- 1192 :	29-10	12-11-92	Piézométrie	Conductivité	
- 1292 :	04-12	22-12-92	Piézométrie	Conductivité	
- 0193 :	06-01	27-01-93	Piézométrie	Conductivité	
- 0293 :	23-01	02-03-93	Piézométrie	Conductivité	
- PR93 :	02-03	14-04-93	Piézométrie	Conductivité	
- 0693 :	12-05	08-07-93	Piézométrie	Conductivité	
- 0793 :	14-07	09-08-93	Piézométrie	Conductivité	
- 0893 :	09-08	31-08-93	Piézométrie	Conductivité	
- 0993 :	01-09	24-09-93	Piézométrie	Conductivité	pH
- 1093 :	07-10	12-10-93	Piézométrie	Conductivité	
- 1193 :	04-11	26-11-93	Piézométrie	Conductivité	pH
- 1293 :	07-12	18-12-93	Piézométrie	Conductivité	pH

Dans les tableaux des pages suivantes, les mesures réalisées à la date et au puits donnés sont indiquées par :

- P pour une mesure piézométrique;
- C pour une mesure de conductivité;
- H pour une mesure de pH.

154 Hydrologie et météorologie de méso-échelle dans Hapex-Sahel : dispositif de mesures au sol et premiers résultats

NUM	VILLAGE	PROFOND.		1991		1992						1993											
		MIN.	MAX.	8	12	2	4	PR	8	9	10	11	12	1	2	PR	6	7	8	9	10	11	12
A01	NIABERI KOUAR	17.15	18.51	P	P	PCH		PC		PC	PC		PC	PC		PC	PC		PC		PCH	PCH	
A02	BANEY KAINA	15.75	16.41		P	P		P		PC	PC		PC	PC		PC	PC		PC		PCH	PCH	
A03	TONDI MEKIREY	20.18	21.26	P	P	PCH		P		PC	PC		PC	PC		PC	PC		PC		PCH	PCH	
A04	GOUBEY KIRE V	35.35	36.42	P	P	PCH		P		PC	PC		PC	PC		PC	PC		PC		PCH	PCH	
A05	GOUBEY KIRE F	32.85	34.87	P	P	PCH		P		P	PC		PC	PC		PC	PC		PC		PCH	PCH	
A06	OUAGINI BANG	28.02	29.39		P	PCH		P		PC	PC		P	PC		PC	PC		PC		PCH	PCH	
A07	BOUBOUREY F	16.55	31.60	P	P	PCH		P	P	P	PC		PC	PC		PC	PC		PC		PCH	PCH	
A08	SISAN TONDI E	40.29	43.31	P	P	PCH		P		P			PC	PC		PC	PC		PC		PCH	PCH	
A09	SISAN TONDI K	53.30	54.60	P	P	PCH		P		P			PC	PC		PC	PC		PC		PCH	PCH	
A10	DIOLE	33.31	34.00	P	P	P		P		P	PC												
A11	DIOLE GOUBE K	27.70	28.43							P	PC		PC	PC		PC	PC		PC		PCH	PCH	
A12	GOUBE MENAS	21.77	23.40		P	PCH		PC		PC	PC		PC	PC		PC	PC		PC	P	PCH	PCH	
A13	GOROU GOUSS	46.13	50.80		P	PCH		PC	PC		PC	PC		PC	PC		PC	PC		PC		PCH	PCH
A14	GATA KOUARA	8.17	10.26								PC		PC	PC		PC	PC		PC		PCH	PCH	
A15	SABON GARI OF	35.72	37.92								PC		PC	PC		PC	PC		PC		PCH	PCH	
A16	KANO KOUARA	26.59	29.84								PC		PC	PC		PC	PC		PC		PCH	PCH	
A17	KANO KOUARA	5.75	12.07								PC		PC	PC		PC	PC		PC		PCH	PCH	
A18	SABON GARI TR	33.50	34.64								PC		PC	PC		PC	PC		PC		PCH	PCH	
A19	TERA BOYEY T	37.94	39.28								PC		PC	PC		PC	PC		PC		PCH	PCH	
A20	BOYEY TONDI	21.35	22.52								PC		PC	PC		PC	PC		PC		PCH	PCH	
A21	GOUBE KORY	13.87	16.62								PC		PC	PC		PC	PC		PC		PCH	PCH	
A22	BOLEY	35.95	35.95								PC		PC	PC		PC	PC		PC		PCH	PCH	
A23	OUADOUKA	40.26	40.26								PC		PC	PC		PC	PC		PC		PCH	PCH	
A24	KAHLEN GORO	40.97	42.25								PC		PC	PC		PC	PC		PC		PCH	PCH	
B01	SAMARI MOSQ	17.81	20.60	P	P	PC	P	PC		PC		PC	PC		PC	PC		PC		PCH	PCH		
B02	SAMARI ÉCOLE	17.19	18.84					P		PC		PC	PC		PC	PC		PC		PCH	PCH		
B03	SAMARI KORY	16.08	19.47	P	P	P						PC	PC		PC	PC		PC		PCH	PCH		
B04	KAREY BANGO	38.30	39.46	P	P	PC	P	P	PC		PC	PC		PC	PC		PC	PC		PC	PCH	PCH	
B05	KAREY BANGO	37.86	42.00	P	P	PCH		P	P	P	PC		PC	PC		PC	PC		PC		PCH	PCH	
B06	ZIMBA	36.32	37.10		P	PC	P	P	P		PC	PC		PC	P	PC	PC		PC		PCH	PCH	
B07	BOYEY TONDI P	13.82	14.33	P		P		P		P	PC		PC	PC		PC	PC		PC		PCH	PCH	
B08	BOYEY TONDI E	14.42	15.36		P	PC	P	P		PC	PC		PC	PC		PC	PC		PC		PCH	PCH	
B09	LIBO ATOU KOU	21.08	21.52		P	P		P		P	P		PC	PC		PC	PC		PC		PCH	PCH	
B10	OURA TONDI C	45.65	47.32	P	P	P	P	P		P			PC	PC		P	PC		PC		PCH	PCH	
B11	GARDAMA KOU	16.49	24.03					P		PC		PC	PC		PC	P	PC		PC		PCH	PCH	
B12	GARDAMA KOU	21.47	22.68					P		PC		PC	PC		PC	P	PC		PC		PCH	PCH	
B13	TONDI BANDA	34.97	35.22								P		PC	PC		PC	PC		PC		PCH	PCH	
B14	GOGUE KOUAR	53.23	53.23								PC		PC	PC		PC	PC		PC		PCH	PCH	
B15	KOKORBARA	17.99	17.99								PC		PC	PC		PC	PC		PC		PCH	PCH	
B16	MORA KOUARA	51.95	52.17								PC		PC	PC		PC	PC		PC		PCH	PCH	
B17	LIBO ATOU BAB	20.37	20.50								PC		PC	PC		PC	PC		PC		PCH	PCH	
B18	KAREY BANGO	37.78	43.06								PC		PC	PC		P	PC		P		PC	PCH	
B19	KOUARA ZENO	24.15	24.38								PC		PC	PC		PC	PC		PC		PCH	PCH	
C01	TILOA KAINA	50.81	54.75	P	P	PC		P		PC		PC	PC		PC	PC		PC		PCH	PCH		
C02	KOKORBE BAN	45.77	46.64	P	P	PC		PC		P		PC	PC		PC	PC		PC		PCH	PCH		
C03	MAOURIZE BAN	49.36	49.49					P		P		PC	PC		PC	PC		PC		PCH	PCH		
C04	MAOURIZE BAN	49.31	49.43					P		P		PC	PC		PC	PC		PC		PCH	PCH		
C05	TONGOM	63.11	63.46	P	P	P		P		P		PC	PC		PC	PC		PC		PCH	PCH		
C06	TONGOM ENCL	63.25	63.67	P	P	P		P		P		PC	PC		PC	PC		PC		PCH	PCH		
D01	TEKO BABA KO	52.26	52.60	P	P	PC		P		PC		PC	PC		PC	PC		PC		PCH	PCH		
D02	DEY TEGUI PAS	29.72	30.67	P	P	PC		P	P		PC		PC	PC		PC	PC		PC		PCH	PCH	
D03	DEY TEGUI KOR	28.16	29.35	P	P	PC		PC	PC	P		PC	PC		PC	PC		PC		PCH	PCH		
D04	TONDI BANDA	52.65	53.40	P	P	PC		P		P		PC	PC		PC	PC		PC		PCH	PCH		
D05	MARAFI KOUA	40.19	41.75	P	P	PC		PC		PC		PC	PC		PC	PC		PC		PCH	PCH		
D06	NAZEY	50.28	52.73	P	P	PC		P		PC		PC	PC		PC	PC		PC		PCH	PCH		
D07	KOKORBE FAN	26.71	28.34	P	P	P		P	P	P		PC	PC		PC	PC		PC		PCH	PCH		
D08	DAR ES SALAM	46.47	47.06		P	PC		PC		PC		PC	PC		PC	PC		PC		PCH	PCH		
D09	GABO BABA KO	51.29	52.47		P	PCH		P		PC		PC	PC		PC	PC		PC		PCH	PCH		
E01	HAYNI SIMORO	37.96	39.35	P	P	PC		P	PC		PC		PC	PC		PC	PC		PC		PCH	PCH	
E02	HAYNI SIMORO	33.95	35.69	P	P	PC		PC	P	P		PC	PC		PC	PC		PC		PCH	PCH		
E03	MARI DOUMBO	45.97	49.48		P	PC		PC	PC	PC		PC	PC		PC	PC		PC		PCH	PCH		
E04	KIRIB BERI	49.88	50.73	P	P	P		P	P	P		PC	PC		PC	PC		PC		PCH	PCH		
E05	KIRIB KAINA	53.50	55.64	P	P	PC		P	P	P		PC	PC		PC	PC		PC		PCH	PCH		
E06	TONDI KANGUIE	68.11	68.65	P	P	P		P	P	P		PC	PC		PC	PC		PC		PCH	PCH		

NUM	VILLAGE	PROFOND.		1991		1992						1993										
		MIN.	MAX.	8	12	2	4	PR	8	9	10	11	12	1	2	PR	6	7	8	9	10	11
E07	KIRIB	40.78	42.49					PC								PC	PC			PCH	PC	PCH
F01	DIBAMOKO BAN	30.38	31.51				P	PC		PC						PC	PC			PCH		PCH
F02	BANIZOUMBOU	21.07	21.77	P	P			PC	PC	PC						PC	PC			PCH		PCH
F03	GOUBI BANDA	18.58	19.29	P	P			PC	P	PC		PC				PC	PC			PCH		PCH
F04	MAOUREY	15.19	16.24	P	P			PC	P	PC		PC				PC	PC			PCH		PCH
F05	DAREY BERI	15.28	15.75	P	P				P	P	PC		PC			PC	PC			PCH		PCH
F06	SOURGO KOUA	30.39	30.39														PC					
G01	DANGUEY GOR	34.57	35.44		P			PCH	PC	PC		PC	PC			PC	PC			PC		PCH
G02	ZARMAKOY KO	36.54	42.66		P			P	P	PC		PC	PC			PC	PC			PC		PCH
G03	GOUNOU BANG	34.71	36.24	P	P			PCH	P		P					PC	PC			PC		PCH
G04	MOUSSA DIOLO	12.23	15.12						P	P						PC	P	PC		PC	PC	PCH
G05	TCHANGAREY	44.88	46.45		P			PCH	P		P					PC	PC			PC		PCH
G06	TCHANGAREY	43.17	43.82		P				P		P					P						
G07	TCHANGAREY S	41.42	43.16	P	P			PCH	P		P					PC	PC			PC		PCH
G08	ZEIBANE FITI TR	45.35	46.40						PC	PC		P	PC			PC	PC			PC		PCH
G09	ZEIBANE FITI K	39.45	42.57	P	P				P		PC		PC	PC		PC	PC			PC		PCH
G10	KONE BERI	7.92	10.23	P	P			PCH		P		P	PC			PC	P	PC		PC		PCH
G11	DINKI	54.30	55.50	P	P				P	P		PC	PC			PC	PC			PC		PCH
G12	KOUARE KAINA	28.93	30.08		P			PCH	PC			PC				PC	PC			PC		PCH
G13	KONE KAINA EC	13.46	14.91	P	P			PCH	PC			PC				P	PC	PC		PC		PCH
G14	KONE KAINA KO	0.00	14.76		P				P								PC					
G15	KONE KAINA ES	33.14	33.46													P			PC		P	PC
G16	TONDI KOUKOU	22.58	22.75										PC				PC					
H01	BABAKAINA KO	46.10	46.57	P	P			P	PC	P		PC	PC									
H02	BABAKAINAKO	50.80	51.30		P	P			P		P					P						
H03	MAYAKI KOUAR	10.66	12.22							PC	PC		PC			P	P	P		PC		PCH
H04	TOKOBINKANI Z	5.39	7.19						P	P	P					P	P	P			PC	PCH
H05	YETE KOUARA	12.86	13.17						P	P	P					P	P	P			P	P
H06	TONDI GAMEY	14.11	15.11	P	P			P	P		P	P				P	PC	PC		PC		PC
H07	GADABO	22.03	22.81	P	P				PC		PC	PC					PC			PC		PC
H08	GADABO FETO	27.40	28.21	P	P				PC		PC	PC					PC			PC		PC
H09	KOKIRE	24.00	25.05	P	P				PC		PC	PC					PC	PC		PC		PCH
H10	DEY TEGUI	23.76	29.31		P			P	PC				PC			PC	PC			PC		PC
H11	KOUDIZADE	23.16	23.50						P													PCH
H12	FADA KOUROU	44.92	44.92						P													
H13	ZORI BANGOU	55.30	55.71														PC				PC	
H14	LABOU TITILOU	15.88	16.44														P	P				
H15	LAWEY	8.53	9.85														PC	P	PC		PC	PCH
H16	BARKIAWEL	8.52	9.49														PC	P	PC		PC	PCH
I01	OURA TONDI	50.44	50.83	P	P			P	PC		P	PC		PC		PC	PC		P	PC		PCH
I02	BANGOU BOBO	44.07	44.99		P			P	PC		P	PC		PC		PC	PC		P	PC		PC
I03	KIRAN FANDOU	37.70	38.96		P				PC	PC	P	PC	PC		PC	P	PC	PC	P	P		PCH
I04	BIRNI SOFO	54.58	56.95		P			P	PCH		P		PC	PC		PC	PC		P	PC		PCH
I05	BIRNIKOLONDIS	45.22	46.30					P		P	P	P	P		P	PC		P	P	P		P
I06	BIRNIKOLONDIS	45.89	47.66		P				PCH		P		PC	PC		PC	P		PC			PCH
I07	BIRNIKOLONDIS	43.69	45.25		P			P	PC	P	P	P	P		PC	P	P	P	P	PC		PCH
I08	BIRNIKOLONDIS	40.44	43.02							P		P	PC	PC		PC	P	PC	P	PC		PCH
I09	BIRNI FANTORA	45.02	45.68		P				PCH		PC	PC	PC		PC	P	PC	PC	P	PC		PCH
I10	BIRNI KOBERI	52.32	53.73		P				PCH		P		PC	PC		PC	PC	PC		PC		PCH
I11	MAOURIZE BAN	46.20	46.20						P													
J01	ZOURAGANE	28.30	29.66		P				PCH		P		PC				PC	PC		PC		PCH
J02	LOGA KOLO TA	28.56	30.12		P				P	PC		P	PC			PC	PC			PCH		PCH
J03	LOGA	28.30	30.24						P	P	P		P	PC			PC	PC				PCH
J04	KOLO BOSSEY	28.99	29.50		P				P	PC	P		P	PC			PC	PC		PCH		PC
J05	KOLO DIOGONO	27.92	29.32		P				P	PC	P		PC	PC			PC	PC		PCH		PC
J06	GARBHEY TOMB	19.62	20.59		P				PC		PC		PC	PC			PC	PC		PCH		PCH
J07	KIRAN MILI	51.18	53.16										PC				PC	PC		PC		PCH
J08	SAKARA TRAD	28.50	28.50											PC								
J09	GARBHEY TOMB	23.82	24.18											PC			PC	PC		PCH		PCH
J10	KOLO GAWANI	0.00	0.00																			
J11	KOLO GAWANI	41.10	41.10											PC								
K01	BALEYARA TAB	66.08	67.28	P	P				P		P					PC	PC			PCH		PCH
K02	DJOURS	46.00	47.69	P	P				PCH							PC	PC			PCH		PCH
K03	BANI KOSSEY	25.23	26.48	P	P				PCH		P		PC			PC	PC			PC		PCH

156 Hydrologie et météorologie de méso-échelle dans Hapex-Sahel : dispositif de mesures au sol et premiers résultats

NUM	VILLAGE	PROFOND.		1991								1992								1993							
		MIN.	MAX.	8	12	2	4	PR	8	9	10	11	12	1	2	PR	6	7	0	9	10	11	12				
K04	NINE FOUNO BE	33.42	34.51	P	P		PCH	P		PC	PC		PC	PC		PC	PC		PC		PCH	PCH					
K05	KAFINA	50.56	53.00	P	P		PCH	P		PC			PC	PC		PC			PC			PCH					
K06	KAFINA TRC	39.55	39.55								PC																
K07	KAFINA PASTO	44.10	44.10								PC																
K08	HAYNI SIMORO	53.68	53.68								PC																
K09	HAYNI SIMORO	49.15	49.15								PC																
K10	BANI KOSSEY	41.60	41.91								PC			PC		PC			PC			PCH					
K11	HABAKA PLATE	75.40	75.62								PC			PC		P			P			P					
K12	NINE FOUNO TR	46.85	46.85								PC			PC													
K13	HAYNI FADA TR	30.90	30.90								PC																
L01	AGHAROUS	35.22	36.06	P	P	P	PCH	P			PC	PC				PC	PC			PC	PCH	PCH					
L02	IBAMADE	4.43	5.35	P	P	P	P	P			P	PC				PC	PC				PCH	PCH					
L03	OUIINDITAN	5.21	5.45	P	P	P		P			P	PC				PC	PC			PC	PCH	PCH					
L04	IBAMA IRH 7100	6.46	6.89								P	PC				PC	PC			PC	PCH	PCH					
L05	KOGORI TONDI	5.25	5.76		P	P	PCH	P			P	PC				PC	PC			PC	PCH	PCH					
L06	KOGORI 70992	3.26	3.80	P	P		PCH	PC			P	PC				PC	PC			PC		PCH					
L07	IBAMADE	3.19	3.19									PC															
L08	IBAMADE ROUT	23.55	24.03													PC	PC			PC	PCH	PCH					
M01	BARKIRE ALIDO	7.24	8.19								P	PC				PC	PC		PC	PC	PCH	PCH					
M02	BANGOUULA MO	12.09	13.87								PC	PC				PC	PC			PCH	PC	PCH					
M03	TEBOINSE	8.96	10.05													PC	P	PC		PC	PC	PCH					
N01	POSTE POLICE	32.06	32.13								P	PC				PC	P	P	PC		PC	PCH					
N02	SAGA GOROU	21.78	22.45								P	P	PC			PC	P	P	PC		PC	PCH					
N03	BARKIAWAL VIL	13.64	21.13		P	P	PC	P			PC	PC	PC			PC	P	P	PC	PC	PC	PCH					
N04	BARKIAWAL RO	15.37	19.40								P					PC	PC	P	P	PC	PC	PCH					
N05	KONGOU FANDI	1.41	5.10	P		P	PCH	PC	PC		P					PC	PC		PC		PC	PC					
N06	WARI ECOLE K	21.70	22.71		P	P	PC	P	PC		PC					PC	PC		PC		PC	PC					
N07	WARI PASTORA	24.77	25.79	P	P	P	PC	P	PC		PC					P	PC	PC		PC	PC	PC					
N08	WARI KOUARA	22.72	22.72													PC											
N09	WARI	19.44	19.44													PC											
N10	WARI LABA	19.38	19.38													PC											
N11	KOGOROU	16.97	18.54														PC	P			PCH	PCH					
O01	HAMDALLAY M	23.79	24.48		P	P	PC	P	PC	PC	P		PC			PC	PC	P	PC	PC	PC	PCH					
O02	HAMDALLAY N	24.05	24.14								P						PC					PCH					
O03	HAMDALLAY S	13.73	14.71								P						P										
O04	BOUNDIOUBARE	44.83	46.80		P	P	P		P			PC				PC	PC	PC		PCH		PCH					
O05	TOKOBINKANI P	36.31	39.02		P	P	P	PC			PC					PC	PC	PC	PC		PC	PCH					
O06	TOKOBINKANI D	34.05	34.05					P																			
O07	LOUGGA OFED	27.11	33.65		P	P	P	PC	PC			PC				PC		PC	PC	PC	PC	PCH					
O08	LOUGGA CIM S	29.07	33.00								P					PC											
O09	KEYAN ZARMA	30.94	32.16		P	P	PCH	P				PC				PC	PC	PC		PCH		PCH					
O10	KOBERI KOUAR	50.77	54.15		P	P	P	P				PC				PC	PC		PC	PC	PCH	PCH					
O11	KOBERI KOUAR	61.04	62.65		P	P	PCH	P	P	PC						PC	PC		PC	PC	PCH	PCH					
O12	HAMDALLEY PR	39.56	40.12		P	P	P		P			PC				PC	PC	P	PC	PC	PC	PCH					
O13	ATOU BABA KO	12.17	14.47		P		PCH	PC			P					PC	PC	PC	PC	PC	PC	PCH					
O14	FALINKE KAINA	30.57	30.87		P	P	P		P							PC	PC	PC		PCH		PCH					
O15	FALINKE BERI	35.85	36.28		P	P	P	PC			P					PC	PC	PC		PCH		PCH					
O16	FETOBOKKI PE	9.99	12.10		P		PCH	P			P	PC				PC	PC	PC		PCH		PCH					
O17	FETOBOKKI ZA	21.14	22.46		P	P		P				PC				PC	PC	PC		PCH		PCH					
O18	GAGARE	22.78	32.27		P	P		P	PC			PC				PC	PC	PC	PC	PC	PC	PCH					
P01	GOGUIEZE KOU	46.25	48.10		P	P	PCH	PC		P						PC	PC	PC	PC		PC	PCH					
P02	GOGUIEZE KOU	45.80	48.00		P	P	PCH	PC				PC				PC	PC	PC	PC		PC	PCH					
P03	KOUNTCHE BE	67.74	67.75									PC				PC											
P04	KIDABAZAGAIZE	46.96	47.51						P	PC	P		PC			PC	PC	P	P	PC	PC	PCH					
P05	KIDA TATA KOU	52.57	53.52		P	P	PCH	P				PC	PC			PC	PC		PC		PC	PCH					
P06	WANKAMA NOR	19.41	22.12		P	P	PC	PC	P	PC	PC		PC	PC		PC	PC	P	PC	PC	PC	PCH					
P07	WANKAMA SUD	14.49	18.36		P	P		P	P	P	PC	PC				PC	PC	P	PC	PC	PC	PCH					
P08	MAOUREY KOU	19.28	20.83	P			PC	P	P	P						P	PC	P	PC	PC	PCH	PC					
P09	BANIKANE PAS	25.74	26.55		P	P		P			P					PC	PC		PC		PC	PCH					
P10	DANTIANDOU T	39.32	39.97		P	P		P				PC				PC	PC			PC		PCH					
P11	BANIKANE DOM	27.46	28.38		P	P		P	PC	P						PC	PC			PC		PCH					
P12	BANKA DEY	29.23	29.55		P	P	P	PC	PC		P	PC				PC	PC	P		PCH		PCH					
P13	SABOU DEY	51.20	51.82		P		PCH	P	PC		PC					PC	PC			PC		PCH					
P14	BOUNDIOU	19.67	20.28		P		P		P			PC				PC	PC			PC		PCH					

NUM	VILLAGE	PROFOND.		1991		1992						1993											
		MIN.	MAX.	8	12	2	4	PR	8	9	10	11	12	1	2	PR	6	7	8	9	10	11	12
P15	BANIZOUMBOU	23.29	23.83	P	P			PCH	PC	PC	P	PC	PC		PC	P	P	P	P	P	PCH	PCH	PCH
P16	BANIZOUMBOU	21.15	21.49		P			PCH	PC	PC	PC	PC	PC		P	PC	P	P			PCH	PCH	PCH
P17	BANIZOUMBOU	19.83	20.39					P	P	P	P	P	P			P	P	P	P		P	P	P
P18	KODJIRI BANI K	44.31	45.09		P			PC	P	P		PC			PC		PC				PC		PCH
P19	FANDOUBERI	29.21	29.68	P	P			PC	P	P	PC	P	PC	PC		PC	P	P	P	PC	PC	PC	PC
P20	KALASSI	26.63	27.13		P			PC	P	P	P	P	PC	PC		PC	P	PC	P		PCH		PCH
P21	WANKAMA PIEZ	14.86	20.16													P	P	P	P	P	P	P	P
P22	WANKAMA PIEZ	16.99	21.19													P	P	P	P	P	P	P	P
P23	WANKAMA PIEZ	19.92	22.71													P	P	P	P	P	P	P	P
P24	KIDABAZAGAIZE	48.70	49.50		P			PCH											P	PC	PC		PCH
P25	BANIZOUMBOU	18.30	18.72																P	P	P		P
P26	YOULOUA	25.74	25.74																P				
Q01	MAOUREY TOK	26.90	27.73	P	P			P	PC	P	P		P			PC		PC					PCH
Q02	KARABANGA	49.58	53.99	P	P			PCH	P	PC		P				PC		PC			PC		PCH
Q03	BOULA DAREY	37.28	37.28										PC										
Q04	BOULA DAREY	67.27	67.99	P	P			PCH	P							PC		PC			PC		PCH
Q05	BOUNDOU WAR	39.40	40.29	P	P			PCH	PC	PC		PC				PC		PC			PC		PCH
Q06	KATANGA PAST	53.63	55.29	P	P			PCH	PC	PC		PC				PC		PC			PC		PCH
Q07	TONDI KIBORO	30.00	30.31	P	P			PCH	PC	P		PC	PC			PC		PC			PC		PCH
Q08	TIGO TEGUI	37.00	38.33		P			PCH	PC	PC		PC				PC		PC			PC		PCH
R01	SANDIRE ROUT	3.60	4.30		P			P	P	PC		P	PC			PC		PC			PC		PCH
R02	SANDIRE EST	1.67	2.20					P	PCH	P		P	PC			PC		PC			PC		PCH
R03	IDRISSA MAMA	7.56	7.83										PC			PC		PC			PC		PC
R04	TONDI KIRE	3.68	4.23					P	P	P		P	PC			PC		PC			PC		PC
R05	BOUNDOU SIMT	32.17	32.66	P	P			PCH	P				PC			PC		PC			PC		PCH
R06	FANDOU	26.99	27.08										PC			PC		PC			PC		PCH
R07	NAMARI	5.67	5.67										PC										
R08	NAMARI	7.07	7.71					P	PCH	P		P	PC			PC		PC			PC		PC
R09	DOLEWA	2.11	2.49										PC			PC		PC			PC		PC
R10	DOLEWA	3.08	3.60										PC			PC		PC			PC		PC
R11	YEDA BOSSO	2.69	3.27					P	P	PC		PC				PC		PC			PC		PC
R12	YEDA CECI 1	2.58	2.58										PC										
R13	YEDA CECI 2	2.37	2.37										PC										
R14	YEDA CECI 3	1.85	1.85										PC										
R15	YEDA JARD EC	2.46	2.46										PC										
R16	YEDA JARD EC	2.13	2.13										PC										
R17	YEDA MARCHE	4.23	4.23										PC										
R18	YEDA IRH 31 307	1.66	1.66										PC										
R19	WINDE BERI TR	1.80	1.80										PC										
R20	KOBE	5.40	5.40										PC										
R21	KOLA BOSSEY	3.63	4.22					P	P	P		P	PC			PC		PC			PCH		PC
R22	YAGARMEYE	5.68	5.68										PC										
R23	BANGOUKIREY	4.82	4.82										PC										
R24	BIDON RAS DU	0.00	0.00																				
R25	BOUNDOU SIMT	37.00	37.23													PC		PC			PC		PCH
S01	DAREY BANGO	14.76	22.27													PC		PC			PC		PCH
S02	GUESSEL BODI	7.83	13.19	P	P			PC	P	P		PC			PC		PC			PC	PC	PCH	PCH
S03	KOKOUAREY ZA	41.70	42.42	P	P			PC	PC	PC		PC			PC		PC			PC	PC		PCH
S04	KOKOUAREY P	27.67	29.08	P	P			PC	P	PC		PC			PC		PC			PC	PC		PCH
S05	BOGOL	11.69	13.54	P	P			PC	PC	PC		PC			PC		PC			PC	PCH		PCH
S06	TIOU DAWA	27.02	28.57	P	P			PCH	PC	P		PC			PC		PC	P		PC	PC	PCH	PCH
T01	GASSAN KOUR	36.85	37.75	P	P			PC	P	P		PC			PC		PC			PC	PC		PCH
T02	KOMAKOUKOU	54.55	56.07	P	P			PC	P	P	P	PC	PC			PC		P	PC	PC		PCH	PCH
T03	BALAL SAGUI 1	69.18	70.19					P	P	P	P					PC		PC			PC		
T04	BALAL SAGUI 2	69.89	70.49									P											PCH
T05	FETOKADIE	42.29	43.30	P	P			PC	P	P	PC	P			PC		PC			PC	PC		PCH
T06	DOLOHI	51.60	52.14	P	P			PC	P	P	P	PC				PC		PC			PC		PCH
T07	YELOUMA	45.37	46.33	P	P			P	P	PC		PC				PC		PC			PC		PCH
T08	KAMPA ZARMA	65.32	65.77	P	P			PC	P		P					PC		PC			PC		PCH
T09	DIRI BANGOU	44.67	45.97	P	P			PC	P		PC					PC		PC			PC		PCH
T10	BARI TOURI	53.60	55.08	P	P			PC	P		P					PC		PC			PC		PCH
T11	ABOUSSAY	54.20	55.86	P	P			PC	P		P					PC		PC			PC		PCH
U01	KORTO DOMES	15.68	16.00	P	P			PCH	PC	PC		PC	PC			PC		P	PC		PC		PCH
U02	KORTO KORY	11.16	11.84		P			P		PC	P	PC				PC		PC			PC		PCH

158 Hydrologie et météorologie de méso-échelle dans Hapex-Sahel : dispositif de mesures au sol et premiers résultats

NUM	VILLAGE	PROFOND.		1991		1992						1993											
		MIN.	MAX.	8	12	2	4	PR	8	9	10	11	12	1	2	PR	6	7	8	9	10	11	12
U03	BAGOJA	30.96	31.38					P	P	P		PC				PC	PC			PC			PCH
U04	YERIMADEY	10.38	10.75	P	P			PCH	P	P		P			PC	PC			PC				PCH
U05	TIGO ZENO	23.71	23.86	P	P			P	P	P					PC	PC			PC				PCH
U06	GAOBERI (GAO)	17.62	17.94									PC			PC	PC			PC				PCH
U07	TOULOJA KOU	40.86	41.22	P	P			PCH	PC			P			PC	PC			PC				PCH
U08	DEY TEGUI PAS	16.55	16.84	P	P			PCH	PC			P			PC	PC			PC				PC
U09	DEY TEGUI DO	22.23	22.63	P	P			PCH	PC			P			PC	PC			PC				PCH
U10	GUILLENYI	8.26	8.58	P	P			PCH	PC	PC		PC	PC		PC	PC			PC				PCH
U11	INCONNU DANT	24.36	24.36							P													
U12	BOKOSSAY DO	18.18	18.55	P				PCH	P	PC		P			PC	PC			PC				PCH
U13	BOKOSSAY PAS	18.00	18.52					P		P		P			PC	PC			PC				PCH
U14	BOKOSSAY	20.78	21.10							PC	P	P			PC	PC			PC				PCH
U15	FALANGA	26.18	26.91	P	P			PCH	P			P	PC		PC	PC			PC			PCH	PC
U16	DANTIANDOU S	5.42	6.90					PC	P			P			PC	P			P				P
U17	DANTIANDOU E	5.71	7.00	P				P	P	P					P	PC	P		PC				PCH
U18	DANTIANDOU C	5.51	6.37	P	P			P	P			P			PC	PC			PC				PCH
U19	TOULIEL	20.94	21.38	P	P			PC	PC			PC			P	PC	P		PC			PCH	PCH
U20	DAREY	53.52	53.91							PC		PC			PC	PC			PC				PCH
U21	SOURGOUROU	33.33	33.89	P	P			PC	PC	PC		PC			PC	PC			PC			PC	PCH
U22	KOKORBE	38.08	38.42	P	P			PC	PC			PC			PC	P		PC				PCH	PCH
U23	BOULA KOUARA	24.99	24.99							P													
U24	TOMBO ZARMA	12.30	12.30																PC				
U25	BADOUEL	11.62	11.62																PC				
V01	GARDI BERI 313	5.50	5.84										PC		PC	PC					PCH	PC	PC
V02	GARDI BERI	5.40	6.00					P	PCH	P		PC											
V03	KOYGOLO ECO	13.67	14.09					P	P			P	PC		PC	PC					PCH		PC
V04	ZOUZOU SANE	28.22	30.12	P				P	P			P	PC		PC	PC					PCH		PC
V05	ZOUZOU SANE	15.72	16.11							PC		P	PC		PC	PC					PCH		PC
V06	ZOUZOU SANE	7.48	7.99									PC	PC		PC	PC					PCH		PC
V07	ZOUZOUSANEY	6.03	6.10									PC			PC	PC							
V08	ZINDAROU	4.14	4.69									PC			PC	PC					PCH		PC
V09	KIOULANDE	3.46	3.98	P				P		P		P			PC	PC					PCH		PC
V10	ZOUZOU SANE	4.30	4.82									PC			PC	PC					PCH		PC
V11	SAFAPATIA ZAR	3.92	4.43									P	PC		PC	PC					PCH		PC
V12	GARDI BERI 313	2.74	2.80																				PC
W01	WINDE BERI DO	19.55	20.27					PC	P	PC		P			PC	PC					PCH		PCH
W02	WINDE BERI PA	11.81	13.45	P	P			PC	PC	PC		P			PC	PC					PCH		PCH
W03	KOURE GROS D	31.16	32.01												PC	PC			PC		PC	PC	PCH
W04	TIIOUBI ROUTE	43.52	44.31	P	P			P		PC		PC			PC	P		PC			PC		PCH
W05	TIIOUBI PASTOR	44.99	47.03	P				P	P	P		P			PC	PC					PC		PCH
W06	SAKEY KOUARA	53.16	53.48	P	P			PC	P	P		P			P	PC			PC		PCH		PCH
W07	DIKORE	42.42	43.29	P	P			PC	PC	PC		P			PC	PC					PC		PCH
W08	GOBIRKOY BERI	50.55	51.16					PC	P	P		PC			PC	PC					PCH		PCH
W09	TOUDOU	35.51	36.63	P	P			PCH	P	PC		PC			PC	PC					PC		PCH
W10	KOURE VILL 4 A	33.64	33.97																		PC	PC	PCH
W11	KOURE CHAMP	39.55	40.09																		PC	PC	PCH
W12	GANGAWA	9.91	9.91																				
W13	ALLAHOKY	3.65	3.65																		PC		
W14	KOLLO ZARMA	5.50	5.50																		PC		
W15	SEBERI	9.45	9.45																		PC		
X01	TOLLO	60.50	61.70	P	P			PC	P	P		PC			PC	P		PC		PC	PC		PCH
X02	BOKTILI	41.97	42.58	P	P			PC	PC			PC			PC	P		PC		PC	PC		PCH
X03	GAM DEY	38.47	39.55	P	P			PC	PC			PC			PC	PC					PC	PC	PCH
X04	AHAMANDEY B	51.95	52.51	P	P			PC	PC			P			PC	PC					PCH		PCH
X05	KANARE PASTO	28.05	28.71	P	P			PC	PC	PC		PC			PC	PC					PC		PCH
X06	KANARE ECOLE	29.24	29.74	P	P			PC	PC			P			PC	PC					PC		PCH
X07	KODO	63.31	64.68	P	P			PCH	PC	PC		PC			PC	PC	P		PC		PC	PC	PCH
X08	TOMBO DIJIBO	58.85	59.41							P		PC			PC	PC					PCH		PCH
X09	YEDA	55.81	56.90	P	P			PC		PC		P			PC	PC					PCH		PCH
X10	HARIKANASSOU	8.88	9.28																		PC		PC
X11	DARESSALAM	59.11	59.74																		PC		PC
X12	DANGARMEY 3	41.14	41.14																				
Y01	KOBODEY	36.65	37.52	P				PC	PC	PC		PC			PC	PC					PCH		PCH
Y02	GOMBEWA	34.79	35.96	P				PC	P	PC		PC			PC	PC					PCH		PCH

NUM	VILLAGE	PROFOND.		1991								1992								1993							
		MIN.	MAX.	8	12	2	4	PR	8	9	10	11	12	1	2	PR	6	7	8	9	10	11	12				
Y03	TONDI FOU PAS	11.38	14.58	P				P	P	P				PC	PC			P				PCH					
Y04	TONDI FOU KO	22.91	24.50					P	P		PC			PC	PC			P				PCH					
Y05	GUIDEL	58.42	59.17	P				PC	P	P	PC			PC	PC			PH				PCH					
Y06	TANA BERI KOU	41.59	42.29					P	P	P	P			PC	PC												
Y07	TANA BERI PAS	37.15	38.52	P				PC	P	PC	PC			PC	PC			P				PCH					
Y08	KARGUI BANGO	52.86	54.66	P				P	P		PC			PC	PC			PH				PCH					
Y09	BAGANI	44.01	45.10											PC	PC			PCH				PCH					
Y10	MANGA KOUAR	27.01	27.01												PC												
Z01	KOFO	53.22	54.26	P	P			PC	PC		P		P	PC	PC			PC				PCH					
Z02	MAROUBERI ZE	28.86	29.77		P			PCH	PC	PC	PC			PC	PC			PC				PCH					
Z03	MAROUBERI TE	48.16	49.00	P	P			PCH	P		PC				PC			PC				PCH					
Z04	MAROUBERI TE	45.11	46.22		P			PCH	PC	PC	PC				PC			PC				PCH					
Z05	MAROUBERI TE	44.72	45.70		P			P	P	P	P				PC			PC				PCH					
Z06	DIAWANDO	29.91	30.95	P	P			P	P	PC	PC			PC	PC			PC				PCH					
Z07	GUIAOUDARE T	58.75	59.60		P			P	P	PC	PC			PC	PC			PH				PCH					
Z08	BOSSADJI	46.92	47.80	P	P			P	P	PC	PC			PC	PC			PH				PCH					
Z09	POULLO BOSSA	46.98	47.70		P			P	P	PC	PC			PC	PC			PH				PCH					
Z10	MINGUI	37.68	38.80		P			PC	P		PC			PC	PC			P				PCH					
Z11	DOUDOL	42.41	42.86								PC			PC	PC			PH				PCH					
Z12	TANDO	33.84	34.79					PC	PC	PC	PC			PC	PC			P				PCH					
Z13	YLADDE	44.47	44.94	P				P	PC	PC	PC			PC	PC			PH				PCH					
Z14	TOMBO BELLA	26.02	26.05												PC			PH									
Z15	SETI	23.48	23.48												PC			PH									
Z16	DOUALAGA	27.24	27.24												PC												
Z17	KORAN KASSA	15.68	15.68												PC												
Z18	GONOUB	27.86	27.86												PC												
Z19	MARGOU MARC	5.20	5.20												PC												
Z20	GUILARE	3.38	3.38												PC												