

REPUBLIQUE DU TCHAD

MINISTERE DE L'EAU

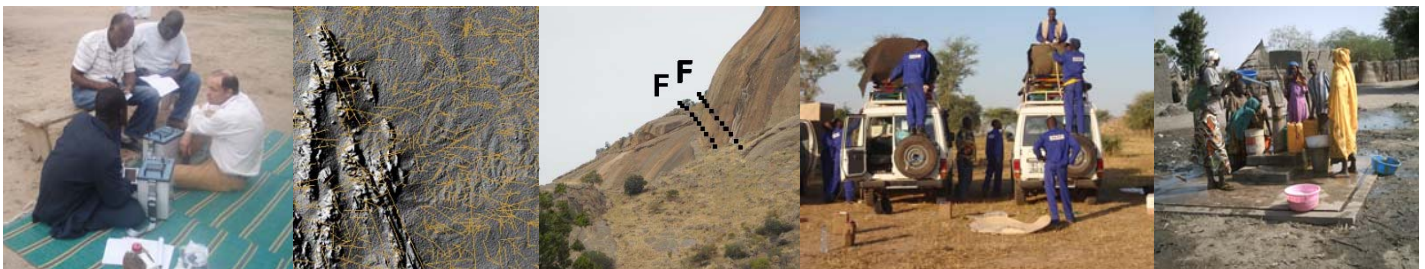
Direction de l'Approvisionnement en Eau Potable et de  
l'Assainissement

Délégation de l'Union  
Européenne au Tchad

Programme 9<sup>ème</sup> FED « Accès à l'eau potable  
et appui à la politique sectorielle »  
FED/2005/017076 et FED/2006/018625  
Etudes Hydro-géophysiques d'Implantation de  
450 Forages dans le Guera et le Batha

Rapport Final

Octobre 2011



 egis bceom  
International

En partenariat avec



et



## Table des matières

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 1.     | Objet  | 5  |
| 2.     | Objectif   | 5  |
| 3.     | Moyens mobilisés   | 5  |
| 3.1.   | Ressources humaines .....  | 5  |
| 3.1.1. | Personnel expatrié .....   | 5  |
| 3.1.2. | Personnel national.....  | 6  |
| 3.2.   | Ressources matérielles.....  | 7  |
| 4.     | Formation des chefs d'équipe géophysique   | 8  |
| 5.     | Travaux réalisés et avancement   | 9  |
| 5.1.   | Préparation des mesures de terrain : photo-interprétations .....                 | 9  |
| 5.1.1. | Choix des images.....  | 9  |
| 5.1.2. | Préparation des images.....  | 11 |
| 5.1.3. | Méthodologie de photo-interprétation.....  | 11 |
| 5.1.4. | Travaux réalisés .....   | 13 |
| 5.2.   | Formation des chefs d'équipes et des autres opérateurs.....                      | 13 |
| 5.3.   | Prospection au sol.....  | 14 |
| 5.3.1. | Principes de travail des équipes de terrain.....                                 | 14 |
| 5.3.2. | Avancement des mesures de terrain .....  | 15 |
| 5.4.   | Avancement des implantations finales .....                                       | 16 |
| 5.4.1. | Principes.....   | 17 |
| 5.4.2. | Interprétations conduites .....  | 17 |
| 5.4.3. | Cas particulier des villages sans site proposé.....                              | 18 |
| 5.5.   | Succès des implantations et difficultés particulières.....                       | 20 |
| 5.5.1. | Travaux préparatoires : 4 premiers forages pour optimiser l'interprétation ..... | 20 |

|  |    |
|--|----|
| 5.5.2. Analyse des résultats de la foration jusqu'à fin mars 2011..... | 21 |
| 6. Analyse et perspectives   | 25 |

## Table des Figures

|  |    |
|--|----|
| Figure 1. Photo-interprétation du village de Gafala, échelle 1/40 000 .....  | 12 |
| Figure 2. Avancement des mesures de terrain .....  | 16 |
| Figure 4. Panneau des résistivités interprétées des mesures en pôle-dipôle du village de Nikhel, site 2. Le forage a été tenté à 132,5 m sur le panneau, au droit d'une anomalie peu marquée visible à partir de 50 m de profondeur..... | 19 |
| Figure 5. Panneau des résistivités interprétées des mesures en pôle-dipôle du village de Mebra, site 2. Le forage a été tenté sans succès à 120 m sur le panneau, dans des terrains très conducteurs (ici moins de 100 $\Omega$ .m)..... | 19 |
| Figure 6. Carte des villages sans site de forage proposé .....   | 20 |
| Figure 7. Fréquence cumulée des forages existants dans le Guéra en fonction de leur débit.....   | 22 |
| Figure 8. Fréquence cumulée des forages du 9ème FED en fonction de leur débit.....   | 22 |
| Figure 9. Fréquences des forages aux fractures N112.....   | 23 |
| Figure 10. Panneau des résistivités interprétées des mesures en pôle-dipôle du village de Banala Kosso, site 1. Le forage a été réalisé à 110 m pour un débit de 2,8 m <sup>3</sup> /h. ....   | 23 |
| Figure 11. Fréquences des forages implantés dans les bas-fonds et bas-glacis .....   | 24 |
| Figure 12. Fréquences des forages implantés dans les hauts-glacis, suivant qu'ils soient proches ou non des versants .....   | 24 |

## Table des Annexes

Annexe 1.1 – Dossiers villages – Batha. Villages de ABDJABORA à BREGUE OUADDAØ

Annexe 1.2 – Dossiers villages – Batha. Villages de CHABOLO DOUNGOUS à ZOU BOU

Annexe 2.1 – Dossiers villages – Guéra. Villages de ABKHOURA à BONE I DAOUD

Annexe 2.2 – Dossiers villages – Guéra. Villages de BONE II FAKHARA à DOYO II

Annexe 2.3 – Dossiers villages – Guéra. Villages de FAIGO à HILELE OYO

Annexe 2.4 – Dossiers villages – Guéra. Villages de HILLE KORTO à LOUGA

Annexe 2.5 – Dossiers villages – Guéra. Villages de MAALA TOUNDJOUR à OUIERE

Annexe 2.6 – Dossiers villages – Guéra. Villages de OULEYE à ZOURI

Annexe 3 – Liste des villages prospectés avec leurs coordonnées

## CD-Rom de données

CD contenant le présent rapport aux formats Microsoft Word et Adobe PDF, les dossiers villages avec les données numériques de résistivité électrique au format SYSCAL Bin, et un tableau Excel de propositions d'implantations.

## 1. Objet

Dans le cadre du projet «Programme d'accès à l'eau potable et Appui à la politique sectorielle» (Projet FED/2006/018- 625), le Ministère de l'Economie, du Plan et de la Coopération a confié au groupement Egis Bceom International / Antéa / CIAT les « Etudes hydrogéophysiques d'implantation de 450 Forages dans le Guera et le Batha » (contrat de services n° FED/2009/205-565). La maîtrise d'œuvre de ces études est assurée par le Ministère de l'Hydraulique Villageoise et Pastorale.

Les services requis pour ce contrat visent l'implantation de forages dans le socle cristallin pour 340 villages dans le Guera et 110 environ dans le Batha, soit au total 450 villages.

Le présent rapport final décrit l'ensemble des activités conduites au cours des deux campagnes de mesure, du 1<sup>er</sup> octobre 2009 jusqu'au 30 septembre 2010 et du 1<sup>er</sup> octobre 2010 au 28 février 2011.

## 2. Objectif

L'objectif de cette prestation est l'implantation des forages au mètre près par les méthodes géophysiques électromagnétiques et électriques, après identification des fractures cibles par photo-interprétation à partir d'images satellitaires.

En termes de résultats :

- 1) il s'agit pour chaque forage, de disposer si possible de deux implantations avant l'arrivée des ateliers de forage, en fonction du contexte géologique
- 2) réduire le taux de forages négatifs tel que constaté par les projets qui sont déjà intervenus dans la zone
- 3) en parallèle, renforcer les capacités nationales en matière d'études hydro-géophysiques d'implantation des forages

## 3. Moyens mobilisés

### 3.1. Ressources humaines

#### 3.1.1. Personnel expatrié

Un hydrogéologue junior, M. David Ramel, a été mobilisé dès le 15 septembre 2009 et ce pour une période de deux mois jusqu'au 14 novembre 2009. Il était en charge de la préparation logistique de la mission, de la mise en place des

circuits d'approvisionnement des équipes de terrain et de la mise en place de la filière de transmission des données entre l'équipe de terrain et les autres intervenants (Chef de Projet de la MOD, Animateurs de la MOD, Expert hydrogéologue en France).

Un expert Hydrogéologue International, M. François Bertone, a été mobilisé pendant plus de deux mois :

- au siège de Egis Bceom International pour la photo-interprétation des images satellites, pour assurer la coordination des missions et la validation des résultats et pour interpréter les résultats en termes de forages positifs pour réorienter les choix d'implantation.
- sur site, pour deux missions de coordination et de validation des implantations du 3 au 16 février 2010 et du 1<sup>er</sup> au 11 octobre 2010 et une mission de clôture du 4 au 22 mars 2011.

Deux experts géophysiciens sont intervenus pour la formation des opérateurs, le contrôle des résultats et l'interprétation des mesures, dans le cadre du Contrat de maîtrise d'œuvre déléguée (MOD, contrat de services n°1283ACT/FED/2008).

- Les deux premières missions ont été réalisées par M. Jean-Marc Ragot du 05 au 20 octobre 2009 puis du 9 au 24 novembre 2009. M. Ragot est intervenu 10 jours à partir du siège pour permettre l'avancement de l'interprétation de mesures et en particulier l'adaptation du processus d'inversion du modèle de résistivité. Il a ensuite de nouveau réalisé une mission sur site du 14 au 27 juin 2010, puis deux autres au cours de la dernière campagne : du 8 au 23 décembre 2010 puis 14 février au 2 mars 2011.
- Les missions 3 et 4 du 16 février au 12 mars 2010 puis du 25 mars au 21 avril 2010 ont été conduites par M. Yves Audiger. M. Yves Audiger a également réalisé la mission 6 du 30 septembre au 3 novembre 2010.

### 3.1.2. Personnel national

Trois équipes de mesures ont été mobilisées dès le 1<sup>er</sup> octobre 2009, soit 3 experts géophysiciens, 3 chauffeurs et neufs ouvriers (3 par équipe). En complément des ouvriers permanents, des manœuvres ont été recrutés dans les villages où se déroulaient les mesures.

Les travaux ont démarré avec 3 chefs d'équipe géophysiciens : MM Mahamat Moussa Hilewou, Abderaman Saidou et Djokhomon Bolom Kamla. A partir de décembre 2009, M. Ignabé Padacke est intervenu en binôme avec M. Saidou en anticipation d'une éventuelle indisponibilité de l'un ou l'autre des Chefs d'équipe titulaires. Il est intervenu seul à partir de janvier 2010 en remplacement de M. Kamla en arrêt maladie puis de M. Mahamat Moussa, interrompu une dizaine de jours jusqu'à mi-février 2010 (déplacement au Cameroun dans le cadre de sa thèse). Il est ensuite intervenu en binôme avec

M. Kamla encore convalescent. Après que M. Mahamat Moussa ait suspendu son intervention sur le projet début mars 2010, M. Ignabé est intervenu seul en permanence.

Au cours du mois d'octobre 2010, l'un des chefs d'équipe, M. Abdéramane Saidou, a été appelé à d'autres fonctions au sein de l'administration nationale. Il a quitté ses fonctions le 20 octobre et a été remplacé par le binôme constitué de MM. Désiré Bainaisseur et Djimasbeye Gosdouh, formé depuis plusieurs mois déjà en anticipation du départ possible de l'un des chefs d'équipe (Djimasbeye Gosdouh intervenait sur le projet en assistance de M. Kamla depuis décembre 2009, Désiré Bainaisseur était présent depuis mai 2010).

Les mesures ont pu se poursuivre normalement pendant la totalité de la campagne, avec toujours au minimum 3 chefs d'équipe formés aux techniques spécifiques du projet et autonomes.

### 3.2. Ressources matérielles

L'ensemble des équipements nécessaires à une parfaite réalisation de la mission a été mobilisé pendant la totalité de la période et maintenu en état de façon à assurer la permanence des mesures :

- Au siège d'Egis Bceom International, les images satellitaires JERS ont été acquises et géo-référencées ;
- Sur le terrain, les matériels de mesure EM34 et SYSCAL et leurs accessoires nécessaires aux trois équipes ont été importés pour la durée de la mission. La liste ci-après détaille ces équipements :

LISTE DES EQUIPEMENTS DE MESURES GEOPHYSIQUES

| N° | Désignation  | Qté |
|----|--|-----|
| 1  | conductivimètre EM34   | 3   |
| 2  | kit batteries rechargeables avec chargeurs   | 3   |
| 3  | cable émetteur supplémentaire  | 1   |
| 4  | cable récepteur supplémentaire   | 1   |
| 5  | connecteurs pour câbles de référence EM34  | 2   |
| 6  | résistivimètre compact SYSCAL R1PLUS SWITCH 48 (200W, 2500mA,600V) avec tous les accessoires | 3   |
| 7  | logiciel ELECTRE II  | 3   |
| 8  | logiciel PROSYS II   | 3   |
| 9  | bobines de 750 m pour l'électrode à l'infini   | 3   |
| 10 | GPS GEKO 201 et cables de transfert PC   | 5   |
| 11 | PC portable et cables de transfert   | 3   |
| 12 | clisimètre   | 3   |
| 13 | boussoles  | 3   |

- A la base de Mongo, du matériel informatique (ordinateur, scanner, imprimante) pour la préparation des missions, la sauvegarde et le traitement des résultats et l'archivage des dossiers villages.
- Chacune des trois équipes dispose d'un véhicule TOYOTA HARDTOP et de l'ensemble des équipements et fournitures nécessaires aux missions de brousse, notamment un groupe électrogène et l'ensemble du matériel de camping.

## 4. Formation des chefs d'équipe géophysique

La formation dispensée aux chefs d'équipe géophysique, tous hydrogéologues et/ou géophysiciens confirmés, a été une formation théorique et pratique dispensée sur le terrain<sup>1</sup>, par les experts internationaux lors de leurs missions (voir au chapitre 3.1.1 les dates et durées des missions de ces experts). Dans un premier temps, la formation a porté sur :

- Techniques d'implantation sur site (boussole, GPS),
- Compréhensions des implantations hydrogéologiques, et à la méthodologie de prospection.
- Techniques de mise en oeuvre et d'interprétation de l'EM34,
- Techniques de mise en oeuvre des panneaux électriques,
- Maniements sommaire des logiciels, Electre2 et prosys2
- Protocoles de sauvegardes des données informatiques.

Plus généralement, les acquis de la formation sur l'utilisation et l'entretien du matériel ont été très forts, puisque le matériel a été conservé en très bon état pendant la durée entière de la mission, malgré les conditions difficiles de transport, de chaleur, et d'isolement.

Un travail important a été réalisé sur la formation à la validation des données acquises : Le contrôle qualité des mesures collectées se fait in situ. Il s'agit généralement de comparer les mesures entre elles, de dégager des valeurs moyennes et de juger de la qualité de la mesure en fonction de son écart type par rapport à ces moyennes. La qualité de ce travail a pu se mesurer à la qualité finale des données, maximale pour l'ensemble des profils traités.

Au vu des difficultés spécifiques rencontrées dans certaines zones, notamment à l'est de la zone d'intervention (Bolong – Bayo angara – mokofi – Mogdi), une formation particulière a porté sur la mise en place de protocole afin d'améliorer la qualité des mesures en milieu résistant électriquement.

De manière à sensibiliser les équipes à la qualité des mesures collectées, elles ont été formées au repérage sur plan des profils géophysiques : approche topographique, localisation visuelle des fractures mise en évidence grâce à la photo interprétation, repérage des groupements de termitière et hygrophiles...

Au final, la mise en oeuvre des procédures d'acquisition sur EM34 et panneaux électriques ont été parfaitement suivies. La qualité des mesures est très bonne et le repérage des mesures sur site est correctement effectué (quelques

---

<sup>1</sup> Une assistance téléphonique était également en place qui a permis de compléter ponctuellement ces travaux en binôme.



difficultés rencontrées, sans conséquence grâce à la procédure mise en place de multiplication des points de repérage).

La formation aux inversions des mesures au moyen du logiciel Res2DInv a dans un premier temps été dispensée dès novembre 2009, mais devant les difficultés rencontrés dans l'intégration des panneaux *direct* et *reverse* par ce logiciel, cette formation a un temps été suspendue, les travaux étant réalisés par l'expert lui-même. La formation a repris en octobre 2010. Elle a porté alors notamment sur des instructions vis-à-vis des séquences de traitement, une initiation à l'interprétation croisée des données naturalistes, électriques et électromagnétiques, et des consignes d'implantation des forages.

Pour permettre aux équipes de gérer les changements de stratégie ou les éventuelles pannes, la formation sur la théorie de la mesure électrique et surtout sur le diagnostic et les options à prendre en cas de difficultés de mesure du signal a été approfondie à partir d'octobre 2010. La formation sur le logiciel Electre 2 a également été poursuivie pour comprendre la création des séquences de mesures pour les panneaux électriques.

## 5. Travaux réalisés et avancement

La méthodologie de travail et le descriptif des travaux sont présentés ci-après. Les dossiers villages détaillant les travaux réalisés sont présentés en Annexes 1 (pour le Batha) et 2 (pour les Guéra). Pour chaque village, ils présentent :

- La fiche de photo-interprétation, avec localisation du village et identification des sites à prospector au sol (sites dits points FB).
- Pour chaque site prospecté, la fiche de prospection EM, avec les coordonnées du début et fin de panneau (modifiés ou non par rapport à la fiche de photo-interprétation), le graphique du traîné EM et l'emplacement du centre du panneau électrique si celui-ci est réalisé,
- La fiche de prospection par Panneau Electrique, avec schéma d'implantation dans le village, les positions des électrodes et la position relative du point FB (site de prospection issu de la photo-interprétation)
- La fiche d'interprétation du panneau électrique, avec proposition de positionnement d'un forage.

### 5.1. Préparation des mesures de terrain : photo-interprétations

#### 5.1.1. Choix des images

Jusqu'à récemment, l'identification des fractures dans les zones de socle pour des projets d'hydraulique villageoise se faisait à partir de photographies aériennes analysées en stéréoscopie. Cette approche a toujours présenté un inconvénient majeur : le repérage de ces images souvent anciennes ou très

anciennes (pour la zone du Guéra, les images dates pour la plupart de 1951 à 1954) se fait avec beaucoup de difficultés au sol. En effet, la plupart des repères (routes, habitations, arbres...) n'existent plus sur le terrain et il est très délicat de retrouver sur site un linéament repéré sur l'image. De plus, ces images ne peuvent pas être facilement traitées avec des outils informatiques et les analyses statistiques des linéaments observés sont de fait impossibles. Ces difficultés sont maintenant levées avec les images satellitaires, qui sont facilement géo-référencées. L'inconvénient majeur de ces images est leur faible résolution au regard des photographies aériennes, mais cet inconvénient est sans effet sur le type d'analyse pratiqué ici puisque les linéaments qui peuvent intéresser la recherche d'eau sont tous au minimum de longueur kilométrique donc parfaitement visibles sur les images satellitaires.

Parmi les images satellitaires, les images radar ont rapidement été identifiées comme particulièrement performantes pour l'observation des structures géologiques et pour la cartographie structurale en particulier (Jaskolla *et al.*, 1985, Madon *et al.*, 1985, Yesou *et al.*, 1993). Ces images présentent en effet l'avantage de souligner les traits structuraux et d'accentuer les phénomènes liés à la topographie et à la morphologie (Yesou *et al.*, 1991). Wade *et al.* (2001) remarquent en particulier que les données du radar à système d'ouverture (RSO) de ERS-1 sont particulièrement performantes pour le repérage des structures linéaires indicatrices de failles, de fractures et de contacts lithologiques. Il faut cependant remarquer qu'en l'absence de crédit spécifique, ses travaux ont été conduits à partir d'images disponibles dans son centre de recherche, cet auteur n'a donc pas comparé les images ERS avec d'autres images radar. Il faut rappeler à cet égard que les satellites ERS ont été initiés pour la surveillance des masses océaniques.

Pour les travaux de l'étude en objet, il a été proposé de réaliser l'identification des linéaments à partir des images radar acquises par JERS-1 (opérant dans la bande L -23,5 cm- en polarisation HH, avec une résolution spatiale de 18 mètres). Les angles d'incidence du RSO de JERS-1 sont un peu moins étendus que ceux des satellites ERS utilisés par Wade *et al.* (2001) et les images du JERS-1 sont donc un peu moins sensibles à la géométrie et aux effets de terrain. Mais la grande longueur d'onde de la bande L de JERS-1 (les RSO de ERS fonctionnent dans la bande C -5,66 cm-) permet une plus grande pénétration de l'énergie radar dans la végétation et autres types de surface (par exemple une couverture sableuse).

Les références citées ci-dessus sont :

- Jaskolla, F., Rast, M., and Bodechtel, J. (1985) The use of SAR system for geological applications. p. 41-50, in Proceedings of the workshop on thematic applications of SAR data, Frascati, september 1985, ESA SP-257
- Madon, Z., Trowell, N. F., Berger, B., Ayer, J. A. (1985) Geological investigation and data integration of typical Canadian shield terrain using airborne and satellite imagery including RADARSAT radar - lightning river area, Abitibi greenstone belt, Ontario. Canadian journal of remote sensing, 3:203-206

- Wade, S., Ndoye, A., Mbaye, M., (2001) Fusion d'images optique et radar : application à la cartographie du massif granitique de Bambadji (Falémé, Sénégal oriental), Télédétection, 2 (2):119-127
- Yesou, H., Aing, A., Pion, J.C., Besnus, Y., Rolet, J. (1991) Traitement des images radar SEASAT et intégration aux données SPOT. Comparaison de procédés photographiques et de méthodes numériques. In: Pouget Marcel (ed.). Caractérisation et suivi des milieux terrestres en régions arides et tropicales. Paris : ORSTOM, 1991, p. 213-227. (Colloques et Séminaires). Journées de Télédétection, 2., 1990/12/04-06, Bondy
- Yesou, H., Besnus, Y., Rolet, J., Pion, J.C. (1993) Comparaison SPOT, ER1, SEASET, LANDSAT pour l'investigation géologique. Colloque « De l'optique au radar ». Paris, mai 1993.

### 5.1.2. Préparation des images

Les images utilisées étaient des images radar du satellite japonais JERS (Japanese Earth Resources Satellite), opérant dans la bande L -23,5 cm- en polarisation HH, avec une résolution spatiale de 18 mètres. Elles furent traitées pour réduire l'effet Speckle, puis géoréférencées.

En imagerie radar, chaque élément de l'image se comporte comme une source émettant une onde, elle-même cohérente qui peut interférer en tout point dans l'espace. Cette interférence est à l'origine de tache brillante ou sombre selon la nature de l'interférence. Cet effet est appelé "speckle". La réduction de cet effet se fait par un filtre, le plus souvent un filtre de type adaptatif (par exemple filtre de Lee, filtre de Frost, Gamma, filtre de Kuan). Ici, le filtre Gamma a été appliqué.

Le décodage des images JERS a été effectué à partir du format natif non projeté de chaque image. Les images ont ensuite été géo-référencées en prenant comme référence cartographique des images LANDSAT d'archive, puis ont été mise dans la projection de l'étude.

### 5.1.3. Méthodologie de photo-interprétation

Pour chaque village à photo-interpréter, l'objectif était de déterminer jusqu'à 3 sites de foration (ou plus si possible), classés par priorité. La recherche de failles par photo-interprétation fut circonscrite à un périmètre moyen de 3-4 km autour du village : il s'agissait de rechercher des sites proches du village, pour limiter la distance à parcourir par les bénéficiaires pour s'approvisionner en eau<sup>2</sup>. En cas d'absence de fracture favorable dans les proches environs, le village fut abandonné. Ce fut notamment le cas pour les villages de GOLAOU,

---

<sup>2</sup> Au fur et à mesure de l'avancement du projet, il a été constaté que les sites proposés à la MOD éloignés de plus de 2 km du centre du village étaient systématiquement rejetés par les bénéficiaires. Des sites éloignés de plus de 2 km n'ont été proposés et prospectés que dans de très rares cas, et ont au final toujours été écartés par les bénéficiaires.

TARRO et TABO où aucune fracture potentiellement productive n'a été identifiée dans un rayon de plusieurs kilomètres.

Par interprétation manuelle, la totalité de la fracturation autour d'un village prospecté était mise en évidence, notamment les fractures potentiellement les plus favorables aux écoulements : fractures d'orientation entre N 35° et N 45° et fractures d'orientation entre N 107° et N117°.

Pour chaque zone autour d'un village à traiter, les linéaments étaient localisés à petite échelle (au 1/40 000 environ), ce qui permettait de visualiser les linéaments de plus de 800 m. Un complément de photo-interprétation fut ensuite réalisé au 1/20 000.

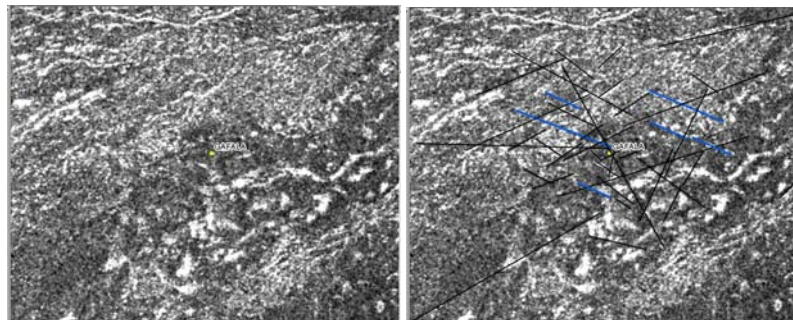
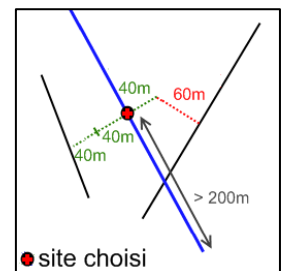


Figure 1. Photo-interprétation du village de Gafala, échelle 1/40 000

Les sites de prospection (appelés chacun « point FB ») sont alors positionnés sur les fractures favorables, au plus près possible du centre du village. La résolution des images étant de 18 m (largeur d'un pixel), il est admis une erreur possible dans le positionnement du linéament de 2 pixels soit 40 m environ. Plusieurs règles permirent de diminuer les risques de forer une fracture défavorable, ou de manquer la fracture favorable lors de la prospection au sol :

- fixer chaque site à au minimum 2x40 m de chaque fracture défavorable si la fracture défavorable est quasi parallèle à la fracture favorable, sinon laisser 40 m perpendiculairement à la fracture défavorable puis 60 m à la fracture favorable,
- fixer chaque site à au moins 200 m de l'extrémité du linéament identifié.



D'autres règles de positionnement furent appliquées :

- ne positionner les sites que dans le bas de la toposéquence : haut glacis, bas glacis et bas fond. Un indice géomorphologique (DROP) permet d'éviter les zones de forte pente identifiées comme fortement défavorables.
- classer les sites du plus proche au plus éloigné,
- toujours positionner un site sur une fracture ayant une orientation préférentielle (en bleue sur les images ci-dessus),
- chaque linéament ne fut prospecté que par un site puisqu'il est admis que si le linéament correspond à une fracture, la géophysique au sol permettra de

localiser précisément cette fracture et que si elle n'est pas productive en un site donné, elle n'a que peu de chance de l'être en un autre site.

Dans la mesure de la précision de la carte topographique au 1/200.000, il fut également tenu compte de l'hydrologie de la région, c'est-à-dire les zones inondables, de la localisation des oueds. Il fut aussi tenu compte de la présence de *mourhal* : les sites de forages furent positionnés à plus de 100 m du tracé des couloirs tel qu'il a été fourni au Projet au format ArcGIS.

#### 5.1.4. Travaux réalisés

La photo-interprétation préalable aux mesures de terrain a été conduite dès début octobre 2009 et s'est poursuivie en novembre et décembre 2009 pour au final porter sur 328 villages sur le Guéra et 33 villages dans le Batha. Ce sont donc 361 fiches dites « cible » qui ont été produites en 2009.

Les 91 villages qui n'ont pas pu faire l'objet d'une photo-interprétation en 2009 ont été traités en juillet 2010 : il s'agissait de villages au nord et à l'ouest de la zone principale, pour lesquels de nouvelles images satellitaires ont du être commandées et traitées.

Quelques villages complémentaires, entrés tardivement dans le programme, ont fait l'objet d'une photo-interprétation en janvier 2011. Ils remplacent des villages qui avaient déjà été photo-interprétés mais sont sortis du programme au cours des travaux.

Au final, ce sont 460 fiches de photo-interprétation dites fiches « cibles » qui ont été préparées.

## 5.2. Formation des chefs d'équipes et des autres opérateurs

Six (6) chefs d'équipe géophysiciens ont été formés à la compréhension des implantations hydrogéologiques et à la méthodologie de prospection, et en particulier aux :

- Techniques d'implantation sur site (boussole, GPS),
- Techniques de mise en œuvre et d'interprétation de l'EM34,
- Techniques de mise en œuvre des panneaux électriques,
- Maniements sommaire des logiciels, Electre2, prosys2, res2dinv
- Protocoles de sauvegardes des données informatiques.

Au final, les experts géophysiciens ont pu vérifier lors de leurs missions que la procédure de mise en œuvre des mesures EM34 et panneaux électriques était parfaitement suivie. La qualité des mesures a été très bonne. Le repérage des mesures sur site pour les implantations ultérieures a été optimisé avec la mise en place de trois, puis cinq repères (centre, fin et début du panneau, électrodes 10 et 38).

Une formation aux inversions des mesures et aux premières consignes d'implantation des forages a également été dispensée, permettant aux équipes de réaliser l'ensemble des séquences de travail. Cette formation a porté sur :

- la définition des paramètres d'acquisition incluant une formation sur le logiciel Electre 2 (qui permet de créer des séquences de mesures pour les panneaux électriques),
- les séquences de traitement avec le logiciel Res2DInv,
- le contrôle qualité *in situ* des données : il s'agissait généralement de comparer les mesures entre elles, de dégager des valeurs moyennes et de juger de la qualité de la mesure en fonction de son écart type par rapport à ces moyennes.
- l'interprétation croisée des données naturalistes, électriques et électromagnétiques.

L'interprétation et l'implantation des forages ont pu être conduites par les chefs d'équipe eux-mêmes à partir du mois de novembre 2010, avec toujours la validation de l'expert géophysicien.

Au-delà des chefs d'équipe, les ouvriers ont été formés à la mise en œuvre des méthodes géophysiques sur site.

### 5.3. Prospection au sol

#### 5.3.1. Principes de travail des équipes de terrain

Pour chaque site, la méthodologie suivante fut mise en œuvre :

- Réception des fiches d'implantation par photo-interprétation (dites fiches « cibles »),
- Validation des sites proposés sur ces fiches par les équipes de la MOD 9<sup>ème</sup> FED, en fonction des paramètres non visibles à la photo satellite (site hors du terroir du village, zones inondables, cimetière, etc....).
- Validation du site et acceptation signée des populations,

Sur site, les équipes de mesure intervenaient alors :

- Implantation des cibles au GPS par les équipes géophysiques et approche naturaliste,
- Réalisation d'un profil d'EM34 de 100 m de longueur centré sur le point FB pour valider ou invalider le linéament issu de la photo-interprétation. Les mesures se font le long d'un axe perpendiculaire à l'anomalie recherchée et à intervalle régulier de 10 m, resserré à 5 m sur 20 m avant et 20 m après le point FB. Les diagrammes dressés à partir des mesures collectées renseignent sur l'existence et la position des anomalies, leur pendage et sur

la conductivité des terrains en place. La comparaison des mesures en mode horizontal et vertical permet d'apprécier la profondeur de recouvrement et la profondeur approximative de l'anomalie.

- A partir de mars 2010, réalisation d'un panneau électrique en configuration Wenner Schlumberger sur un profil de 235 m de longueur (48 électrodes installées tous les 5 m),
- Réalisation d'un panneau en configuration pôle-dipôle directe sur un profil de 235 m de longueur (48 électrodes installées tous les 5 m),
- Réalisation d'un panneau en configuration pôle-dipôle inverse sur un profil de 235 m de longueur (48 électrodes installées tous les 5 m),
- Transfert des données, traitement et interprétation minute, sauvegarde,
- Mise en place de repère pour les forages à suivre (pierres marquant les points clefs du profil, visite du lieu avec les responsables locaux et signatures des documents).

### 5.3.2. Avancement des mesures de terrain

Les équipes de mesure, chacune dirigée par un chef d'équipe géophysicien confirmé ont été mobilisées à compter du 1<sup>er</sup> octobre 2009. Elles ont été déployées sur Mongo à partir du 8 octobre 2009 et ont été démobilisées à l'issue de la première campagne le 5 juillet 2010. Elles ont ensuite été remobilisées le 1<sup>er</sup> octobre 2010 pour être définitivement été démobilisées le 28 février 2011.

Leur programme d'intervention habituel était basé sur un cycle de quatre semaines : trois semaines de mesure continues suivi d'une semaine de récupération. Les missions de terrain ont pu être allongées pour s'adapter aux missions des experts géophysiciens qui ont assuré la formation des équipes et la validation des mesures.

Au total, les équipes ont été mobilisées sur le terrain pendant 302 jours sur une période de 429 jours, le reste du temps ayant été employé pour de la formation, de l'entretien de matériel, du transport depuis et vers N'Djamena et du repos. Elles ont conduit les mesures sur 448 villages. Les trois équipes ont donc couvert une moyenne de 1,04 village par jour calendaire de mobilisation (ou 1,48 villages par jour de terrain, hors transport de et vers N'Djamena), conforme aux prévisions.

Le graphique ci-après montre que la progression des mesures, rapide au lancement de la campagne, s'est ralentie avec la dégradation des conditions climatiques (fortes températures puis début des pluies) et l'arrivée dans des zones où les contacts au niveau des électrodes au sol étaient difficiles à établir.

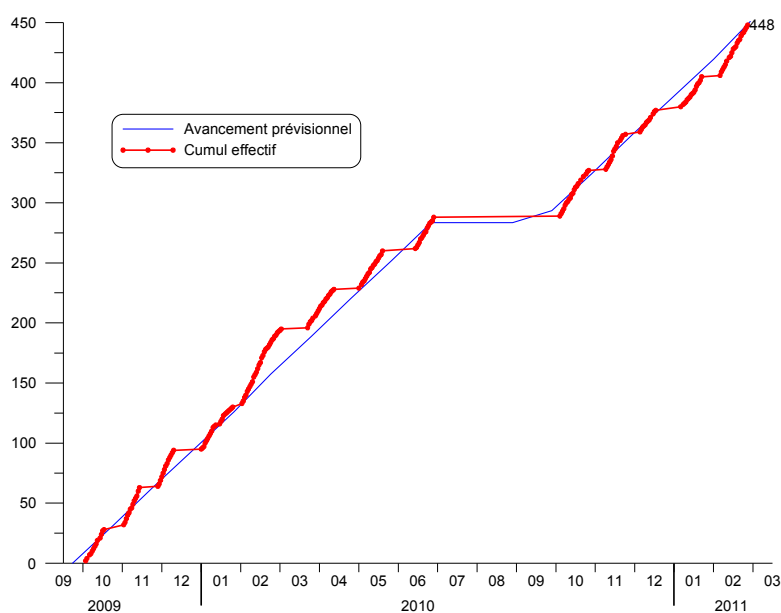


Figure 2. Avancement des mesures de terrain

Au total, ce sont 979 profils de conductivité EM qui ont été réalisées sur 979 sites répartis sur 448 villages. Ils ont conduit à la réalisation de 828 panneaux de résistivité électrique : pour 85% des linéaments identifiés par photo-interprétations, les profils EM ont mis en évidence une anomalie de résistivité électrique<sup>3</sup> qui a ensuite été reconnue en détail par un panneau de résistivité (voir en annexe le détail des profils EM34 correspondants). Ce résultat confirme la bonne correspondance entre le linéament identifié par photo-interprétation sur les images radar et l'existence d'une anomalie géophysique.

#### 5.4. Avancement des implantations finales

Au cours de la première campagne (campagne 2009-1010), l'interprétation des mesures n'a pas pu se faire comme prévu initialement par les chefs d'équipe géophysiciens au fur et à mesure de l'avancement. En effet, de nombreuses difficultés opérationnelles ont contrarié cette organisation : nécessité de concentrer la formation initiale sur la prise de mesure, nécessité de démarrer la formation à l'utilisation des outils logiciels nécessaires à la prise de mesure et à la sauvegarde des données... Les travaux d'interprétation ont donc été conduits par les personnels du siège, avec une validation par l'expert géophysicien Jean-Marc Ragot intervenant lui aussi à partir du siège. Au cours de la seconde campagne (campagne 2010-2011), avec l'avancement de la formation aux outils d'interprétation, les chefs d'équipe ont été en mesure de réaliser des interprétations (non pas sur le terrain mais préférentiellement à la base de Mongo) qui étaient ensuite validées par les experts géophysiciens.

<sup>3</sup> La mise en évidence de l'anomalie de résistivité en EM34 sur fait sur la représentation graphique (cf. chapitre 5.3.1, Principes de travail des équipes de terrain) des mesures.



### 5.4.1. Principes

Les mesures sur le terrain portent sur les résistivités électriques apparentes des terrains mesurées en surface. Les logiciels d'inversion utilisent des algorithmes qui, à la grille de résistivités apparentes, associent un modèle de résistivités vraies en 2D.

Dans la plupart des applications du panneau électrique et notamment dans le cas d'un socle fracturé sous recouvrement, la complexité du milieu non tabulaire et les artéfacts possibles du logiciel rendent difficile l'interprétation des résultats de la prospection électrique : il faut donc rechercher une image 2D simplifiée du sous-sol, qui décrive clairement les contrastes de résistivités et leurs interfaces. Cette image est forcément biaisée : **à une distribution de résistivités apparentes mesurées en surface peuvent correspondre plusieurs modèles de résistivités vraies**. De même si l'on réalise les mesures avec différents dispositifs (par exemple Wenner-Schlumberger puis Pôle-Dipôle), les modèles obtenus peuvent être différents. Le but de la méthodologie d'interprétation mise en place fut d'interpréter au mieux ces résultats, en corrélant au maximum les différentes mesures.

Une fiche d'interprétation fut réalisée pour chaque site prospecté. Cette fiche regroupe :

- la courbe des conductivités, résultat de la prospection électromagnétique à l'EM34,
- le modèle des résistivités vraies construit par le logiciel Res2DInv : données Wenner-Schlumberger (WS) si elles sont disponibles, puis données Pôle-Dipôle (PDP),
- le modèle des résistivités vraies construit par le logiciel DC2DInv lorsque celui-ci a été utilisé en complément de Res2DInv.

### 5.4.2. Interprétations conduites

L'interprétation a porté sur les 828 panneaux électriques réalisés. Chaque panneau interprété est unique et décrit des structures distinctes. En jouant sur l'échelle de représentation des résistivités du panneau, des structures peuvent être mises en évidences plus ou moins clairement. Ces structures peuvent être classifiées de la manière suivante :

1. structure fermée sub-verticale : présence d'un conducteur localisé entre deux encaissants résistants (zone fissurée étroite)
2. structure fermée avec pendage : structure interprétée de la même manière que la fracture sub-verticale. Il convient de visualiser le pendage et d'implanter où le forage touche le conducteur sous le niveau statique de la nappe (en général, le niveau statique est estimé à 30-40 m).

3. structure ouverte : En général, la structure ouverte est visualisée uniquement avec l'outil DC2DInv. Res2DInv interprète les mesures par un modèle avec compartiment effondré.
4. structure à gradient lâche : structure ne montrant pas de contrastes verticaux francs et de grandes amplitudes.
5. structure massive : structure ne présentant pas de fracture dans l'environnement immédiat du point FB.
6. structure à zone conductrice large.

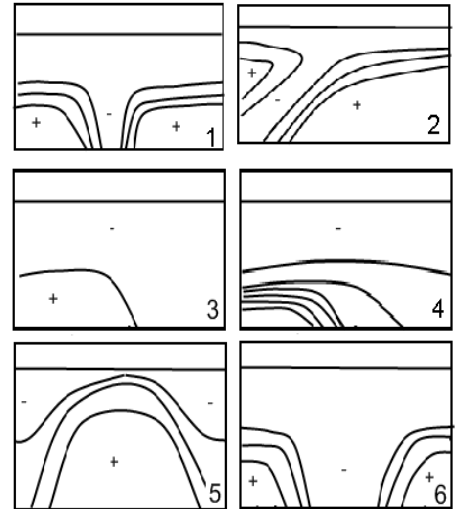


Figure 3. Schémas des structures visualisées sur les panneaux électriques. Les signes + localisent les terrains résistants, les signes - les terrains négatifs.

Les premiers résultats de forage ont clairement montrés que les sites où aucune structure (telle que décrite ci-dessus) n'a été clairement mise en évidence sont défavorables, les forages y étant négatifs.

Sur ces structures (sauf type 5), ce sont donc 550 sites de forages qui sont proposés sur 379 villages. Pour 230 de ces villages, un seul site de forage est proposé.

#### 5.4.3. Cas particulier des villages sans site proposé

Pour 69 villages, aucun site de forage ne fut proposé avec la prospection mise en œuvre. Ces villages correspondent à des situations particulières :

- Il peut s'agir de sites où l'anomalie géophysique dans le socle n'est pas visible à l'échelle de travail (espacement de 5 m des électrodes), car par exemple correspondant à un plan de fracture avec un zone broyée très peu épaisse. Il semble que les taux de succès soient meilleurs lorsque les structures sont larges ou ouvertes que lorsqu'elles sont fermées et fines. C'est peut être ici une des limites de la méthode : en cas de structure peu large, la zone productive est limitée mais la résolution latérale de la prospection au sol ne peut être améliorée (par exemple avec un espacement des électrodes à 2,5 m) sans significativement dégrader la profondeur d'investigation.
- Les forages tentés sur des structures géologiques à faible contraste (structure peu marquée sur le panneau électrique) se sont révélés négatifs. Les 3 sites concernés sont AMBAZIRA site 1, DAGUELA site 1 et NIKHEL site 2. Les implantations proposées par la suite ont exclu les structures les moins bien marquées.

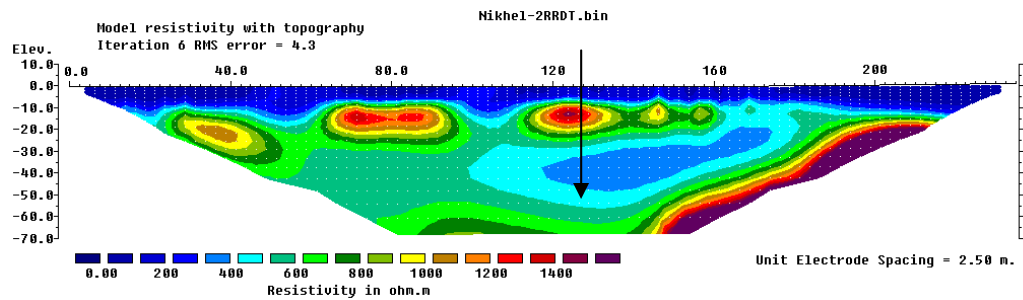


Figure 4. Panneau des résistivités interprétées des mesures en pôle-dipôle du village de Nikhel, site 2. Le forage a été tenté à 132,5 m sur le panneau, au droit d'une anomalie peu marquée visible à partir de 50 m de profondeur.

- Il peut aussi s'agir de village sous fort recouvrement (la technique en pôle-dipôle ne permettant pas une profondeur d'investigation supérieure à 60 ou 70 m dans le contexte du Guéra. Les forages tentés sur des sites globalement conducteurs (zones de fort recouvrement conducteur, souvent en deçà de 200  $\Omega.m$ ) se sont révélés négatifs pour 4 forages (MEBRA site 2, MABONO site 2, MOSSO site 2 et SEGUEGOULA site 2) sur 5 (forage positif à AM HABILE site 1). Les implantations sur des structures identifiées en zone conductrice ne furent plus proposées par la suite sauf dans les cas où le socle résistant était vu en profondeur (souvent au-delà de 50 m, à la limite de la profondeur d'investigation du dispositif) et montre lui-même un prolongement de la structure vue dans le recouvrement. Selon les résultats des premiers forages sur ce type d'implantation, ces sites pourraient aussi être abandonnés.

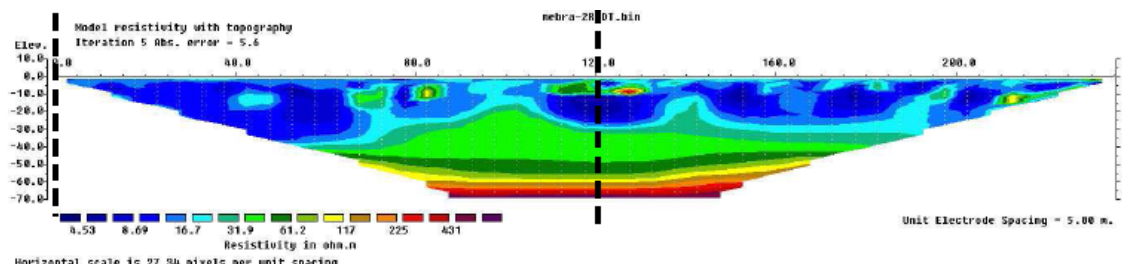


Figure 5. Panneau des résistivités interprétées des mesures en pôle-dipôle du village de Mebra, site 2. Le forage a été tenté sans succès à 120 m sur le panneau, dans des terrains très conducteurs (ici moins de 100  $\Omega.m$ ).

- Il peut encore s'agir de sites pour lesquels le panneau de résistivité montre des résistivités très faible dans la zone de l'anomalie, indiquant un comblement par des argiles.

Il convient de rappeler ici qu'une méthodologie de prospection différente, adaptée aux contextes géologiques de ces sites, pourrait permettre d'identifier des sites de forage. La carte de la Figure 6 montre que ces 69 villages sont également répartis sur la zone.

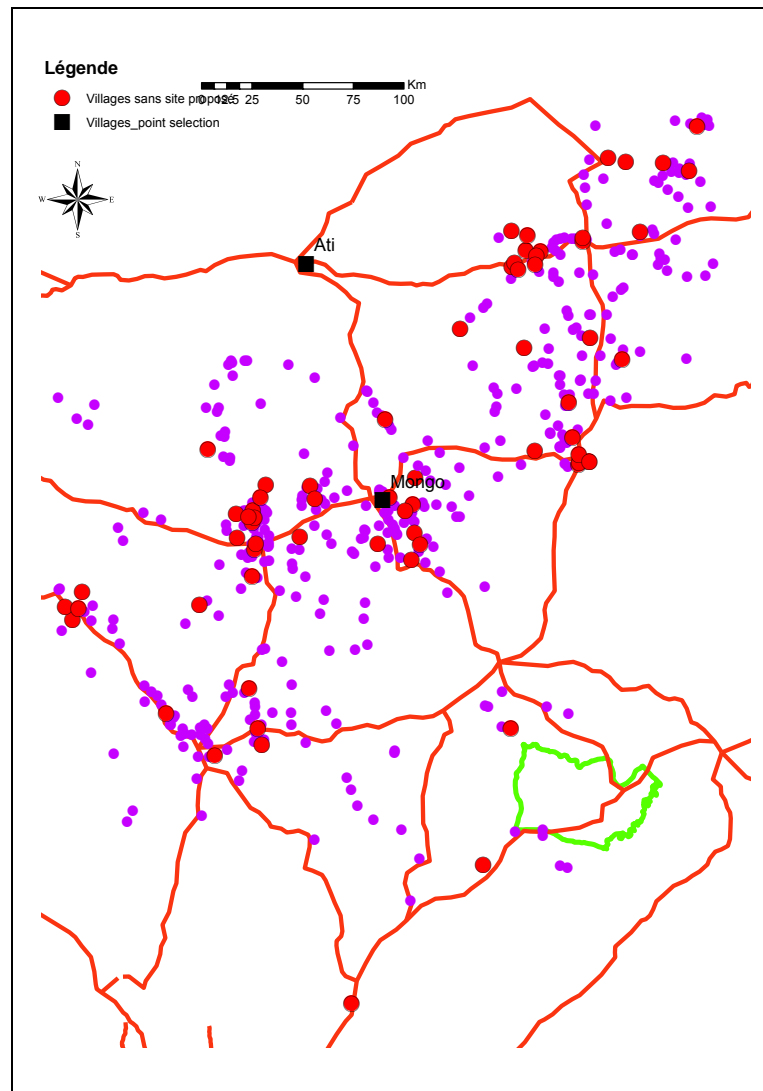


Figure 6. Carte des villages sans site de forage proposé

## 5.5. Succès des implantations et difficultés particulières

### 5.5.1. Travaux préparatoires : 4 premiers forages pour optimiser l'interprétation

A la suite des premiers forages négatifs, des difficultés d'interprétation des mesures qui n'étaient pas identifiées jusque là ont été mises en évidence : elles viennent essentiellement du fait du contexte géologique de la zone qui montre souvent une couverture très conductrice (moins de 100  $\Omega$ .m) en tête souvent sur plus de 40 m d'épaisseur et un socle résistant (au-delà de 2000  $\Omega$ .m) sous-jacent, mais également souvent des blocs résistants (probablement un paléosol) dans le conducteur. Les experts géophysiciens ont soumis les jeux de données à M. Loke, le fondateur de Geotomo Software et concepteur du logiciel

d'interprétation RES2DINV<sup>4</sup> qui n'a cependant pas pu proposer de solution d'interprétation stable pour le contexte géologique du Guéra : les résultats proposés pour l'inversion simultanée des panneaux en mesure directe et en mesure inverse peuvent largement différer des interprétations des seules mesures directes ou inverses faites par RES2DINV ou par un outil de validation, DC2DINV (outil open-source de Resistivity.net)<sup>5</sup>.

Dans le cas des premiers forages négatifs, il est apparu que l'interprétation des mesures de panneaux électriques issue du logiciel RES2DINV n'était pas satisfaisante. En effet, au-delà de l'absence de débit sur ces forages, c'est plus l'absence de zone fracturée qui a été surprenante. Cette absence de concordance entre interprétations et fracturation reconnue en forage a été mise en évidence sur quatre sites : Al Ibeit site 1 à 95 m le long du panneau électrique puis toujours sur le site 1 à 117,5 m, Al Ibeit site 2 à 100 m et enfin Hileleo Oyo site 1 à 145 m. Sur ces 4 premiers sites négatifs, les anomalies de résistivité sont déplacées jusqu'à 50 m entre l'interprétation des deux séries de mesure et les interprétations séparées de chacune des séries. La difficulté vient ici de la dissymétrie des données en pôle-dipôle.

A ce jour, et bien que ce dispositif pôle-dipôle soit le plus performant pour les largeurs d'anomalie et les profondeurs recherchées dans le socle, aucune solution d'interprétation stable pour tous les modèles géologiques de la zone n'a été développée. Pour contourner cette difficulté, les équipes sur le terrain ont systématisé des mesures complémentaires avec un dispositif Wenner-Schlumberger qui permet d'apporter une solution stable sur les 30 premiers mètres du sous-sol approximativement. Les interprétations suivantes furent réalisées, pour les moins stables, par itérations manuelles et comparaison des modèles proposés pour chacun des dispositifs, **avec pour conséquence une durée d'interprétation considérablement allongée.**

### 5.5.2. Analyse des résultats de la foration jusqu'à fin mars 2011

Les analyses qui sont présentées ci-après excluent les 4 premiers forages dont il est fait mention ci-dessus.

Pour rappel, les meilleurs taux de succès des forages dans le Guéra ont été ceux des programmes PNUD qui ont déployés de très importants moyens humains : les projets CHD/85/004 et CHD/90/001, avec des taux de succès de respectivement de 44 et 42% tels que rapportés par M. Gombert<sup>6</sup> pour un

<sup>4</sup> Le logiciel commercial développé par Geotomo Software (en particulier par M. Loke) et le plus largement utilisé dans le monde.

<sup>5</sup> Rappelons que l'interprétation des mesures suppose des terrains théoriquement homogènes latéralement. Dans la réalité, il peut exister des variations latérales fortes en trois dimensions. De ce fait, l'interprétation limitée à deux dimensions ne pourra jamais résoudre cette dimension manquante. C'est pourquoi dans le cas où les variations latérales sont très importantes, l'inversion des panneaux directs et reverses donnera des résultats légèrement différents et ne pourra fournir de solution parfaite.

<sup>6</sup> Gombert, P. (1999) Stratégie de prospection hydrogéologique du socle en bordure orientale tchadienne par optimisation du nombre et de la profondeur des sondages de

objectif à 0.5 m<sup>3</sup>/h. En confrontant les enregistrements des forages dans la base de donnée PROGRES et les forages retrouvés lors d'une campagne de terrain, le taux moyen de succès des programmes précédents dans le Guéra a été estimé à 40%<sup>7</sup> à 0.7 m<sup>3</sup>/h comme le montre le graphe ci-dessous.

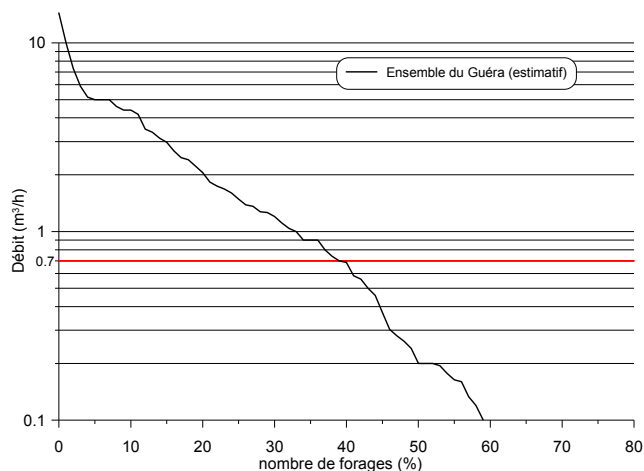


Figure 7. Fréquence cumulée des forages existants dans le Guéra en fonction de leur débit

A fin mars 2011, 282 forages ont été réalisés dans le Guéra par le 9<sup>ème</sup> FED sur les implantations données par la géophysique. De ces 282 forages il faut exclure les 4 premiers forages réalisés (calage de la procédure, voir ci-dessus). L'analyse ci-après porte donc sur 278 forages. 131 de ces 278 forages montrent un débit au soufflage supérieur ou égal à 0.5 m<sup>3</sup>/h, soit près de 48%. Ce résultat est meilleur que ce qui a pu être obtenu sur toutes les campagnes antérieures comme l'illustre le graphique ci-après.

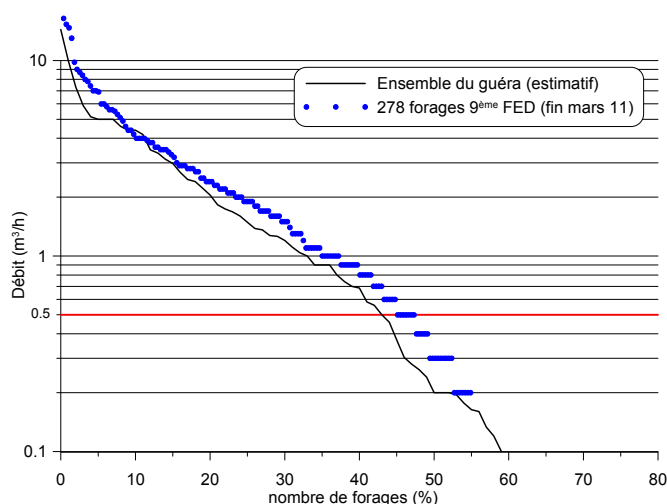


Figure 8. Fréquence cumulée des forages du 9ème FED en fonction de leur débit

reconnaissance, Rev. Sci. Eau 12/3(1999):597-608

<sup>7</sup> Etude du potentiel hydrogéologique dans les zones de socle du Guéra, Rapport Final Définitif, Egis Bceom International, Juin 2009

Au-delà de cette première satisfaction, il reste surprenant que le taux de succès des forages du 9<sup>ème</sup> FED ne soit pas plus élevé : en effet, les cibles visées (fractures orientées N40 ou N112 en dehors des proximités de reliefs) doivent permettre d'atteindre des taux de succès encore meilleurs une fois calées les procédures d'interprétation des mesures. Une analyse détaillée des forages a été conduite, qui montre les résultats suivants :

- Les forages qui visent les fractures orientées N112 sont globalement positifs, avec plus de 55% de taux de succès.

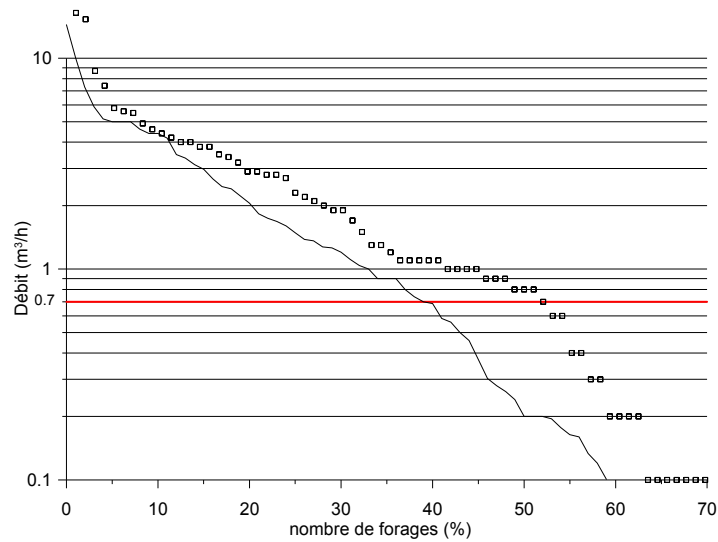


Figure 9. Fréquences des forages aux fractures N112

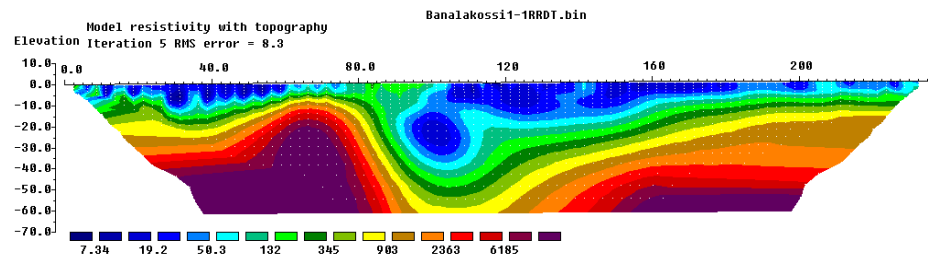


Figure 10. Panneau des résistivités interprétées des mesures en pôle-dipôle du village de Banala Kosso, site 1. Le forage a été réalisé à 110 m pour un débit de 2,8 m<sup>3</sup>/h.

- Dans le choix des implantations des sites de forage, il avait été fait l'hypothèse que les sites positionnés dans les bas glacis et les bas fonds ne devaient pas être moins productifs que les sites positionnés sur les hauts glacis. Il avait en effet été admis que si les taux de succès dans ces zones ont jusqu'à présent été plus faibles que dans les hauts glacis, la cause principale devait être recherchée dans la difficulté d'application des méthodes géophysiques employées alors (du fait de la forte épaisseur de couverture sur le socle) plutôt que dans la faible productivité des fractures. Au stade actuel des travaux, cette hypothèse apparaît vérifiée : le taux de succès des forages dans les bas glacis et bas fonds est même relativement élevé avec 52% (à 0.5 m<sup>3</sup>/h). Il faut d'ailleurs remarquer que les deux ouvrages les plus productifs (Hilele Bedio à 14.7 m<sup>3</sup>/h et Djimli I à 16.4 m<sup>3</sup>/h) sont positionnés vers le bas de la topo-séquence, dans les bas fonds. Au

passage, ce résultat valide également la méthode de prospection retenue : la photo-interprétation sur image radar associée à la méthode des panneaux électriques semblent tout à fait efficaces pour identifier des zones fracturées sous couverture.

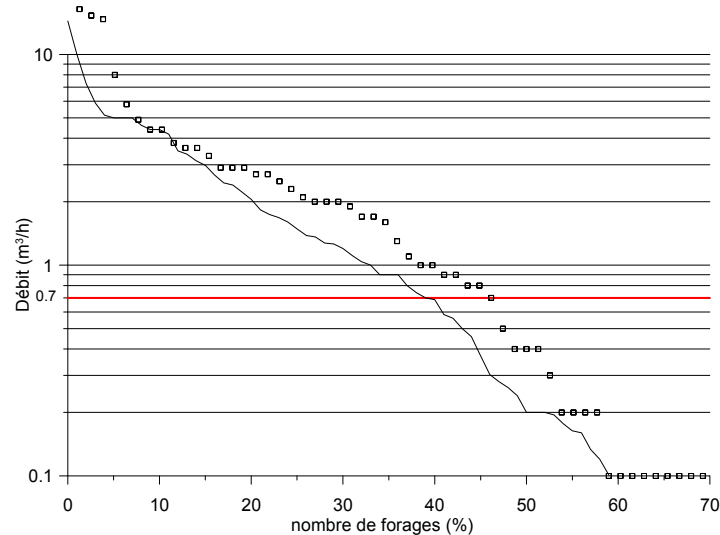


Figure 11. Fréquences des forages implantés dans les bas-fonds et bas-glacis

- La surprise vient de la faible performance des 25 forages implantés dans les hauts-glacis, avec un taux de succès significativement plus faible. Ces forages montrent 2 groupes : les forages réalisés à proximité des versants sont globalement peu performants, alors que les forages réalisés en limite des bas-glacis montrent de meilleurs taux de succès.

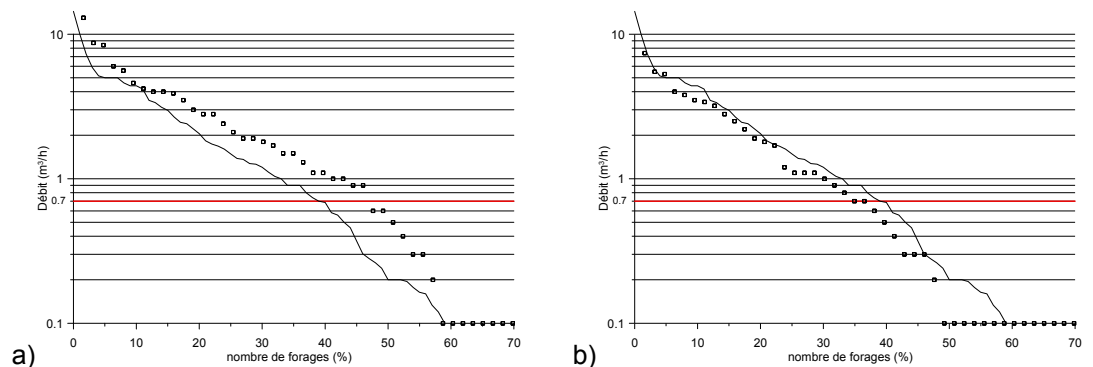


Figure 12. Fréquences des forages implantés dans les hauts-glacis, suivant qu'ils soient proches ou non des versants

La plupart de ces forages sont positionnés sur des structures fermées peu larges qui se révèlent non productives dans plus de 60% des cas alors qu'elles correspondent bien aux fractures ciblées, qu'elles apparaissent bien marquée sur les panneaux électriques et que la fracturation est souvent observée en cours de foration. La qualité de l'inversion des modèles de résistivités dans ces contextes peut certainement être discutée dans le cas de terrains fortement résistants dès la sub-surface, notamment dans le cas des mesures dissymétriques en pôle-dipôle.



Les sites de plusieurs forages négatifs de ce groupe présentent la particularité soit de montrer un profil de faibles résistivités, soit de correspondre à l'intersection de deux fractures, soit de cumuler ces 2 particularités. Il n'y a dans ce groupe aucun forage positif sur une intersection de fracture (certainement du fait des effets latéraux lors de l'interprétation des panneaux de résistivité qui perturbent le résultat) ou dans un profil faiblement résistant. On peut ici s'interroger sur l'efficacité de la méthode de prospection dans ces 2 contextes.

- L'analyse détaillée des forages a également montré que pour 28 des forages (21 négatifs et 7 positifs), la foration n'a pas été réalisée à l'endroit préconisé par la prospection géophysique malgré la vigilance des hydrogéologues : les repères sur site ont été déplacés de 25 m à plus de 300 m dans certains cas. Ce problème a rapidement été identifié et les repères ont été réalisés en 3 puis en 5 points, ce qui évite leur déplacement. Il reste cependant de nombreux sites traités avec un seul repère et l'on s'attend sur ces sites à de nouveaux déplacements intempestifs. Des déplacements sont également réalisés après positionnement du piquet, quelquefois de quelques mètres seulement, mais suffisamment pour perdre le bénéfice de la prospection au mètre près par panneau électrique. Dans une campagne comme celle-ci où les forages ne se font pas immédiatement après la géophysique, il est particulièrement important d'informer les bénéficiaires des risques encourus en termes de résultats de la foration en cas de déplacement des repères.

## 6. Analyse et perspectives

Les résultats des forages réalisés à ce jour<sup>8</sup> sur les points d'implantations proposés dans le cadre des travaux décrits ci-dessus, sont significativement meilleurs que tous les programmes précédemment conduits dans cette région. Ce résultat démontre globalement le bien fondé des hypothèses sur lesquelles ont été basées les implantations :

- les résultats sur les forages ciblant des fractures orientées N112 sont globalement très positifs,
- les résultats sur les forages ciblant des fractures orientées N40 sont plus mitigés, l'hypothèse selon laquelle ces fractures sont toujours productives est visiblement erronée, notamment dans la zone sud-ouest du Guéra.
- Les forages réalisés dans la zone basse de la topo-séquence (bas-glacis et bas-fonds) sont globalement positifs, ce qui permet maintenant d'affirmer que ce secteur où le recouvrement au dessus du socle est important, reste productif. Les faibles résultats enregistrés jusqu'alors dans ces zones peuvent maintenant être clairement attribués à la méthode de prospection :

---

<sup>8</sup> forages dans le Guéra à fin mars 2011

sous fort recouvrement, le panneau électrique permet d'identifier et de positionner l'anomalie avec une précision satisfaisante, ce que ne permettaient pas les profils électriques réalisés avant le présent projet.

- Dans la partie haute de la topo-séquence par contre, le bénéfice de la prospection par panneau électrique n'est pas aussi net. Il semble ici que l'inversion des mesures en pôle-dipôle s'accommode mal des valeurs fortement résistantes du socle. Tout se passe comme si l'anomalie était décalée de quelques mètres par rapport au résultat de l'inversion, d'où des forages qui montrent une fracturation, mais pas dans un secteur où la productivité est suffisante, comme si le forage était positionné en bordure de zone broyée.
- L'applicabilité au Batha de la méthode mise en place pour le Guéra reste discutable : il n'y a pas lieu de penser que les cibles identifiées dans une zone particulière soumises à certaines contraintes tectoniques, puissent être obligatoirement les mêmes dans une région voisine. En ce sens, il faut regretter que l'étude sur le potentiel hydrogéologique du Guéra n'ait pas été répétée au Batha en préalable à l'implantation de forages de 112 villages dans cette zone.

Si les hypothèses sur l'occurrence de la ressource en eau sont globalement vérifiées par les forages, des résultats encore meilleurs peuvent être attendus maintenant que cette ressource est mieux comprise, par une meilleure organisation et adaptabilité des équipes en charge de l'implantation. En effet, les apports technologiques récents ne se substituent pas aux investissements en terme de ressources humaines (cf. les résultats du projet PNUD, peu avancé technologiquement mais très bien doté en ressources humaines). En ce sens, l'organisation du présent projet, contrainte par des conditions budgétaires particulières, doit rester une exception :

- En termes de proximité du forage par rapport au village : des observations de terrain (étude hydro-géomorphologique) associées à l'étude par photo-interprétation sont évidemment bénéfiques. Ces observations peuvent permettre d'identifier le prolongement d'un linéament qui n'est pas apparent à la photo-interprétation, permettant ainsi d'implanter le forage au plus près des utilisateurs. Dans des campagnes à venir, il conviendra donc de mobiliser un hydrogéologue de terrain pendant la durée de la campagne, de sorte à ne pas baser l'implantation des points de mesure sur la seule photo-interprétation, mais au minimum à coordonner cette photo-interprétation avec une visite sur site avant la mise en œuvre des mesures de terrain ;
- En terme de choix des cibles : si, au niveau régional, des cibles communes ont pu être identifiées (fractures N40, sauf en zone sud-ouest, et N112), il reste évident que localement, d'autres fractures peuvent être productives (notamment du fait de l'effet des reliefs sur les contraintes tectoniques). Ici encore, seule l'étude hydro-géomorphologique permettra de repérer ces cibles potentielles dans des villages où les cibles régionales ne sont pas présentes ou trop éloignées. Ici encore, dans le but de satisfaire le plus

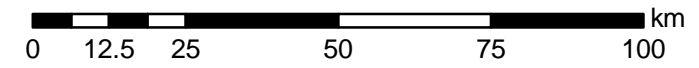
grand nombre des villages du programme, la présence d'un hydrogéologue au fur et à mesure de l'avancement est nécessaire pour identifier ces cibles potentielles ;

- Cette présence d'un hydrogéologue est également nécessaire pour actualiser les travaux de photo-interprétation au fur et à mesure de l'entrée et de la sortie de villages dans le programme ;
- Elle est enfin indispensable pour analyser, au fur et à mesure, les résultats des forages sur les sites proposés et réorienter, en temps réel, les choix d'implantation des forages, notamment en ce qui concerne la position du forage par rapport aux anomalies, la résistivité de la zone productive (fonction de la pétrographie locale) visée ou le type d'anomalie productive ou non.
- Avec toujours pour objectif de proposer des solutions réalistes (en terme de taux de succès potentiel) de forage au plus grand nombre des villages d'un programme, il convient de s'assurer que la méthode de prospection géophysique employée au final pour positionner le forage au mètre près soit chaque fois adaptée au contexte géologique particulier du village. Il s'agit par exemple d'être capable de mettre en œuvre un dispositif pôle-pôle dans le cas d'un recouvrement de plus de 50 m (et donc de pouvoir réagir une fois constaté que le recouvrement est important sur tel ou tel autre site). Ou dans le cas d'anomalie mal marquée dans un socle résistant pour un espacement de 5 m, d'être capable de recommencer les mesures avec un espacement d'électrodes plus faible. Pour cela, il est indispensable que les équipes de géophysiciens, coordonnées par un hydrogéologue de terrain (voir plus haut), fassent partie intégrante de la MOD et puissent être mobilisées en fonctions des besoins et avec les méthodes adaptées, à l'avancement des opérations de forage.

## **Annexe 3**

**Carte de localisation des villages,**

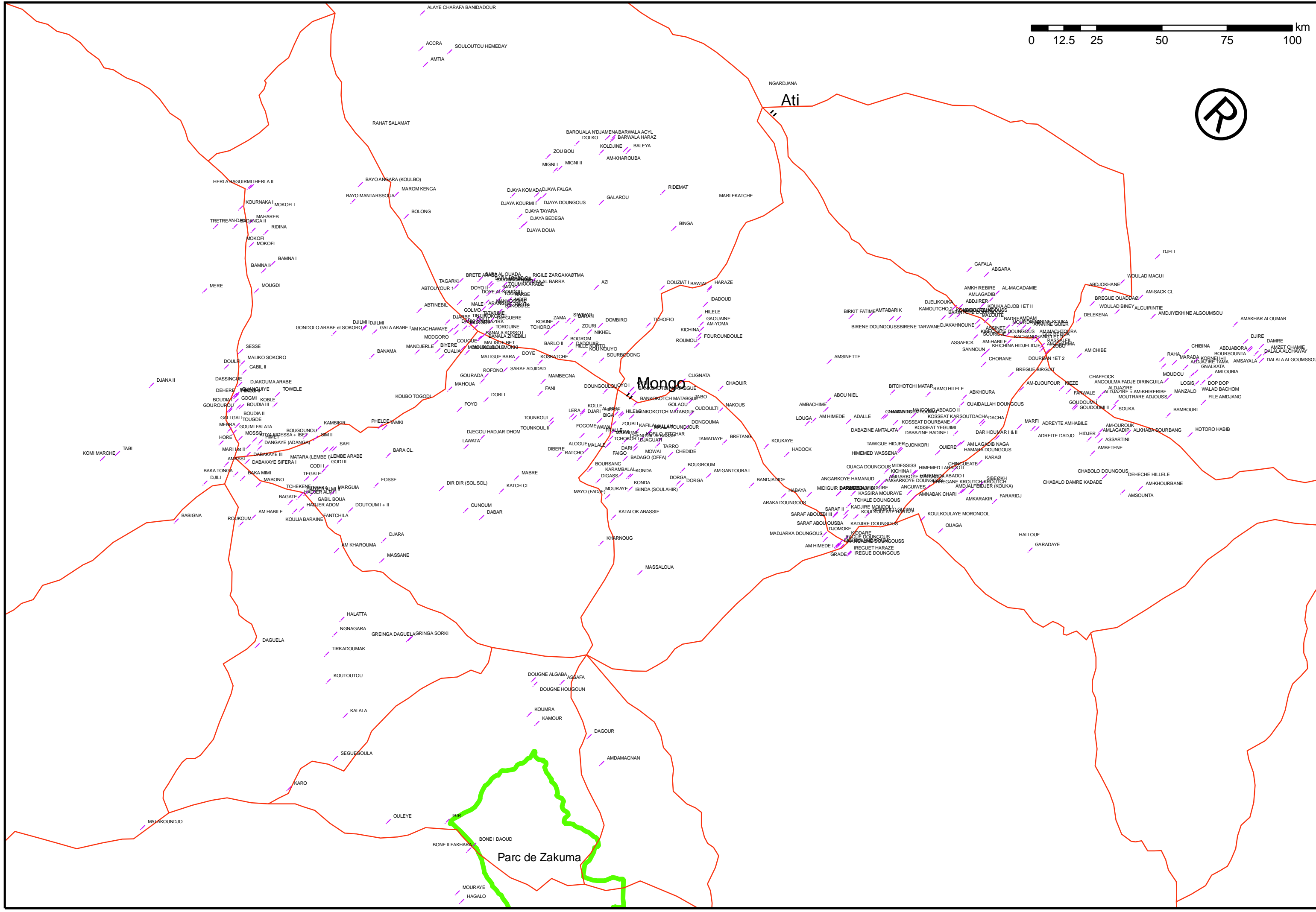
**Liste des villages prospectés avec leurs coordonnées**



Ati

Mongo

Parc de Zakuma



| REGION | CANTON      | VILLAGE                   | QUARTIER | ID_PE_9FED | XCOORD   | YCOORD      | DATE DE MESURE |
|--------|-------------|---------------------------|----------|------------|----------|-------------|----------------|
| BATHA  | DHOK        | ABDJABORA                 |          | B305F01    | 20.16389 | 13.8125     | 16/11/2010     |
| BATHA  | KOUKA ADJOB | ABDJIRER                  |          | B220F01    | 19.33389 | 13.20444444 | 12/10/2010     |
| BATHA  | ZIOUD       | ABDJOKHANE                |          | B344F01    | 19.64722 | 13.59638889 | 17/10/2010     |
| BATHA  | KOUKA ADJOB | ABGARA                    |          | B219F01    | 19.31806 | 13.34611111 | 09/10/2010     |
| BATHA  | SULTANAT    | ACCRA                     |          | B383F01    | 17.35306 | 12.495      | 09/01/2011     |
| BATHA  | MASSALAT    | ADREITE DADJO             |          | B241F01    | 19.81972 | 13.08694444 | 09/02/2011     |
| BATHA  | MASSALAT    | ADREYTE AMHABILE          |          | B247F01    | 19.83139 | 13.095      | 23/02/2011     |
| BATHA  | MASSALAT    | AFANINE GUIER             |          | B243F01    | 19.64333 | 13.31555556 | 08/02/2011     |
| BATHA  | KOUKA ADJOB | AFFANINE KOUKA            |          | B212F01    | 19.54222 | 13.31       | 21/10/2010     |
| BATHA  | SULTANAT    | ALAYE CHARAFA BANIDADOUR  |          | B446F01    | 17.26583 | 12.585      | 07/01/2011     |
| BATHA  | MASSALAT    | ALDJAZIRE                 |          | B253F01    | 19.90556 | 13.34472222 | 27/10/2010     |
| BATHA  | MASSALAT    | ALDJAZIRE + AM-KHIRERIBE  |          | B270F01    | 19.90611 | 13.325      | 27/10/2010     |
| BATHA  | DHOK        | ALDJAZIRE TAMA            |          | B301F01    | 20.04667 | 13.61055556 | 18/11/2010     |
| BATHA  | MASSALAT    | ALKHABA SOURBANG          |          | B260F01    | 20.06778 | 13.31055556 | 16/10/2010     |
| BATHA  | KOUKA ADJOB | AL-MAGADAMIE              |          | B225F01    | 19.39167 | 13.32694444 | 10/10/2010     |
| BATHA  | ZIOUD       | AM CHIBE                  |          | B339F01    | 19.75361 | 13.37722222 | 07/01/2011     |
| BATHA  | MASSALAT    | AM MACHTOURA              |          | B266F01    | 19.59417 | 13.31194444 | 22/11/2010     |
| BATHA  | DHOK        | AMAKHAR ALOUMAR           |          | B293F01    | 20.06222 | 13.83777778 | 17/11/2010     |
| BATHA  | MASSALAT    | AMBETENE                  |          | B265F01    | 20.03    | 13.17194444 | 22/06/2010     |
| BATHA  | MASSALAT    | AM-CHARMA                 |          | B235F01    | 19.64361 | 13.30055556 | 07/10/2010     |
| BATHA  | MASSALAT    | AMDAM                     |          | B245F01    | 19.51056 | 13.29583333 | 19/10/2010     |
| BATHA  | ZIOUD       | AMDJIYEKHINE ALGOUMSOU    |          | B346F01    | 19.83861 | 13.65444444 | 19/10/2010     |
| BATHA  | MASSALAT    | AM-DJOUFOR                |          | B231F01    | 19.69194 | 13.15444444 | 23/06/2010     |
| BATHA  | MASSALAT    | AM-HABILE                 |          | B236F01    | 19.52139 | 13.25666667 | 18/11/2010     |
| BATHA  | MASSALAT    | AMKARAKIR                 |          | B268F01    | 19.72028 | 12.82916667 | 22/02/2011     |
| BATHA  | MEDOGO      | AM-KHAROUBA               |          | B127F01    | 18.05778 | 12.69222222 | 16/02/2011     |
| BATHA  | MASSALAT    | AM-KHOUBANE               |          | B261F01    | 20.23861 | 13.20333333 | 12/01/2011     |
| BATHA  | KOUKA ADJOB | AMLAGADIB                 |          | B222F01    | 19.39222 | 13.29555556 | 11/10/2010     |
| BATHA  | MASSALAT    | AMLAGADIP                 |          | B240F01    | 19.99944 | 13.2275     | 20/06/2010     |
| BATHA  | DHOK        | AMLOUBIA                  |          | B312F01    | 20.13028 | 13.64722222 | 23/11/2010     |
| BATHA  | MASSALAT    | AM-OUROUK                 |          | B246F01    | 19.99417 | 13.24694444 | 14/10/2010     |
| BATHA  | ZIOUD       | AM-SACK CL                |          | B350F01    | 19.75833 | 13.67055556 | 18/10/2010     |
| BATHA  | DHOK        | AMSAYALA                  |          | B306F01    | 20.18722 | 13.81888889 | 14/11/2010     |
| BATHA  | MASSALAT    | AMOUNTA                   |          | B238F01    | 20.20361 | 13.15222222 | 26/06/2010     |
| BATHA  | MESMEDJE    | AMTABARIK                 |          | B277F01    | 19.13333 | 12.96111111 | 21/06/2010     |
| BATHA  | SULTANAT    | AMTIA                     |          | B421F01    | 17.40417 | 12.4675     | 10/01/2011     |
| BATHA  | DHOK        | AMZET CHAMIE              |          | B300F01    | 20.21083 | 13.84361111 | 15/02/2011     |
| BATHA  | DHOK        | ANGOULMA FADJE DIRINGUILA |          | B307F01    | 20.03083 | 13.53111111 | 09/12/2010     |
| BATHA  | MASSALAT    | ASSARTINI                 |          | B233F01    | 20.01778 | 13.22138889 | 19/06/2010     |
| BATHA  | KOUKA ADJOB | ASSINET                   |          | B221F01    | 19.45167 | 13.25527778 | 16/10/2010     |
| BATHA  | KOUKA ADJOB | BADRE                     |          | B217F01    | 19.52528 | 13.30805556 | 24/11/2010     |
| BATHA  | MEDOGO      | BALEYA                    |          | B142F01    | 18.12139 | 12.76111111 | 21/01/2011     |
| BATHA  | DHOK        | BAMBOURI                  |          | B309F01    | 20.12389 | 13.45111111 | 20/10/2010     |
| BATHA  | KOUKA ADJOB | BARINTCHE DOUNGOUS        |          | B215F01    | 19.31917 | 13.13472222 | 23/06/2010     |
| BATHA  | MEDOGO      | BAROUALA N'DJAMENA        |          | B130F01    | 18.03639 | 12.74361111 | 19/01/2011     |
| BATHA  | MEDOGO      | BARWALA ACYL              |          | B116F01    | 18.04944 | 12.75722222 | 20/01/2011     |
| BATHA  | MEDOGO      | BARWALA HARAZ             |          | B136F01    | 18.05361 | 12.75083333 | 18/01/2011     |
| BATHA  | MESMEDJE    | BIRENE TARWANE            |          | B276F01    | 19.21    | 13.02222222 | 22/06/2010     |
| BATHA  | MESMEDJE    | BIRKIT FATIME             |          | B274F01    | 19.08806 | 12.91       | 19/06/2010     |
| BATHA  | DHOK        | BOURSOUNTA                |          | B310F01    | 20.15889 | 13.81277778 | 16/11/2010     |
| BATHA  | MASSALAT    | BREGUE BIRGUIT            |          | B256F01    | 19.63083 | 13.16277778 | 21/06/2010     |
| BATHA  | ZIOUD       | BREGUE OUADDAØ            |          | B341F01    | 19.65389 | 13.53583333 | 15/10/2010     |
| BATHA  | MASSALAT    | CHABOLO DOUNGOUS          |          | B258F01    | 20.11889 | 13.14444444 | 24/06/2010     |
| BATHA  | ZIOUD       | CHIBINA                   |          | B345F01    | 20.00861 | 13.65111111 | 13/12/2010     |
| BATHA  | MESMEDJE    | CHORANE                   |          | B280F01    | 19.53667 | 13.12055556 | 23/06/2010     |
| BATHA  | MASSALAT    | DACHA                     |          | B269F01    | 19.68222 | 12.97638889 | 07/12/2010     |
| BATHA  | DHOK        | DALALA ALCHAWAY           |          | B311F01    | 20.20306 | 13.8175     | 11/12/2010     |
| BATHA  | DHOK        | DALALA ALGOUSSOU          |          | B303F01    | 20.21889 | 13.81388889 | 12/12/2010     |
| BATHA  | DHOK        | DAMRE                     |          | B316F01    | 20.18361 | 13.84833333 | 13/11/2010     |
| BATHA  | MASSALAT    | DAR HOUMAR I & II         |          | B271F01    | 19.75417 | 12.97555556 | 23/10/2010     |
| BATHA  | ZIOUD       | DELEKENA                  |          | B349F01    | 19.66167 | 13.46277778 | 13/10/2010     |
| BATHA  | KOUKA ADJOB | DJAKAHNOUNE               |          | B211F01    | 19.41444 | 13.20972222 | 22/02/2011     |
| BATHA  | DHOK        | DJELI                     |          | B294F01    | 19.69917 | 13.81055556 | 16/02/2011     |
| BATHA  | KOUKA ADJOB | DJELIKOUKA                |          | B218F01    | 19.32083 | 13.18722222 | 19/02/2011     |
| BATHA  | DHOK        | DJIRE                     |          | B297F01    | 20.13194 | 13.82083333 | 17/11/2010     |
| BATHA  | MEDOGO      | DOLKO                     |          | B124F01    | 17.97444 | 12.65416667 | 15/02/2011     |
| BATHA  | DHOK        | DOP DOP                   |          | B318F01    | 20.12722 | 13.61666667 | 17/11/2010     |
| BATHA  | MASSALAT    | FARWALE                   |          | B267F01    | 19.7325  | 13.26472222 | 07/02/2011     |
| BATHA  | DHOK        | FILE AMDJANG              |          | B292F01    | 20.17889 | 13.56888889 | 19/11/2010     |
| BATHA  | KOUKA ADJOB | GAFALA                    |          | B227F01    | 19.26194 | 13.31611111 | 08/10/2010     |
| BATHA  | MEDOGO      | GALAROU                   |          | B128F01    | 18.18528 | 12.57       | 16/01/2011     |
| BATHA  | DHOK        | GNALKATA                  |          | B296F01    | 20.08417 | 13.62472222 | 13/11/2010     |
| BATHA  | MASSALAT    | GOUDOUMI I                |          | B250F01    | 19.87333 | 13.24027778 | 10/10/2010     |
| BATHA  | MASSALAT    | GOUDOUMI II               |          | B248F01    | 19.86917 | 13.24111111 | 12/10/2010     |
| BATHA  | MASSALAT    | GOZ BEØDA                 |          | B251F01    | 19.60778 | 13.31333333 | 11/10/2010     |
| BATHA  | MASSALAT    | KACHANCHANG I ET II       |          | B254F01    | 19.54361 | 13.23805556 | 20/11/2010     |
| BATHA  | MASSALAT    | KARAØ                     |          | B249F01    | 19.75806 | 12.8725     | 11/02/2011     |
| BATHA  | MESMEDJE    | KHICHINA HIDJELIDJE       |          | B284F01    | 19.51139 | 13.1625     | 26/06/2010     |
| BATHA  | MESMEDJE    | KIBECHAYE DOUNGOUS        |          | B283F01    | 19.44722 | 13.1675     | 28/06/2010     |
| BATHA  | MASSALAT    | KIEZE                     |          | B255F01    | 19.79056 | 13.25444444 | 08/10/2010     |
| BATHA  | MEDOGO      | KOLDJINE                  |          | B109F01    | 18.11056 | 12.75777778 | 23/01/2011     |
| BATHA  | ZIOUD       | KORNEI I-II               |          | B337F01    | 20.05472 | 13.65111111 | 15/11/2010     |
| BATHA  | DHOK        | KOTORO HABIB              |          | B315F01    | 20.22722 | 13.45722222 | 25/10/2010     |
| BATHA  | KOUKA ADJOB | KOUDOU DOUNGOUS           |          | B226F01    | 19.33333 | 13.15888889 | 10/02/2011     |
| BATHA  | KOUKA ADJOB | KOUKA ADJOB I ET II       |          | B210F01    | 19.38472 | 13.26083333 | 16/10/2010     |
| BATHA  | DHOK        | LOGIS                     |          | B320F01    | 20.08167 | 13.6075     | 12/11/2010     |

## Batha

| REGION | CANTON      | VILLAGE           | QUARTIER | ID_PE_9FED | XCOORD   | YCOORD      | DATE DE MESURE |
|--------|-------------|-------------------|----------|------------|----------|-------------|----------------|
| BATHA  | KOUKA ADJOB | MALOUTE           |          | B223F01    | 19.43333 | 13.23388889 | 14/10/2010     |
| BATHA  | DHOK        | MANZALO           |          | B308F01    | 20.07944 | 13.49888889 | 23/10/2010     |
| BATHA  | ZILOUD      | MARADA            |          | B338F01    | 20.0075  | 13.59444444 | 20/11/2010     |
| BATHA  | MASSALAT    | MARFI             |          | B273F01    | 19.7825  | 13.0575     | 29/06/2010     |
| BATHA  | MEDOGO      | MIGNI I           |          | B134F01    | 17.98833 | 12.535      | 19/01/2011     |
| BATHA  | MEDOGO      | MIGNI II          |          | B150F01    | 17.99583 | 12.55111111 | 20/01/2011     |
| BATHA  | DHOK        | MOUDOU            |          | B313F01    | 19.98806 | 13.55944444 | 22/11/2010     |
| BATHA  | KOUKA ADJOB | MOURDA-AB         |          | B213F01    | 19.50278 | 13.26972222 | 18/10/2010     |
| BATHA  | MASSALAT    | MOUTRARE ADJOUSS  |          | B263F01    | 19.96194 | 13.355      | 18/10/2010     |
| BATHA  | DHOK        | RAHA              |          | B299F01    | 19.96889 | 13.57111111 | 07/12/2010     |
| BATHA  | MESMEDJE    | RAMO HILELE       |          | B282F01    | 19.47389 | 12.91138889 | 25/06/2010     |
| BATHA  | MASSALAT    | RASSALFIL         |          | B262F01    | 19.63528 | 13.31083333 | 09/10/2010     |
| BATHA  | MEDOGO      | RIDEMAT           |          | B140F01    | 18.31028 | 12.74666667 | 15/01/2011     |
| BATHA  | MASSALAT    | SIBEØKH           |          | B242F01    | 19.83389 | 12.90277778 | 13/02/2011     |
| BATHA  | MASSALAT    | SOUKA             |          | B252F01    | 19.96806 | 13.33527778 | 14/01/2011     |
| BATHA  | SULTANAT    | SOULOUTOU HEMEDAY |          | B407F01    | 17.43111 | 12.55916667 | 12/01/2011     |
| BATHA  | KOUKA ADJOB | SOURIDJE          |          | B228F01    | 19.42722 | 13.19888889 | 23/02/2011     |
| BATHA  | DHOK        | WALAD BACHOM      |          | B314F01    | 20.11417 | 13.59861111 | 11/11/2010     |
| BATHA  | ZILOUD      | WOULAD BINEY      |          | B348F01    | 19.73639 | 13.57777778 | 21/10/2010     |
| BATHA  | ZILOUD      | WOULAD MAGUI      |          | B343F01    | 19.67333 | 13.66361111 | 27/02/2011     |
| BATHA  | MASSALAT    | ZOBO              |          | B259F01    | 19.66278 | 13.30861111 | 17/12/2010     |
| BATHA  | MEDOGO      | ZOU BOU           |          | B147F01    | 17.93778 | 12.55       | 22/01/2011     |

| REGION  | CANTON           | VILLAGE              | QUARTIER           | ID_PE_9FED | XCOORD      | YCOORD      | DATE DE MESURE |
|---------|------------------|----------------------|--------------------|------------|-------------|-------------|----------------|
| GUERA   | MOUBI HADABA     | ABKHOURA             |                    | G337F01    | 19.57194519 | 12.99277782 | 29/06/2010     |
| GUERA   | DADJO II         | ABOU NIEL            |                    | G323F01    | 19.24277687 | 12.65138912 | 16/05/2010     |
| GUERA   | ARABE IMER       | ABTINEBIL            |                    | G081F01    | 18.00722313 | 11.85833359 | 11/11/2009     |
| GUERA   | DADJO II         | ADALLE               |                    | G324F01    | 19.346111   | 12.598333   | 26/02/2011     |
| GUERA   | BEDIO            | AL IBEIT             |                    | G288F01    | 18.75111198 | 12.09361076 | 14/10/2009     |
| GUERA   | BEDIO            | ALOGUE               |                    | G422F01    | 18.72222137 | 11.95722198 | 08/12/2009     |
| GUERA   | DADJO II         | AM GANTOURA I        |                    | G459F01    | 19.13500023 | 12.17194462 | 19/01/2011     |
| GUERA   | MELFI            | AM HABILE            |                    | G086F01    | 18.11777687 | 10.9491663  | 15/01/2010     |
| GUERA   | DADJO II         | AM HIMEDE            |                    | G458F01    | 19.25583267 | 12.5672226  | 20/05/2010     |
| GUERA   | MOUBI ZARGA      | AM HIMEDE I          |                    | G373F01    | 19.62555504 | 12.31861115 | 15/05/2010     |
| GUERA   | ARABE IMER       | AM KACHAWAYE         |                    | G111F01    | 18.13500023 | 11.8880558  | 12/11/2009     |
| GUERA   | MELFI            | AM KHAROUA           |                    | G433F01    | 18.40500069 | 11.07333374 | 14/01/2010     |
| GUERA   | MOUBI HADABA     | AM LAGADIB NAGA      |                    | G338F01    | 19.68000031 | 12.87638855 | 11/10/2010     |
| GUERA   | MELFI            | AMASSI               |                    | G193F01    | 17.91888809 | 11.00972176 | 10/02/2010     |
| GUERA   | DADJO II         | AMBACHIME            |                    | G325F01    | 19.25944519 | 12.62222195 | 18/05/2010     |
| GUERA   | DJONKOR GUERA    | AMBAZIRA             |                    | G135F01    | 18.18722153 | 11.95694447 | 09/11/2009     |
| SALAMAT | TOROM            | AMDAMAGNAN           |                    | G410F01    | 19.59027863 | 11.20861149 | 10/01/2010     |
| GUERA   | MOUBI GOZ        | AMDJALFE             |                    | G310F01    | 19.79916573 | 12.75500011 | 12/11/2010     |
| GUERA   | MOUBI HADABA     | AMGARKOYE DOUNGOUS   |                    | G339F01    | 19.58472222 | 12.57083333 | 19/02/2011     |
| GUERA   | MOUBI HADABA     | AMGARKOYE MATABGUE   |                    | G342F01    | 19.58416667 | 12.58916667 | 20/02/2011     |
| GUERA   | MOUBI HADABA     | AMNABAK CHARI        |                    | G340F01    | 19.6977787  | 12.62527752 | 01/07/2010     |
| GUERA   | DADJO II         | AMSINETTE            |                    | G326F01    | 19.14749908 | 12.74694443 | 14/05/2010     |
| GUERA   | DADJO I          | AM-YOMA              |                    | G417F01    | 18.75       | 12.51000023 | 22/01/2010     |
| GUERA   | MOUBI HADABA     | ANGARKOYE HAMANUD    |                    | G341F01    | 19.56944466 | 12.57222176 | 09/12/2010     |
| GUERA   | MOUBI HADABA     | ANGUIWES             |                    | G343F01    | 19.67305565 | 12.62611103 | 25/10/2010     |
| GUERA   | MOUBI ZARGA      | ARAKA DOUNGOUS       |                    | G374F01    | 19.43083382 | 12.37416649 | 12/05/2010     |
| GUERA   | ARABE IMER       | ARANGHA              |                    | G112F01    | 18.16055489 | 12.02083302 | 29/03/2010     |
| SALAMAT | YALNASS          | ASSAFA               |                    | G411F01    | 19.29000092 | 11.30777774 | 07/01/2010     |
| GUERA   | MELFI            | ATIYA FIDESSA + IBET |                    | G209F01    | 17.92749977 | 11.13777733 | 24/02/2010     |
| GUERA   | DADJO I          | AZI                  |                    | G262F01    | 18.38500023 | 12.35249996 | 14/05/2010     |
| GUERA   | MELFI            | BABIGNA              |                    | G213F01    | 17.93888855 | 10.74888897 | 07/02/2010     |
| GUERA   | BEDIO            | BADAGO (OFFA)        |                    | G289F01    | 18.88694382 | 12.00777817 | 06/03/2010     |
| GUERA   | MOKOFI           | BADANGA II           |                    | G030F01    | 17.3441658  | 11.60666656 | 07/01/2011     |
| GUERA   | MELFI            | BAGATE               |                    | G214F01    | 18.17055511 | 11.07611084 | 18/01/2010     |
| GUERA   | MELFI            | BAKA MIMI            |                    | G244F01    | 17.99444389 | 11.01638889 | 08/02/2010     |
| GUERA   | MELFI            | BAKA TONGA           |                    | G215F01    | 17.9683342  | 11.00944424 | 22/02/2010     |
| GUERA   | DANGUELEAT       | BAKODJILE            |                    | G093F01    | 18.20777702 | 12.05638886 | 14/04/2010     |
| GUERA   | MOKOFI           | BAMNA I              |                    | G071F01    | 17.5308342  | 11.60999966 | 05/04/2010     |
| GUERA   | MOKOFI           | BAMNA II             |                    | G072F01    | 17.52527809 | 11.56972218 | 08/04/2010     |
| GUERA   | KENGA            | BANALA KOSSO I       |                    | G443F01    | 18.22777748 | 11.94250011 | 19/11/2009     |
| GUERA   | KENGA            | BANALA ZINEBILI      |                    | G142F01    | 18.22833252 | 11.95611095 | 20/11/2009     |
| GUERA   | KENGA            | BANAMA               |                    | G143F01    | 18.00666618 | 11.63055515 | 14/11/2009     |
| GUERA   | DADJO II         | BANDJADIDE           |                    | G327F01    | 19.26444435 | 12.25555515 | 18/05/2010     |
| GUERA   | MIGAMI           | BANKOKOTCH MATABGUE  | DIBO BANKAKOTCH    | G435F03    | 18.7733326  | 12.16499996 | 12/10/2009     |
| GUERA   | MIGAMI           | BANKOKOTCH MATABGUE  | CENTRE             | G248F01    | 18.74333382 | 12.18611145 | 11/10/2009     |
| GUERA   | MIGAMI           | BANKOKOTCH MATABGUE  | AM HABILE BANKAKOT | G434F02    | 18.79722214 | 12.12444401 | 12/10/2009     |
| GUERA   | SORKI            | BARA CL.             |                    | G236F01    | 18.29388809 | 11.43111134 | 11/12/2009     |
| GUERA   | DANGUELEAT       | BARA II              |                    | G095F01    | 18.41277695 | 12.21166706 | 24/10/2009     |
| GUERA   | ARABE IMER       | BARAMA ARABE         |                    | G114F01    | 18.12166667 | 12.0975     | 19/02/2011     |
| GUERA   | MOUBI ZARGA      | BARDE GALMIDI        |                    | G451F01    | 19.50138855 | 12.44888878 | 09/05/2010     |
| GUERA   | MOUBI ZARGA      | BARDE NAGAGUIRE      |                    | G375F01    | 19.50027847 | 12.45083332 | 10/05/2010     |
| GUERA   | DANGUELEAT       | BARLO II             |                    | G096F01    | 18.44083405 | 12.10499954 | 19/10/2009     |
| GUERA   | DADJO I          | BAWIAT               |                    | G263F01    | 18.66888809 | 12.62777805 | 22/01/2010     |
| GUERA   | KENGA            | BAYO ANGARA (KOULBO) |                    | G144F01    | 17.54638863 | 12.01694489 | 08/04/2010     |
| GUERA   | KENGA            | BAYO MANTARSSOUA     |                    | G145F01    | 17.56972313 | 11.95944405 | 07/04/2010     |
| GUERA   | BEDIO            | BIGA                 |                    | G290F01    | 18.72750092 | 12.03777779 | 07/12/2009     |
| GUERA   | DADJO I          | BINGA                |                    | G264F01    | 18.42888832 | 12.68611145 | 09/05/2010     |
| GUERA   | DANGUELEAT       | BIRENE DOUNGOUSS     |                    | B467F01    | 19.19333333 | 13.00555556 | 11/02/2011     |
| GUERA   | DANGUELEAT       | BIRTIK               |                    | G108F01    | 18.22027779 | 12.09111118 | 16/04/2010     |
| GUERA   | DANGUELEAT       | BITCHOTCHI MATAR     |                    | G368F01    | 19.37972222 | 12.83       | 21/02/2011     |
| GUERA   | KENGA            | BIYERE               |                    | G447F01    | 18.15416718 | 11.8083334  | 11/11/2009     |
| GUERA   | DANGUELEAT       | BOGROM               |                    | G109F01    | 18.4347229  | 12.15444469 | 23/10/2009     |
| GUERA   | KENGA            | BOLONG               |                    | G444F01    | 17.73999977 | 12.05333328 | 12/04/2010     |
| GUERA   | DAGUELA          | BONE I DAOUD         |                    | G082F01    | 19.47750092 | 10.6963892  | 11/01/2010     |
| GUERA   | DAGUELA          | BONE II FAKHARA      |                    | G185F01    | 19.47694397 | 10.6702776  | 10/01/2010     |
| GUERA   | GOGMI            | BOUDIA II            |                    | G187F01    | 17.80611038 | 11.17805576 | 25/02/2010     |
| GUERA   | GOGMI            | BOUDIA III           |                    | G188F01    | 17.81277847 | 11.18694401 | 16/02/2010     |
| GUERA   | GOGMI            | BOUGOUNOU            |                    | G189F01    | 18.04222298 | 11.27333355 | 17/12/2009     |
| GUERA   | MIGAMI           | BOUGROUM             |                    | G260F01    | 19.05638886 | 12.12222195 | 24/01/2010     |
| GUERA   | BEDIO            | BOURSANG             |                    | G423F01    | 18.82611084 | 11.89527798 | 09/03/2010     |
| GUERA   | DADJO II         | BRETANG              |                    | G328F01    | 19.09027863 | 12.29444408 | 24/01/2010     |
| GUERA   | ARABE IMER       | BRETE ARABE          |                    | G115F01    | 18.03499985 | 12.0336113  | 15/04/2010     |
| GUERA   | MIGAMI           | CHAQUIR              |                    | G413F01    | 18.94583321 | 12.41499996 | 01/03/2010     |
| GUERA   | MIGAMI           | CHEDIDE              |                    | G249F01    | 18.98777771 | 12.13027763 | 06/03/2010     |
| GUERA   | ALBASSIE         | CHENGUIL ALBASSIE    |                    | G306F01    | 18.84166718 | 12.04972267 | 23/01/2010     |
| GUERA   | DANGUELEAT       | CHINGUEATE           |                    | G464F01    | 19.72777778 | 12.79388889 | 18/02/2011     |
| GUERA   | MIGAMI           | CLIGNATA             |                    | G250F01    | 18.83472252 | 12.33972263 | 02/03/2010     |
| GUERA   | MELFI            | DABAKAYE III         |                    | G216F01    | 17.94916725 | 11.08749962 | 26/02/2010     |
| GUERA   | MELFI            | DABAKAYE SIFERA I    |                    | G217F01    | 17.9636116  | 11.0672226  | 09/02/2010     |
| GUERA   | GROUPEMENT KOFFA | DABAR                |                    | G280F01    | 18.67972183 | 11.51111126 | 11/12/2009     |
| GUERA   | MOUBI HADABA     | DABAZINE AMTALATA    |                    | G344F01    | 19.46388817 | 12.76333332 | 17/11/2010     |
| GUERA   | MOUBI HADABA     | DABAZINE BADINE I    |                    | G345F01    | 19.48999977 | 12.7588892  | 16/11/2010     |
| GUERA   | MOUBI HADABA     | DACHA                |                    | G347F01    | 19.67638969 | 12.97666645 | 25/06/2010     |
| GUERA   | DANGUELEAT       | DADOUAR              |                    | G441F01    | 18.46500015 | 12.15138912 | 19/10/2009     |
| SALAMAT | TOROM            | DAGOUR               |                    | G408F01    | 19.49222183 | 11.24277782 | 09/01/2011     |
| GUERA   | DAGUELA          | DAGUELA              |                    | G172F01    | 18.4477787  | 10.64638901 | 14/01/2010     |
| GUERA   | MELFI            | DANGAYE (ADANGA)     |                    | G219F01    | 17.95972252 | 11.13111115 | 10/02/2010     |
| GUERA   | ARABE IMER       | DANKI                |                    | G116F01    | 18.13888931 | 11.91111088 | 09/11/2009     |



| REGION  | CANTON        | VILLAGE                 | QUARTIER | ID_PE_9FED | XCOORD      | YCOORD      | DATE DE MESURE |
|---------|---------------|-------------------------|----------|------------|-------------|-------------|----------------|
| GUERA   | BEDIO         | DARI                    |          | G291F01    | 18.88666725 | 12.05638886 | 24/05/2010     |
| GUERA   | GOGMI         | DASSINGUE               |          | G190F01    | 17.75194359 | 11.23611069 | 19/02/2010     |
| GUERA   | GOGMI         | DEHERE                  |          | G191F01    | 17.77305603 | 11.20027733 | 22/02/2010     |
| GUERA   | MELFI         | DIBEKA                  |          | G220F01    | 18.18666649 | 11.1366663  | 22/02/2010     |
| GUERA   | BEDIO         | DIBERE                  |          | G292F01    | 18.71277809 | 11.85666656 | 09/12/2009     |
| GUERA   | BEDIO         | DIGASS                  |          | G293F01    | 18.87583351 | 11.88722229 | 25/05/2010     |
| GUERA   | KENGA         | DIR DIR (SOL SOL)       |          | G147F01    | 18.50861168 | 11.48250008 | 13/12/2009     |
| GUERA   | BEDIO         | DJAGUATI                |          | G294F01    | 18.87750053 | 12.06388855 | 28/01/2010     |
| GUERA   | MOUSMARE      | DJANA II                |          | G069F01    | 17.53833389 | 11.01527786 | 19/02/2010     |
| GUERA   | SORKI         | DJARA                   |          | G245F01    | 18.49555588 | 11.21555519 | 20/02/2010     |
| GUERA   | ARABE IMER    | DJARBE                  |          | G117F01    | 18.10638809 | 11.90083313 | 10/11/2009     |
| GUERA   | BEDIO         | DJARI                   |          | G295F01    | 18.66611099 | 12.01388931 | 07/12/2009     |
| GUERA   | KENGA         | DJAYA BEDEGA            |          | G148F01    | 18.04944442 | 12.32999992 | 05/04/2010     |
| GUERA   | KENGA         | DJAYA DOUA              |          | G149F01    | 18.04805565 | 12.31583309 | 04/04/2010     |
| GUERA   | KENGA         | DJAYA DOUNGOUS          |          | G150F01    | 18.02305603 | 12.42194462 | 13/04/2010     |
| GUERA   | KENGA         | DJAYA FALGA             |          | G151F01    | 18.00555611 | 12.42888927 | 11/04/2010     |
| GUERA   | KENGA         | DJAYA KOMADA            |          | G152F01    | 18.02555466 | 12.44472218 | 09/04/2010     |
| GUERA   | KENGA         | DJAYA KOURMI I          |          | G153F01    | 17.94861031 | 12.36888886 | 07/04/2010     |
| GUERA   | KENGA         | DJAYA TAYARA            |          | G170F01    | 18.01888847 | 12.33527756 | 06/04/2010     |
| GUERA   | KENGA         | DJEGOU HADJAR DHOM      |          | G154F01    | 18.48027802 | 11.70666695 | 10/12/2009     |
| GUERA   | ARABE IMER    | DJEGUERE                |          | G118F01    | 18.21027756 | 12.01388931 | 25/10/2009     |
| GUERA   | MELFI         | DJILI                   |          | G221F01    | 17.9141674  | 10.91166687 | 07/02/2010     |
| GUERA   | KENGA         | DJILMI                  |          | G155F01    | 17.91749954 | 11.68055534 | 14/11/2009     |
| GUERA   | ARABE IMER    | DJILMI I                |          | G119F01    | 17.91472244 | 11.68166637 | 16/11/2009     |
| GUERA   | MOUBI ZARGA   | DJOMOKE                 |          | G376F01    | 19.56777763 | 12.31611156 | 23/05/2010     |
| GUERA   | MOUBI HADABA  | DJONKORI                |          | G348F01    | 19.54583359 | 12.70555592 | 24/11/2010     |
| GUERA   | DJONKOR GUERA | DOLI I                  |          | G448F01    | 18.17027855 | 11.95388889 | 09/11/2009     |
| GUERA   | DADJO I       | DOMBIRO                 |          | G440F01    | 18.49055481 | 12.27000046 | 13/05/2010     |
| GUERA   | MIGAMI        | DONGOUMA                |          | G251F01    | 18.95888901 | 12.23444462 | 08/03/2010     |
| GUERA   | MIGAMI        | DORGA                   | MIGAMI   | G456F02    | 19.0783329  | 12.07999992 | 25/01/2010     |
| GUERA   | MIGAMI        | DORGA                   | DADJO 2  | G336F01    | 19.09222221 | 12.08083344 | 08/12/2010     |
| GUERA   | KENGA         | DORLI                   |          | G156F01    | 18.39583397 | 11.80777774 | 20/11/2009     |
| SALAMAT | AUTOCHTONE    | DOUGNE ALGABA           |          | G405F01    | 19.21277809 | 11.24444485 | 09/01/2010     |
| SALAMAT | AUTOCHTONE    | DOUGNE HOUGOUN          |          | G406F01    | 19.22722244 | 11.23722267 | 07/02/2010     |
| GUERA   | GOGMI         | DOULFI                  |          | G212F01    | 17.67583275 | 11.24583334 | 15/02/2010     |
| GUERA   | DADJO I       | DOUNGOULOU              |          | G265F01    | 18.66777802 | 12.12222195 | 05/12/2009     |
| GUERA   | MELFI         | DOUTOUM I + II          |          | G222F01    | 18.33805466 | 11.20527744 | 16/01/2010     |
| GUERA   | DADJO I       | DOUZIAT I               |          | G266F01    | 18.54861069 | 12.51361084 | 11/05/2010     |
| GUERA   | DANGUELEAT    | DOYE                    |          | G102F01    | 18.36833382 | 11.9841671  | 21/11/2009     |
| GUERA   | ARABE IMER    | DOYE AL KOUDOU          |          | G120F01    | 18.11555481 | 12.03194427 | 30/03/2010     |
| GUERA   | KENGA         | DOYO II                 |          | G157F01    | 18.13611031 | 12.07222176 | 30/03/2010     |
| GUERA   | BEDIO         | FAIGO                   |          | G296F01    | 18.8097229  | 11.99666691 | 26/02/2011     |
| GUERA   | DADJO I       | FANI                    |          | G267F01    | 18.51250076 | 11.95666695 | 20/11/2009     |
| GUERA   | MELFI         | FANTCHILA               |          | G223F01    | 18.33916664 | 11.15222263 | 20/02/2010     |
| GUERA   |               | FARARIDJ                |          | G319F01    | 19.90722222 | 12.81444444 | 15/02/2011     |
| GUERA   | GOGMI         | FIINDJI I               |          | G194F01    | 17.76722145 | 11.19666672 | 13/02/2010     |
| GUERA   | GOGMI         | FIINDJI II              |          | G195F01    | 17.77249908 | 11.19805527 | 25/02/2010     |
| GUERA   | MIGAMI        | FITCHAR                 |          | G252F01    | 18.92416573 | 12.14000034 | 26/01/2010     |
| GUERA   | BEDIO         | FOGOME                  |          | G424F01    | 18.65833282 | 11.98222256 | 08/12/2009     |
| GUERA   | SORKI         | FOSSE                   |          | G087F01    | 18.33916664 | 11.32944489 | 12/12/2009     |
| GUERA   | DADJO I       | FOUROUNDOULE            |          | G268F01    | 18.76833344 | 12.47999954 | 01/03/2010     |
| GUERA   | KENGA         | FOYO                    |          | G158F01    | 18.35416603 | 11.71805573 | 17/11/2009     |
| GUERA   | BEDIO         | FRALLE                  |          | G425F01    | 18.76749992 | 12.00333309 | 06/12/2009     |
| GUERA   | MELFI         | GABIL BOUA              |          | G224F01    | 18.20333329 | 11.15277767 | 16/01/2010     |
| GUERA   | GOGMI         | GABIL II                |          | G196F01    | 17.73305511 | 11.27638912 | 18/02/2010     |
| GUERA   | ARABE IMER    | GALA ARABE I            |          | G121F01    | 17.95249939 | 11.69694424 | 13/11/2009     |
| GUERA   | GOGMI         | GALI GALI               |          | G197F01    | 17.79111099 | 11.14999962 | 24/02/2010     |
| GUERA   | DADJO I       | GAOUAINE                |          | G269F01    | 18.73611069 | 12.52222252 | 02/03/2010     |
| GUERA   |               | GARADAYE                |          |            | 20.1175     | 12.7825     | 14/02/2011     |
| GUERA   | MOUBI HADABA  | GNAMANDA                |          | G349F01    | 19.42027855 | 12.7452774  | 20/11/2010     |
| GUERA   | MELFI         | GODI I                  |          | G225F01    | 18.17416573 | 11.23194408 | 16/12/2009     |
| GUERA   | MELFI         | GODI II                 |          | G226F01    | 18.1716671  | 11.24916649 | 14/04/2010     |
| GUERA   | GOGMI         | GOGMI                   |          | G090F01    | 17.78527832 | 11.1875     | 12/02/2010     |
| GUERA   | MIGAMI        | GOLAOU                  |          | G253F01    | 18.889166   | 12.251111   | 09/02/2011     |
| GUERA   | ARABE IMER    | GOLMO                   |          | G122F01    | 18.08555556 | 11.97888889 | 22/02/2011     |
| GUERA   | GOGMI         | GONDOLO ARABE et SOKORO |          | G198F01    | 17.85555649 | 11.59333324 | 16/11/2009     |
| GUERA   | MOUBI ZARGA   | GORMOLO GUIWAI          |          | G378F01    | 19.62583351 | 12.46777821 | 25/05/2010     |
| GUERA   | DJONKOR GUERA | GOUGUE                  |          | G137F01    | 18.1538887  | 11.89555555 | 11/11/2009     |
| GUERA   | MELFI         | GOUMI FALATA            |          | G227F01    | 17.85861206 | 11.10694408 | 22/02/2010     |
| GUERA   | KENGA         | GOURADA                 |          | G159F01    | 18.3386116  | 11.84388924 | 17/11/2009     |
| GUERA   | GOGMI         | GOUROUROU               |          | G199F01    | 17.79416656 | 11.14777756 | 14/02/2010     |
| GUERA   | MOUBI ZARGA   | GRADE                   |          | G379F01    | 19.62916756 | 12.31694412 | 16/05/2010     |
| GUERA   | DAGUELA       | GREINGA DAGUELA         |          | G173F01    | 18.80472183 | 11.03333378 | 16/02/2010     |
| GUERA   | SORKI         | GRINGA SORKI            |          | G246F01    | 18.80638886 | 11.04111099 | 15/01/2010     |
| GUERA   | GOGMI         | GUANGUIYE               |          | G200F01    | 17.77083397 | 11.20527744 | 20/02/2010     |
| GUERA   | MOUBI ZARGA   | HABAYA                  |          | G380F01    | 19.3702774  | 12.30861092 | 20/05/2010     |
| GUERA   | MOUBI HADABA  | HADID TOUMTOUMAI        |          | G350F01    | 19.42527771 | 12.75083351 | 19/11/2010     |
| GUERA   | MELFI         | HADJER ADOM             |          | G228F01    | 18.21583366 | 11.08638859 | 11/01/2011     |
| GUERA   | MELFI         | HADJER ALMI I           |          | G229F01    | 18.17972183 | 11.10972214 | 17/01/2010     |
| GUERA   | MELFI         | HADJER ALMI II          |          | G230F01    | 18.17916679 | 11.12166691 | 23/02/2010     |
| GUERA   | DADJO II      | HADOCK                  |          | G330F01    | 19.27472305 | 12.41666698 | 16/05/2010     |
| GUERA   | DAGUELA       | HAGALO                  |          | G174F01    | 19.58833313 | 10.52750015 | 12/01/2010     |
| GUERA   | DAGUELA       | HALATTA                 |          | G175F01    | 18.59055519 | 10.91944408 | 13/01/2010     |
| GUERA   | MOUBI HADABA  | HAMARA DOUNGOUS         |          | G351F01    | 19.67583275 | 12.86499977 | 28/06/2010     |
| GUERA   | DADJO I       | HARAZE                  |          | G270F01    | 18.66500092 | 12.63083363 | 27/02/2010     |
| GUERA   | MOKOFI        | HERLA BAGUIRMI I        |          | G073F01    | 17.28527832 | 11.74222183 | 15/12/2010     |
| GUERA   | MOKOFI        | HERLA II                |          | G074F01    | 17.2808342  | 11.7369442  | 17/12/2010     |
| GUERA   |               | HIDJER                  |          | B465F01    | 19.98694444 | 13.19888889 | 07/02/2011     |

| REGION  | CANTON           | VILLAGE                  | QUARTIER | ID_PE_9FED | XCOORD      | YCOORD      | DATE DE MESURE |
|---------|------------------|--------------------------|----------|------------|-------------|-------------|----------------|
| GUERA   |                  | HIDJER (KOUKA)           |          | G316F01    | 19.82527778 | 12.78055556 | 16/02/2011     |
| GUERA   | BEDIO            | HILELE                   | OYO      | G457F02    | 18.7630558  | 12.10527802 | 14/10/2009     |
| GUERA   | BEDIO            | HILELE                   | BEDIO    | G436F01    | 18.76861191 | 12.10499954 | 14/10/2009     |
| GUERA   | DADJO I          | HILELE                   |          | G271F01    | 18.71416664 | 12.53583336 | 28/02/2010     |
| GUERA   | DANGUELEAT       | HILLE KORTO              |          | G442F01    | 18.48166656 | 12.13249969 | 18/10/2009     |
| GUERA   | MOUBI HADABA     | HIMEMED LABADO I         |          | G352F01    | 19.6380558  | 12.68999958 | 28/10/2010     |
| GUERA   | MOUBI HADABA     | HIMEMED LABADO II        |          | G353F01    | 19.63583374 | 12.68444443 | 25/10/2010     |
| GUERA   | MOUBI HADABA     | HIMEMED WASSENA          |          | G354F01    | 19.54555511 | 12.66583347 | 28/10/2010     |
| GUERA   | MELFI            | HIMET                    |          | G231F01    | 17.94694519 | 11.14694405 | 15/02/2010     |
| GUERA   | MELFI            | HORE                     |          | G232F01    | 17.85305595 | 11.04888916 | 09/02/2010     |
| GUERA   | BEDIO            | IBINDA (SOULAHIR)        |          | G297F01    | 18.97444534 | 11.9463892  | 10/12/2010     |
| GUERA   | DAGUELA          | IBIR                     |          | G460F01    | 19.35222244 | 10.68805599 | 11/02/2010     |
| GUERA   | DADJO I          | IDADOUD                  |          | G272F01    | 18.69750023 | 12.58027744 | 04/03/2010     |
| GUERA   | MOUBI ZARGA      | IREGUE DOUNGOUS          |          | G453F01    | 19.67916679 | 12.32805538 | 21/05/2010     |
| GUERA   | MOUBI ZARGA      | IREGUE HARAZE            |          | G381F01    | 19.67611122 | 12.32916641 | 23/05/2010     |
| GUERA   | MOUBI ZARGA      | KADJIRE DOUNGOUS         |          | G382F01    | 19.57638931 | 12.40888882 | 03/07/2010     |
| GUERA   | MOUBI ZARGA      | KADJIRE MOUDOLI          |          | G450F01    | 19.5672226  | 12.42138863 | 03/07/2010     |
| GUERA   | BEDIO            | KAFILA                   |          | G298F01    | 18.844999   | 12.104722   | 08/02/2011     |
| GUERA   | DAGUELA          | KALALA                   |          | G176F01    | 18.83916664 | 10.69277763 | 14/02/2010     |
| GUERA   | GOGMI            | KAMBIKIR                 |          | G201F01    | 18.05583382 | 11.3255558  | 13/12/2009     |
| SALAMAT | TOROM            | KAMOUR                   |          | G409F01    | 19.3302784  | 11.14638901 | 09/02/2010     |
| GUERA   |                  | KAMOUTCHO 1              |          | B466F01    | 19.35083333 | 13.17583333 | 13/02/2011     |
| GUERA   | BEDIO            | KARAMBALAL               |          | G426F01    | 18.91472244 | 11.95777798 | 29/10/2010     |
| GUERA   | DAGUELA          | KARO                     |          | G177F01    | 18.88222222 | 10.3775     | 13/01/2011     |
| GUERA   | MOUBI ZARGA      | KASSIRA MOURAYE          |          | G383F01    | 19.53694534 | 12.48555565 | 15/12/2010     |
| GUERA   | ALBASSIE         | KATALOK ABASSIE          |          | G307F01    | 19.00361061 | 11.83666706 | 07/03/2010     |
| GUERA   | GROUPEMENT KOFFA | KATCH CL                 |          | G281F01    | 18.66250038 | 11.62416649 | 11/12/2009     |
| GUERA   | DADJO II         | KHARNOUG                 |          | G332F01    | 19.03888893 | 11.74333286 | 18/01/2011     |
| GUERA   | MOUBI GOZ        | KHREGANE KROUTCH-KROUTCH |          | G312F01    | 19.70666695 | 12.68388844 | 30/06/2010     |
| GUERA   | DADJO I          | KICHINA                  |          | G273F01    | 18.75888824 | 12.48999977 | 28/02/2010     |
| GUERA   | MOUBI ZARGA      | KICHINA AMDARABA         |          | G384F01    | 19.63249969 | 12.32361126 | 17/05/2010     |
| GUERA   | MOUBI HADABA     | KICHINA I                |          | G355F01    | 19.58888817 | 12.62138844 | 12/12/2010     |
| GUERA   | MOUBI ZARGA      | KIDDARE                  |          | G385F01    | 19.63138962 | 12.3591671  | 12/05/2010     |
| GUERA   | GOGMI            | KOBLE                    |          | G202F01    | 17.89055634 | 11.27361107 | 17/02/2010     |
| GUERA   | BEDIO            | KOFILO                   |          | G461F01    | 18.87722206 | 12.09333324 | 25/05/2010     |
| GUERA   | DANGUELEAT       | KOKINE                   |          | G098F01    | 18.37611198 | 12.1477756  | 22/10/2009     |
| GUERA   | ARABE IMER       | KOKORO I                 |          | G123F01    | 18.18194389 | 11.98083305 | 24/10/2009     |
| GUERA   | BEDIO            | KOLLE                    |          | G427F01    | 18.66222191 | 12.01749992 | 06/12/2009     |
| GUERA   | MELFI            | KOMI MARCHE              |          | G233F01    | 17.60194397 | 10.71694469 | 24/02/2010     |
| GUERA   | BEDIO            | KONDA                    | ORATE    | G437F02    | 18.938612   | 11.974444   | 11/02/2011     |
| GUERA   | BEDIO            | KONDA                    | KONDA    | G428F01    | 18.94333267 | 11.97888851 | 29/01/2010     |
| GUERA   | DANGUELEAT       | KOSKATCHE                |          | G104F01    | 18.43472229 | 12.03250027 | 21/11/2009     |
| GUERA   | MOUBI HADABA     | KOSSEAT DOURBANE         |          | G357F01    | 19.60222244 | 12.9086113  | 30/06/2010     |
| GUERA   | MOUBI HADABA     | KOSSEAT KARSOUT          |          | G358F01    | 19.61750031 | 12.91833305 | 27/06/2010     |
| GUERA   | MOUBI HADABA     | KOSSEAT YEGUIMI          |          | G356F01    | 19.63999939 | 12.88527775 | 28/06/2010     |
| GUERA   | DADJO I          | KOU NOUYO                |          | G418F01    | 18.52305603 | 12.15999985 | 17/10/2009     |
| GUERA   | DADJO II         | KOUKAYE                  |          | G333F01    | 19.20416641 | 12.38611126 | 22/05/2010     |
| GUERA   | MELFI            | KOULIA BARAINE           |          | G234F01    | 18.20472222 | 11.06416667 | 13/02/2011     |
| GUERA   | MOUBI ZARGA      | KOULKOULAYE HARAZE       |          | G386F01    | 19.60222244 | 12.43527794 | 03/07/2010     |
| GUERA   | MOUBI GOZ        | KOULKOULAYE MORONGOL     |          | G313F01    | 19.77277756 | 12.59361076 | 08/12/2010     |
| SALAMAT | AUTOCHTONE       | KOUMRA                   |          | G407F01    | 19.2891674  | 11.14999962 | 08/01/2010     |
| GUERA   | MOKOFI           | KOURNAKA I               |          | G035F01    | 17.31111145 | 11.66444397 | 15/01/2011     |
| GUERA   | DAGUELA          | KOUTOUTOU                |          | G178F01    | 18.71166611 | 10.73583317 | 12/01/2010     |
| GUERA   | KENGA            | LAWATA                   |          | G162F01    | 18.315277   | 11.72889    | 24/02/2011     |
| GUERA   | GOGMI            | LEMBE ARABE              |          | G203F01    | 18.12583351 | 11.29027748 | 15/12/2009     |
| GUERA   | BEDIO            | LERA                     |          | G299F01    | 18.64722252 | 11.97972202 | 09/12/2009     |
| GUERA   | DADJO II         | LOUGA                    |          | G334F01    | 19.24722229 | 12.54277802 | 22/05/2010     |
| GUERA   | ALBASSIE         | MAALA TOUNDJOUR          |          | G308F01    | 18.8797226  | 12.1297226  | 04/03/2010     |
| GUERA   | MELFI            | MABONO                   |          | G235F01    | 18.05027771 | 11.03944397 | 16/01/2010     |
| GUERA   | GROUPEMENT KOFFA | MABRE                    |          | G282F01    | 18.66666603 | 11.69277763 | 10/12/2009     |
| GUERA   | MOUBI ZARGA      | MADJARKA DOUNGOUS        |          | G387F01    | 19.58222198 | 12.30527782 | 13/05/2010     |
| GUERA   | MOKOFI           | MAHAREB                  |          | G053F01    | 17.37166595 | 11.65805531 | 18/12/2010     |
| GUERA   | KENGA            | MAHOUA                   |          | G454F01    | 18.27972221 | 11.74333286 | 16/11/2009     |
| GUERA   | MOUBI HADABA     | MAIGOMO ABDAGO II        |          | G359F01    | 19.49138832 | 12.82472229 | 15/11/2010     |
| GUERA   | DAGUELA          | MALAKOUNDJO              |          | G179F01    | 18.62000084 | 9.923055649 | 17/01/2011     |
| GUERA   | BEDIO            | MALALE                   |          | G429F01    | 18.76833344 | 11.93055534 | 07/12/2009     |
| GUERA   | ARABE IMER       | MALE                     |          | G124F01    | 18.15194511 | 12.04694462 | 30/03/2010     |
| GUERA   | DANGUELEAT       | MALE                     |          | G103F01    | 18.155      | 12.09888889 | 20/02/2011     |
| GUERA   | KENGA            | MALIGUE BARA             |          | G163F01    | 18.3330555  | 11.93194485 | 18/11/2009     |
| GUERA   | KENGA            | MALIGUE BET              |          | G164F01    | 18.22500038 | 11.93972206 | 21/11/2009     |
| GUERA   | GOGMI            | MALIKO SOKORO            |          | G204F01    | 17.7052784  | 11.29500008 | 16/02/2010     |
| GUERA   | MIGAMI           | MALLAH                   |          | G254F01    | 18.87888908 | 12.13444424 | 03/03/2010     |
| GUERA   | DADJO I          | MAMBEGNA                 |          | G274F01    | 18.49055481 | 11.99361134 | 20/11/2009     |
| GUERA   | KENGA            | MANDJERLE                |          | G165F01    | 18.10638809 | 11.75305557 | 13/11/2009     |
| GUERA   |                  | MANGALME DOUNGOUSS       |          |            | 19.64222222 | 12.3275     | 25/02/2011     |
| GUERA   | DANGUELEAT       | MANKOSSINE               |          | G105F01    | 18.1744442  | 12.04583359 | 07/05/2010     |
| GUERA   | BEDIO            | MARAGNE                  |          | G430F01    | 18.79888916 | 12.02250004 | 16/10/2009     |
| GUERA   | MELFI            | MARGUIA                  |          | G085F01    | 18.25194359 | 11.2033329  | 21/02/2010     |
| GUERA   | MELFI            | MARI I et II             |          | G237F01    | 17.92861176 | 11.10666656 | 11/02/2010     |
| GUERA   | KENGA            | MAROM KENGA              |          | G446F01    | 17.65944481 | 12.08333302 | 10/04/2010     |
| GUERA   | DADJO II         | MASSALOUA                |          | G335F01    | 19.20833397 | 11.76777744 | 31/01/2010     |
| GUERA   | SORKI            | MASSANE                  |          | G247F01    | 18.54249954 | 11.16055584 | 19/02/2010     |
| GUERA   | GOGMI            | MATARA (LEMBE I)         |          | G205F01    | 18.13861084 | 11.30666637 | 15/12/2009     |
| GUERA   | BEDIO            | MAYO (FADJE)             |          | G300F01    | 18.93888855 | 11.87250042 | 30/01/2010     |
| GUERA   | MELFI            | MEBRA                    |          | G238F01    | 17.84055519 | 11.1002779  | 23/02/2010     |
| GUERA   | MOKOFI           | MERE                     |          | G077F01    | 17.4327774  | 11.37527752 | 10/04/2010     |
| GUERA   | MOUBI HADABA     | MIDESSISS                |          | G360F01    | 19.56305504 | 12.62138844 | 26/11/2010     |
| GUERA   | KENGA            | MODGORO                  |          | G445F01    | 18.12805557 | 11.82250023 | 12/11/2009     |

| REGION | CANTON           | VILLAGE             | QUARTIER | ID_PE_9FED | XCOORD      | YCOORD      | DATE DE MESURE |
|--------|------------------|---------------------|----------|------------|-------------|-------------|----------------|
| GUERA  | DANGUELEAT       | MOITI               |          | G106F01    | 18.21277809 | 12.09916687 | 16/04/2010     |
| GUERA  | MOKOFI           | MOKOFI              | BADANGA  | G068F02    | 17.43083382 | 11.60222244 | 06/04/2010     |
| GUERA  | MOKOFI           | MOKOFI              | CENTRE   | G067F01    | 17.39861107 | 11.64111137 | 02/04/2010     |
| GUERA  | MOKOFI           | MOKOFI I            |          | G064F01    | 17.38694382 | 11.73111153 | 22/01/2011     |
| GUERA  | DJONKOR GUERA    | MORGUE              |          | G138F01    | 18.16333389 | 11.9286108  | 10/11/2009     |
| GUERA  | MELFI            | MOSSO               |          | G239F01    | 17.88888931 | 11.10611153 | 11/02/2010     |
| GUERA  | MOKOFI           | MOUGDI              |          | G079F01    | 17.55888939 | 11.50388908 | 12/04/2010     |
| GUERA  | DJONKOR GUERA    | MOUKOULOU I B       |          | G462F01    | 18.20999908 | 11.87361145 | 14/11/2009     |
| GUERA  | ARABE IMER       | MOUKOULOU MOKKI     |          | G125F01    | 18.23083305 | 11.87583351 | 15/11/2009     |
| GUERA  | ARABE IMER       | MOURAYE             |          | G126F01    | 18.15222168 | 12.13361073 | 31/03/2010     |
| GUERA  | DAGUELA          | MOURAYE             |          | G180F01    | 19.55611038 | 10.53805542 | 10/01/2010     |
| GUERA  | BEDIO            | MOURAYE             |          | G301F01    | 18.90888977 | 11.92333317 | 27/01/2010     |
| GUERA  | MIGAMI           | NAKOUS              |          | G255F01    | 19          | 12.36111069 | 23/01/2010     |
| GUERA  | DANGUELEAT       | NARBE               |          | G100F01    | 18.20222282 | 12.10722256 | 18/04/2010     |
| GUERA  | DAGUELA          | NGNAGARA            |          | G181F01    | 18.61055565 | 10.8661108  | 13/01/2010     |
| GUERA  | DADJO I          | NIKHEL              |          | G275F01    | 18.47972298 | 12.22722244 | 20/10/2009     |
| GUERA  | MOUBI GOZ        | OUAGA               |          | G314F01    | 19.84694481 | 12.60861111 | 02/07/2010     |
| GUERA  | MOUBI ZARGA      | OUAGA DOUNGOUS      |          | G390F01    | 19.47861099 | 12.53194427 | 14/12/2010     |
| GUERA  | MOUBI HADABA     | OUAIDALLAH DOUNGOUS |          | G361F01    | 19.58166695 | 12.97027779 | 23/10/2010     |
| GUERA  | KENGA            | OUALIA              |          | G167F01    | 18.17888832 | 11.80249977 | 17/11/2009     |
| GUERA  | MIGAMI           | OUDOULTI            |          | G256F01    | 18.93694496 | 12.28027821 | 05/03/2010     |
| GUERA  | MOUBI HADABA     | OUIERE              |          | G362F01    | 19.64416695 | 12.79249954 | 14/11/2010     |
| GUERA  | DAGUELA          | OULEYE              |          | G182F01    | 19.20833397 | 10.5419445  | 12/02/2010     |
| GUERA  | GROUPEMENT KOFFA | OUNOUM              |          | G283F01    | 18.62333298 | 11.48861122 | 12/11/2009     |
| GUERA  | MISSERIE-OYO     | OYO I               |          | G420F01    | 18.72888889 | 12.18666649 | 11/10/2009     |
| GUERA  | MISSERIE-OYO     | OYO II              |          | G286F01    | 18.72750092 | 12.19444466 | 17/10/2009     |
| GUERA  | GOGMI            | PHELDE              |          | G089F01    | 18.20249939 | 11.48222256 | 14/12/2009     |
| GUERA  | MOUBI ZARGA      | RAGUE DOUNGOUS      |          | G392F01    | 19.62722206 | 12.33472252 | 19/05/2010     |
| GUERA  | BEDIO            | RATCHO              |          | G302F01    | 18.77194405 | 11.89611149 | 08/12/2009     |
| GUERA  | MOKOFI           | RIDINA              |          | G065F01    | 17.43555641 | 11.66888905 | 04/04/2010     |
| GUERA  | DANGUELEAT       | RIGILE ZARGA        |          | G107F01    | 18.21222305 | 12.21277809 | 10/05/2010     |
| GUERA  | KENGA            | ROFONO              |          | G168F01    | 18.33555603 | 11.86527824 | 18/11/2009     |
| GUERA  | MELFI            | ROUKOUM             |          | G240F01    | 18.10472298 | 10.90138912 | 21/02/2010     |
| GUERA  | DADJO I          | ROUMOU              |          | G276F01    | 18.77972221 | 12.45972252 | 21/01/2010     |
| GUERA  | GOGMI            | SAFI                |          | G206F01    | 18.14638901 | 11.31305599 | 14/12/2009     |
| GUERA  |                  | SANNOUN             |          | B469F01    | 19.51166667 | 13.14361111 | 25/02/2011     |
| GUERA  | ARABE IMER       | SARA AL OUADA       |          | G127F01    | 18.07944489 | 12.08416653 | 02/04/2010     |
| GUERA  | ARABE IMER       | SARA ARABE C.L.     |          | G128F01    | 18.11361122 | 12.09888935 | 01/04/2010     |
| GUERA  | MOUBI ZARGA      | SARAF ABOU OUSBA    |          | G393F01    | 19.54638863 | 12.38888931 | 18/12/2010     |
| GUERA  | MOUBI ZARGA      | SARAF ABOUZBI III   |          | G394F01    | 19.54444504 | 12.39166641 | 17/12/2010     |
| GUERA  | KENGA            | SARAF ADJIDAD       |          | G169F01    | 18.36805534 | 11.92694473 | 19/11/2009     |
| GUERA  | MOUBI ZARGA      | SARAF II            |          | G395F01    | 19.54555511 | 12.39027786 | 19/12/2010     |
| GUERA  | DAGUELA          | SEGUEGOULA          |          | G183F01    | 18.92194366 | 10.56527805 | 11/01/2010     |
| GUERA  | GOGMI            | SESSE               |          | G207F01    | 17.67250061 | 11.31694412 | 17/02/2010     |
| GUERA  | GOGMI            | SIM II              |          | G208F01    | 18.0727787  | 11.29416656 | 12/12/2009     |
| GUERA  | DADJO I          | SIWILWIL            |          | G277F01    | 18.39805603 | 12.2033329  | 22/10/2009     |
| GUERA  | DADJO I          | SOURBODONG          |          | G438F01    | 18.58138847 | 12.18888855 | 18/10/2009     |
| GUERA  | MELFI            | TABI                |          | G241F01    | 17.62666702 | 10.76611137 | 08/02/2010     |
| GUERA  | MIGAMI           | TABO                |          | G257F01    | 18.903055   | 12.305      | 07/02/2011     |
| GUERA  | ARABE IMER       | TAGARKI             |          | G129F01    | 18.03805542 | 12.00722218 | 31/03/2010     |
| GUERA  | MIGAMI           | TAMADAYE            |          | G258F01    | 19.02777863 | 12.22194481 | 24/01/2010     |
| GUERA  | GOGMI            | TAMKI               |          | G088F01    | 18.2163887  | 11.48888874 | 13/12/2009     |
| GUERA  | MIGAMI           | TARRO               |          | G259F01    | 18.931944   | 12.121667   | 10/02/2011     |
| GUERA  | ARABE IMER       | TATARIME            |          | G130F01    | 18.17194366 | 11.98388863 | 24/10/2009     |
| GUERA  | MOUBI HADABA     | TAWIGUE HIDJER      |          | G363F01    | 19.54000092 | 12.70611095 | 23/11/2010     |
| GUERA  | MOUBI ZARGA      | TCHALE DOUNGOUS     |          | G396F01    | 19.55583382 | 12.44611073 | 23/01/2011     |
| GUERA  | MELFI            | TCHEKENE            |          | G242F01    | 18.15250015 | 11.17388916 | 17/12/2009     |
| GUERA  | DADJO I          | TCHOFIO             |          | G278F01    | 18.60777778 | 12.38916667 | 06/02/2011     |
| GUERA  | BEDIO            | TCHOKOR I           |          | G431F01    | 18.80888939 | 12.00222206 | 27/02/2011     |
| GUERA  | DANGUELEAT       | TCHORO              |          | G092F01    | 18.37638855 | 12.12055588 | 20/10/2009     |
| GUERA  | MELFI            | TEGALE              |          | G243F01    | 18.1744442  | 11.19499969 | 16/12/2009     |
| GUERA  | ARABE IMER       | TINTIR              |          | G131F01    | 18.15138817 | 11.95138931 | 09/11/2009     |
| GUERA  | DAGUELA          | TIKADOUMAK          |          | G184F01    | 18.63972282 | 10.7966671  | 16/02/2010     |
| GUERA  | ARABE IMER       | TORGUINE            |          | G132F01    | 18.22972298 | 11.98888874 | 23/10/2009     |
| GUERA  | GOGMI            | TOUDE               |          | G210F01    | 17.84861183 | 11.13166714 | 13/02/2010     |
| GUERA  | KENGA            | TOUNKA              |          | G455F01    | 18.17472267 | 12.08333302 | 17/04/2010     |
| GUERA  | ARABE IMER       | TOUNKA AL BARRA     |          | G133F01    | 18.18833351 | 12.15722179 | 09/05/2010     |
| GUERA  | ARABE IMER       | TOUNKA ARABE        |          | G134F01    | 18.1625     | 12.06861111 | 17/02/2011     |
| GUERA  | BEDIO            | TOUNKOUL            |          | G303F01    | 18.61527824 | 11.91222191 | 10/12/2009     |
| GUERA  | BEDIO            | TOUNKOUL II         |          | G439F01    | 18.60611153 | 11.91944408 | 09/12/2009     |
| GUERA  | GOGMI            | TOWELE              |          | G211F01    | 17.87083244 | 11.30472183 | 18/02/2010     |
| GUERA  | MOKOFI           | TRETRE              |          | G023F01    | 17.29722214 | 11.5583334  | 23/01/2011     |
| GUERA  | BEDIO            | WAWA                |          | G421F01    | 18.76972198 | 12.06499958 | 15/10/2009     |
| GUERA  | DADJO I          | ZAMA                |          | G419F01    | 18.37861061 | 12.16777802 | 23/10/2009     |
| GUERA  | BEDIO            | ZONI                |          | G432F01    | 18.78888893 | 12.04305553 | 16/10/2009     |
| GUERA  | DADJO I          | ZOURI               |          | G279F01    | 18.44722176 | 12.19833374 | 20/10/2009     |