



**ETUDE HYDRAULIQUE, HYDROLOGIQUE ET
HYDROGEOLOGIQUE DE LA ZONE AFFECTEE AU PROJET DE
CONSTRUCTION DU PORT EN EAU PROFONDE DE KRIBI**



Rapport N°1

Sommaire

TABLEAUX	6
FIGURES	9
ABREVIATIONS, SIGNES ET ACRONYMES	12
RESUME NON TECHNIQUE	14
INTRODUCTION GÉNÉRALE	22
GÉNÉRALITÉS	24
1.1 CADRE JURIDIQUE	24
1.1.1 POLITIQUE ENVIRONNEMENTALE AU CAMEROUN	24
1.1.1.1 Principaux enjeux	24
1.1.1.2 Conventions, traités et accords internationaux	25
1.1.2 CADRE NATIONAL LEGISLATIF ET REGLEMENTAIRE APPLICABLE A CETTE ETUDE	27
1.1.2.1 Loi No 96/12 du 5.8.1996 portant loi-cadre relatif à la gestion de l'environnement	27
1.1.2.2 Réglementation et procédures d'autorisation pour défrichement et exploitation forestière	28
1.1.2.3 Autres lois pour la protection de l'environnement applicables au projet	29
1.1.3 CADRE INTERNATIONAL DES BONNES PRATIQUES RETENU POUR L'ETUDE	33
1.1.3.1 Les politiques de sauvegarde de la Banque Mondiale	33
1.1.3.2 La gestion intégrée des ressources	34
1.2 CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL	34
1.2.1 CADRE PHYSIQUE	34
1.2.1.1 Localisation du projet	34
1.2.2 GEOGRAPHIE	36
1.2.3 ORGANISATION ADMINISTRATIVE	36
1.2.4 ACCES ET VOIES DE COMMUNICATION	38
1.2.5 GEOLOGIE	38
1.2.5.1 Caractéristiques régionales	38
1.2.5.2 Caractéristiques locales	41
1.2.5 PEDOLOGIE	43
1.2.5.1 Introduction	43
1.2.5.2 Méthodologie et instrumentation	43
1.2.5.2 Résultats obtenus	45
1.2.5.3 Analyse et commentaires des résultats	47
1.2.7 BOTANIQUE	48
1.2.5.1 Introduction	48
1.2.5.2 Méthodologie et instrumentation	48
1.2.5.2 Résultats obtenus	49
1.2.5.3 Analyse des résultats	54
1.2.5.4 Commentaires des résultats	62
1.2.8 CLIMATOLOGIE ET METEOROLOGIE	67
1.2.8.1 Pluviométrie	67
1.2.8.2 Températures	69

1.3	CONTEXTE SOCIAL	73
1.3.1	INTRODUCTION	73
1.3.2	LOCALISATION ADMINISTRATIVE DU SITE DU PROJET, STRUCTURE ET COMPOSITION DE LA ZONE 1 76	
1.3.2.1	<i>Localisation administrative du site du Projet</i>	76
1.3.2.2	<i>Structure et composition démographique</i>	78
1.3.2.3	<i>Population d'âge scolaire</i>	86
1.3.3	CONDITIONS DE VIE DES POPULATIONS DE LA ZONE 1	90
1.3.3.1	<i>Logement dans la zone 1 : mode d'occupation et matériaux de construction utilisés</i> ...	90
1.3.3.2	<i>Principal mode d'éclairage des ménages</i>	92
1.3.3.3	<i>Principal mode de déplacement et de communication des populations</i>	93
1.3.3.4	<i>Principal type d'énergie utilisé pour la cuisson et mode de conservation des aliments</i> 94	
1.3.4	ACTIVITES ECONOMIQUES DANS LA ZONE 1	95
1.3.4.1	<i>L'agriculture</i>	95
1.3.4.2	<i>La pêche</i>	99
1.3.4.3	<i>La chasse</i>	102
1.3.4.4	<i>L'élevage et le tourisme</i>	104
1.3.4.5	<i>Le tourisme</i>	107
1.3.5	EAU DOMESTIQUE ET ASSAINISSEMENT.....	109
1.3.5.1	<i>Approvisionnement en eau domestique</i>	109
1.3.6	PRINCIPALES CONCLUSIONS.....	118
2.	ÉTAT INITIAL	120
2.1	ÉTAT DES LIEUX DE L'OCCUPATION ACTUELLE DE L'ESPACE PAR LES RESSOURCES EN EAU.....	120
2.1.1	RESEAU HYDROGRAPHIQUE.....	120
2.1.1.1	<i>Le Nyong</i>	120
2.1.1.2	<i>La Lokoundjé</i>	121
2.1.1.3	<i>La Kienké</i>	122
2.1.1.4	<i>La Lobé</i>	123
2.1.1.5	<i>Le Ntem</i>	124
2.1.1.6	<i>Cours d'eau de la zone 1</i>	126
2.1.2	PRINCIPAUX BASSINS VERSANTS	128
2.1.3	OUVRAGES D'HYDRAULIQUE.....	133
2.1.4	ZONES INONDABLES.....	139
2.2	ÉVALUATION DU POTENTIEL EN EAU DU SITE DU PROJET.....	141
2.2.1	EAUX METEORIQUES	141
2.2.2	EAUX DE SURFACE	144
2.2.2.1	<i>Bilans hydrologiques</i>	144
2.2.2.2	<i>paramètres pour des périodes de retour T= 5, 10, 50 et 100 ans</i>	147
2.2.2.3	<i>Mesure directe des débits</i>	153
2.2.2.4	<i>Installation des stations limnimétriques</i>	153
2.2.2.5	<i>Exécution des jaugeages</i>	154
2.2.3	EAUX SOUTERRAINES.....	156
2.2.3.1	<i>Contexte géologique</i>	156

2.2.3.2	<i>Prospections géophysiques.....</i>	157
2.2.3.3	<i>identification, description et cartographie de l'aquifère à nappe libre</i>	162
2.2.3.3	<i>Détermination des paramètres hydrodynamiques</i>	169
2.3	DYNAMIQUE DES ECOULEMENTS DE SURFACE ET SOUTERRAINS.....	172
2.3.1	DYNAMIQUE DES ECOULEMENTS DE SURFACE	172
2.3.1.1	<i>Morphologie des bassins et des différentes lignes de courant</i>	172
2.3.2	CARTOGRAPHIE PIEZOMETRIQUE	176
2.3.2.1	<i>Données piézométriques</i>	176
2.3.2.2	<i>Cartes piézométriques.....</i>	177
2.3.2.3	<i>Cartes isopaches et isobathes.....</i>	179
2.3.2.4	<i>Analyse des cartes.....</i>	182
2.3.3	PARAMETRES HYDRO DYNAMIQUES.....	182
2.3.3.1	<i>Perméabilités en zone non saturée et en zone saturée dans le site l.....</i>	182
2.3.3.3	<i>Porosité efficace ou coefficient d'emmagasinement.....</i>	184
2.4	CARTOGRAPHIE DES FACTEURS INFLUENÇANT LA VARIABILITE SPATIALE ET TEMPORELLE DES PROCESSUS HYDROLOGIQUES, AINSI QUE LA DISPONIBILITE DES RESSOURCES EN EAU.....	184
2.4.1	TOPOGRAPHIE	185
2.3.3.1	<i>Elaboration du MNT.....</i>	185
2.3.3.2	<i>Analyse du MNT</i>	185
2.4.2	CARTE D'OCCUPATION DES SOLS	187
2.4.2.1	<i>Elaboration de la carte d'occupation des sols</i>	187
2.4.2.2	<i>Etat actuel de l'occupation des sols</i>	188
2.4.2	GEOLOGIE	191
2.4.3	PEDOLOGIE	193
2.5	PRESENTATION QUANTITATIVE ET QUALITATIVE DES RESSOURCES EN EAU.....	193
2.5.1	RESSOURCES EN EAUX DE SURFACE.....	193
2.5.1.1	<i>Présentation quantitative.....</i>	193
2.5.1.2	<i>Présentation qualitative</i>	194
2.5.2	RESSOURCES EN EAUX SOUTERRAINES	196
2.5.2.1	<i>Présentation quantitative.....</i>	196
2.5.1.2	<i>Présentation qualitative</i>	199
2.5.3	ANALYSE ET COMMENTAIRES DES RESULTATS D'ANALYSE DES EAUX	200
2.5.4	PARAMETRES BACTERIOLOGIQUES.....	203
3.	IMPACTS LIÉS AU TERRASSEMENT PRÉVU SUR LE SITE.....	205
3.1	IMPACTS PREVUS SUR L'HYDRAULIQUE	205
3.2	IMPACTS PREVUS SUR L'HYDROLOGIE.....	206
3.3	IMPACTS PREVUS SUR L'HYDROGEOLOGIE	206
4.	MESURES D'ATTÉNUATION ET DE BONIFICATION	207
4.1	PROPOSITIONS D'AMENAGEMENT DES COURS D'EAU	207
4.2	MESURES DE PROTECTION ET DE GESTION DES EAUX.....	207
4.3	BASE DE DONNEES DES RESSOURCES EN EAU SIG (SYSTEME D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE).....	209

4.3.1	CONCEPTION DE L'ARCHITECTURE DE LA BASE DE DONNEES	209
4.3.2	COLLECTE DES DONNEES	210
4.3.3	MISE EN FORMAT.....	210
4.3.4	INTERFACES DE LA BASE DE DONNEES SIG	210
CONCLUSION GÉNÉRALE		211
BIBLIOGRAPHIE.....		212
ANNEXES.....		216

Tableaux

Tableau 1: Conventions internationales pertinentes dans le cadre de l'étude	27
Tableau 2: Liste des Politiques opérationnelles de la Banque Mondiale s'appliquant à la réalisation de cette étude	34
Tableau 3: Trafic du port maritime secondaire de Kribi.....	37
Tableau 4: plantes médicinales et culinaires.....	60
Tableau 5: Caractéristiques hydrologiques de la zone 2	68
Tableau 7: Répartition par sexe de la population de la zone I.....	78
Tableau 8: Répartition des ménages selon les tranches d'âge.	79
Tableau 9: Répartition des ménages selon le niveau d'instruction	81
Tableau 10: Répartition des ménages selon le niveau d'instruction et l'origine ethnique.....	81
Tableau 11: Distribution des ménages selon la région d'origine et l'origine ethnique	82
Tableau 12: Distribution des ménages selon qu'ils soient chasseur ou non et l'origine ethnique.....	85
Tableau 13: Distribution des ménages selon qu'ils soient pêcheur ou non et l'origine ethnique.....	86
Tableau 14: Distribution des ménages selon la région pratiquée et l'origine ethnique.....	86
Tableau 15: Nourrissons, enfants, population scolarisable de la zone I.....	87
Tableau 16: Principal moyen de communication et l'origine ethnique des ménages	94
Tableau 17: Production agricole dans la zone I.....	98
Tableau 18: Nombre de têtes d'animaux par type d'élevage	105
Tableau 19: Possession et type de latrine dans la zone I.....	112
Tableau 20: Gestion des ordures dans la zone I.....	115
Tableau 21: Gestion des eaux usées dans la zone I.....	115
Tableau 22: Cas de maladies, notamment hydriques enregistrés par le Centre de santé EPC de NASSO	117

Tableau 23: quelques caractéristiques physiques des cours d'eau rencontrés dans la zone 1.....	127
Tableau 24: Coordonnées géographiques des stations de la façade atlantique	128
Tableau 25 : Caractéristiques de la pluviométrie journalière à tendance centrale	142
Tableau 26: Hauteurs de la pluie journalière pour différentes périodes de retour.....	142
Tableau 27: Caractéristiques de la pluviométrie mensuelle à tendance centrale.....	143
Tableau 28: Hauteurs de la pluie mensuelle pour différentes périodes de retour.....	143
Tableau 29: Hauteurs de la pluie annuelle pour différentes périodes de retour	143
Tableau 30: Bilan hydrique selon Thornthwaite.	146
Tableau 31: Caractéristiques de journalière maximale à tendance centrale.....	148
Tableau 32: Valeur de la température journalière maximale pour différentes périodes de retour...	148
Tableau 33: Caractéristiques de la température journalière minimale à tendance centrale	149
Tableau 34: Valeur de la température journalière minimale pour différentes périodes de retour ...	149
Tableau 35: Caractéristiques de la température journalière moyenne à tendance centrale.....	150
Tableau 36: Valeur de la température journalière moyenne pour différentes périodes de retour ...	150
Tableau 37: Valeur de l'écart diurne pour différentes périodes de retour.....	151
Tableau 38: débits maximums pour différentes périodes de retour	152
Tableau 39: Débits minimums pour différentes périodes de retour	152
Tableau 40: Débits moyens pour différentes périodes de retour.....	153
Tableau 41: Ouvrages suivis en Novembre 2010	165
Tableau 42: principales caractéristiques des cours d'eau.....	176
Tableau 43: Quelques valeurs du transport solide.....	176
Tableau 44: Données piézométriques de la zone I (Novembre 2010).	177
Tableau 45: Perméabilités des formations d'altération en zone non saturée.....	183
Tableau 46: Perméabilités des formations d'altération en zone saturée	183
Tableau 47: Porosités efficace (ou Coefficient d'emménagement) des formations d'altération de la zone saturée du site I	184

Tableau 48: Proportion relative de chaque classe d'occupation des sols.....	190
Tableau 49: Liste des jaugeages réalisés	194
Tableau 50: Valeurs significatives des régimes hydrologiques de la façade atlantique	194
Tableau 51: Caractéristiques physico chimiques des eaux des rivières, de la pluie et de la mer dans la zone 1	195
Tableau 52: Caractéristiques physico chimiques des eaux des rivières, de la pluie et de la mer dans la zone 1 (suite et fin).....	196
Tableau 53: Volume d'eau souterraine de la nappe libre du site 1	197
Tableau 54: Paramètres physico chimiques du site I de la zone d'étude	200
Tableau 55: Relation entre conductivité et minéralisation (Detay 1993).....	201
Tableau 56: Normes des eaux de consommation fixées par l'OMS (1982)	202
Tableau 57: Paramètres bactériologiques du site I de la zone d'étude	205

Figures

Figure 1 : Carte de la Région du Sud.....	35
Figure 2 : Le Rocher du Loup marque la limite Sud du DUP.....	35
Figure 3 : Peuplement de rotang dans le sous-bois	51
Figure 4 : Vieille jachère	52
Figure 5 : Peuplements de <i>Podococcus mannii</i>	53
Figure 6 : Mangrove à <i>Rhizophora racemosa</i>	54
Figure 7: Les familles les plus représentées	55
Figure 8: <i>Calophyllum inophyllum</i>	56
Figure 9: Déchets divers sur la plage.....	64
Figure 10: Déchets divers sur la zone de balancements des marées.....	64
Figure 11: Déchets de fruits divers.....	65
Figure 12: Cours d'eau après l'embouchure allant vers la zone d'inondation temporaire	65
Figure 13: Diaspores de <i>Nypa fruticans</i>	66
Figure 14: Variation du nombre de jours de pluies durant l'année	69
Figure 15: Pluviométrie moyenne mensuelle à Kribi (1950 – 2010)	69
Figure 16: Fluctuation de la température moyenne maximale annuelle à Kribi.....	70
Figure 17: Fluctuation de la température moyenne annuelle à Kribi	70
Figure 18: Fluctuation de la température moyenne minimale annuelle à Kribi	71
Figure 19: Températures moyennes mensuelles du Cameroun à partir des données non homogénéisées de la période 1955 – 2002 (Extrait de la thèse de Daniel Sighomnou, 2004).....	72
Figure 20: Localisation du site du projet de Port en Eau Profonde de Kribi	77
Figure 21: Répartition par sexe des ménages de la zone I.....	79
Figure 22: Répartition des ménages de la zone I selon le statut matrimonial.....	80
Figure 23: Répartition des ménages de la zone I selon leur taille.....	83

Figure 24: Répartition des ménages de la zone I selon le statut socioprofessionnel	84
Figure 25: Répartition de la population d'âge scolaire en celle scolarisée et celle non scolarisée	88
Figure 26: Carte démographique	89
Figure 27: Statut d'occupation du logement dans la zone I.....	90
Figure 28: Etat de l'habitation dans la zone I.....	91
Figure 29: Principal mode d'éclairage des ménages de la zone I.....	92
Figure 30: Principal mode de déplacement des ménages de la zone I.	93
Figure 31 : Principal type d'énergie utilisée par ménages de la zone I.	94
Figure 32: Modes d'accès à la terre dans la zone 1.....	96
Figure 33: Ménages selon la taille des exploitations agricoles dans la zone 1.	97
Figure 34: Destination de la production agricole dans la zone 1.	99
Figure 35: Zones de pêche.....	100
Figure 36: Utilisation du produit de la pêche.....	101
Figure 37: Fréquence de la pêche dans les rivières.....	101
Figure 38: Utilisation du produit de la chasse.....	103
Figure 39: Vente du produit de la chasse.....	104
Figure 40: Types d'élevage pratiqué dans la zone I	105
Figure 41: Destination des produits de l'élevage dans la zone I	106
Figure 42: Vente annuelle des produits de l'élevage dans la zone I	106
Figure 43: Carte des activités économiques.....	108
Figure 44: Sources d'approvisionnement en eau domestique dans la zone I.....	110
Figure 45: Etat de sources d'approvisionnement en eau dans la zone.....	111
Figure 46: Attitude des ménages face au traitement de l'eau avant sa consommation	111
Figure 47: Etat des latrines dans la zone I.....	113
Figure 48: Position des latrines par rapport aux maisons d'habitation dans la zone I.	114
Figure 49: Profil en long du Nyong (Extrait de Olivry, 1986).....	121
Figure 50: Profil en long de la Lokoundjé (Extrait de Olivry, 1986).....	122

Figure 51: Profil en long de la Kienke (Extrait de Olivry, 1986).....	123
Figure 52: Profil en long de la Lobe (Extrait de Olivry, 1986).....	124
Figure 53: Profil en long du Ntem (Extrait de Olivry, 1986).....	126
Figure 54: Le bassin versant du Nyong (Extrait de Olivry, 1986).....	129
Figure 55: Le bassin versant de la Lokoundjé (Extrait de Olivry, 1986).....	129
Figure 56: Le bassin versant du Ntem (Extrait de Olivry, 1986).....	130
Figure 57: Les bassins versants de la Kienké et de la Lobe (Extrait de Olivry, 1986).....	131
Figure 58: Les cours d'eau de la zone 1.....	132
Figure 59: Zones susceptibles d'être inondées.....	140
Figure 60: Bilan hydrique selon Thornthwaite.....	147
Figure 61: Disposition spatiale des sondages géophysiques.....	161
Figure 62: Disposition spatiale des piézomètres.....	166
Figure 63: Profil en long du cours d'eau Dibètè (Mébéra).....	173
Figure 64: Profil en long du cours d'eau Etoumbwé Kobongwé.....	173
Figure 65: Profil en long du cours d'eau Na'Lambo.....	174
Figure 66: Profil en long du cours d'eau petit Kobongwé.....	175
Figure 67: Carte piézométrique de l'aquifère à nappe libre de la zone 1 (début novembre 2010) ...	178
Figure 68: Carte isopache du réservoir d'altérites de la zone 1 (début novembre 2010).....	180
Figure 69: Carte isobathe du réservoir d'altérites de la zone 1 (début novembre 2010).....	181
Figure 70: Modèle Numérique de Terrain de la zone I et ses environs.....	186
Figure 71: Distribution spatiale des pentes dans la zone I et ses environs.....	187
Figure 72: Carte d'occupation des sols de la zone I.....	189
Figure 73: Histogramme de la répartition des classes d'occupation des sols.....	191
Figure 74: Carte géologique de la zone I.....	192
Figure 75 : Modèle 3D du réservoir d'altérites.....	197

Abréviations, signes et acronymes

BM	: Bord de la Mer
CAMWATER	: Cameroon Water Utility
CF	: Coliformes Fécaux
DUP	: Déclaration d'Utilité Publique
ECAM	: Enquêtes Camerounaises Auprès des Ménages
EPC	: Eglise Presbytérienne Camerounaise
ETP	: Evapotranspiration Potentielle
ETR	: Evapotranspiration Réelle
FM	: Forêts Marécageuses
FSJ	: Forêts Secondaires Jeunes
FSV	: Forêts Secondaires Vieilles
GPS	: Global Positioning System
GWP-Caf	: Global Water Partnership-Central Africa
Hm	: Coefficient d'Humidité
ICBG	: International Cooperative Biodiversity Group
IEC	: Information, Education et Communication
LEP	: Lame d'Eau Disponible après la Pluie
M	: Mangrove
MINEP	: Ministère de l'Environnement et de la Protection de la Nature
MINEPAT	: Ministère de l'Economie, de la Planification et de l'Aménagement du Territoire
MNT	: Modèle Numérique de Terrain
NE	: Unité de l'Ayna
NW	: Unité du Bas Nyong
OMD	: Objectifs du Millénaire pour le Développement

OMS	: Organisation Mondiale de la Santé
PNGE	: Plan National de Gestion de l'Environnement
RFU	: Réserve en Eau Facilement Utilisable
RGPG	: Recensement Général des Populations et de l'Habitat
S	: Surplus disponible pour les écoulements
SF	: Streptocoques Fécaux
SIG	: Système d'Information Géographique
TDR	: Termes de Références
UA	: Union Africaine
VJ	: Vieilles Jachères

Résumé non technique

Cet ouvrage est le Rapport de l'Étude hydraulique, hydrologique et hydrogéologique de la zone affectée au projet de construction du port en eau profonde de Kribi Zone 1. Il a été préparé selon la législation du Cameroun, en tenant compte des normes et standards internationaux, dont ceux de la Banque Mondiale et les principes de Gestion Intégrée de ressources en Eaux.

Le Port en eau profonde de Kribi relève des projets dits structurants, c'est-à-dire porteurs de croissance, retenus dans le cadre de l'aménagement de nouvelles infrastructures portuaires. Ce projet est un complexe qui comportera non seulement des installations portuaires capables d'accueillir de grands navires, mais également et surtout de grandes infrastructures ferroviaires, routières, aéroportuaires, énergétiques, de télécommunications et sociales associées ainsi que les installations industrielles et urbaines.

Le projet est logé dans un domaine déclaré d'utilité publique. Cette Déclaration d'Utilité Publique (DUP) est située dans la région du Sud, département de l'Océan, dans la Commune rurale de Kribi 1. La zone ainsi délimitée se trouve sur la route départementale qui relie Kribi à Campo. Elle s'étend sur une trentaine de kilomètres en bordure de l'océan entre les localités de Grand Batanga au Nord et le Rocher du Loup au Sud, la limite Est étant la rivière Lobé et la limite Ouest la côte maritime. Le Rocher Du Loup qui borde la DUP au Sud est distant d'une quarantaine de kilomètres de la ville de Kribi.

La ville de Kribi qui accueille le projet du port en eau profonde est le Chef-lieu du département de l'Océan. C'est une ville d'une importance économique certaine qui abrite l'un des quatre ports que compte le Cameroun. C'est un port maritime secondaire bâti à l'embouchure de la *Kienke* sur l'océan atlantique. Le port de Kribi est le point d'aboutissement du pipeline Tchad/Cameroun. C'est une zone mixte comprenant des surfaces d'érosion et des plaines alluviales. Entre Kribi et Campo, la morphologie de détail montre un paysage composé de nombreuses petites collines séparées par des ruisseaux à débit lent et régulier. Ces collines ont un

profil en « demi-orange » assez classique en région équatoriale. L'espace concerné par la DUP est à peine ondulé et les collines qui y sont présentes ne dépassent généralement pas 200 m d'altitude. Le massif des Mamelles s'impose dans la limite Sud de la DUP.

Les formations géologiques de la région de Kribi comme celles du Sud-ouest du Cameroun appartiennent à quatre grandes unités lithologiques et structurales que sont le noyau ou socle archéen du Ntem, les unités du Bas Nyong, la couverture Néo protérozoïque ou groupe de Yaoundé, les formations sédimentaires représentant la couverture post Panafricaine. La région de Kribi et ses environs ont été soumis à une activité sismique modérée. Le plus fort tremblement de terre jusqu'alors rapporté est de magnitude 6 environ sur l'échelle de Richter. Ces tremblements de terre ont une origine peu profonde et quelques uns avaient des épïcêtres situés dans l'océan Atlantique. Les tremblements de terre de Kribi seraient probablement associés à deux structures tectoniques majeures caractéristiques de la région.

Quatre principaux types de sols se retrouvent dans la zone¹. Ce sont les sols de hautes altitudes, les sols des zones hautes ou de pente, les sols des zones moyennement basses, les sols des zones basses. Leurs caractéristiques physiques sont pauvres et toute action qui ne tient pas compte de sa gestion durable est vouée à l'échec. Ce sont les sols plus ou moins sans structure, de texture essentiellement sableuse à sablo-limoneuse. Ils sont peu perméables en surface, indiquant ainsi la présence d'une couche sous-jacente imperméable qui accueille une nappe perchée ou temporaire, indiquant que malgré la vitesse d'écoulement réduite, le sol parvient à drainer les eaux de surface.

La végétation naturelle de cette zone appartient au domaine de la forêt dense humide sempervirente guinéo-congolaise, secteur forestier sempervirent nigéro-camerouno-gabonais, district atlantique biafréen riche en Caesalpiniaceae. Cette végétation s'étend sur au moins 100 km de la côte du Nigeria en Guinée-Equatoriale. Mais elle est de nos jours bien anthropisée dans la zone 1 plus qu'ailleurs. A la faveur de cette perturbation avancée, plusieurs formations végétales se sont mises en place. Elles diffèrent par leurs physionomies et leurs compositions spécifiques.

Sur la carte satellitaire de la zone du port ces formations végétales ne sont pas bien individualisées. Ce qui rend difficile la détermination de leur dominance en termes de surface de recouvrement.

La mer élimine le plus de déchets dans les zones de balancements des marées. C'est la « poubelle » de la mer. Elle limite ainsi la pollution de la plage par certains déchets (débris végétaux, diaspores, débris plastiques, tissus, tisons de bouteille, chaussures, cuillères, sacs, etc.). Ce nettoyage naturel est d'une importance capitale pour une côte considérée comme l'un des pôles de développement économique.

La zone Kribi – Campo qui accueille le projet est souvent appelée la zone côtière du Cameroun. Elle se localise au Sud du quatrième parallèle et est soumise à un climat équatorial à quatre saisons inégalement réparties. En effet, avec une pluviométrie moyenne mensuelle de 239.3 mm, Kribi est soumis à une longue saison sèche arrosée de novembre à mars, le mois le plus sec étant le mois de janvier avec mm 64,1 mm de pluies suivi du mois de décembre avec 66.9mm de pluies. La petite saison de pluies dure trois mois, du mois d'avril au mois de juin. La petite saison sèche est la plus courte. Elle dure un mois et ne couvre que le mois de juillet. Vient enfin la grande saison de pluies qui dure aussi trois mois, du mois d'août au mois d'octobre, le mois le plus arrosé étant le mois de septembre avec 518 mm de pluies, suivi du mois d'octobre 491 mm de pluies. L'année la plus sèche a été 1983 avec 1556 mm de pluies et l'année la plus humide a été 1998 avec 4576 mm de pluies.

La population de la Zone I et de son voisinage immédiat, compte 103 habitants. Cette population est composée de 52 hommes et de 51 femmes représentant respectivement 50,49 % et 49,51 % de la population. Les 103 habitants dénombrés ci-dessus, sont répartis au sein de 16 ménages. Les chefs de ménage appartiennent ici à trois tranches d'âge à savoir : 30 à 40 ans, 40 à 50 ans et les plus de 50 ans. Cette dernière tranche est prépondérante et la moitié des chefs de ménages se retrouve dans celle-ci. Les chefs de ménage sont issus ici de deux régions à savoir : la Région du Sud et la Région du Littoral. Les ménages originaires de la Région du Sud, au nombre de quinze (15), sont les plus nombreux et représentent 93,73 % de l'effectif. Un seul ménage est originaire de la Région du Littoral et représente 6,25 % de l'effectif. Les ethnies présentes sont les Batanga, au nombre de neuf (9),

représentant 56,25 % de l'effectif, les Pygmées qui font cinq (05) ménages, représentant 31,25 % de l'effectif, un ménage Nfan, représentant 6,25 % de l'effectif.

La pêche est l'une des principales activités économiques de la zone I. Elle assure aux ménages qui la pratiquent en mer, un revenu hebdomadaire de l'ordre de 130 000 francs CFA. Une minimisation des perturbations consécutives au déguerpissement des pêcheurs peut passer par un meilleur encadrement de l'activité de la pêche à travers : les facilités accordées pour accéder au matériel de pêche (crédits, subventions), la formation des pêcheurs aux techniques assurant la préservation des ressources marines, etc. . Au même titre que la pêche, l'agriculture est l'une des importantes activités exercées dans la zone I. Toutefois, l'on relève le recours des populations à des techniques culturelles archaïques et l'absence d'irrigation avec pour corollaire de très faibles rendements agricoles.

L'une des doléances maintes fois exprimées par les ménages, est que mieux que les dédommagements, que des terres soient redistribuées aux populations déguerpies du site projet dans le site de recasement pour leur permettre de poursuivre cette activité. Comme dans l'ensemble du pays, la population de la zone I, est marquée par sa jeunesse. La population d'âge scolaire s'élève à soixante douze (72) habitants. Il convient de prévoir dans le cadre du réaménagement du site, des infrastructures scolaires pour la poursuite de l'instruction de cette jeunesse. Dans le même ordre d'idées, un effort d'alphabétisation est également à prévoir en direction des vingt trois (23) personnes non scolarisées constituées en grande majorité des pygmées. L'essentiel des activités économiques de la zone I (agriculture, pêche, chasse) est fortement liée à la nature. La minimisation de la perturbation par le Port en eau profonde de Kribi et les activités y afférant, passe par l'impératif de préservation de l'environnement et de l'équilibre des écosystèmes vitaux qui y sont présents.

L'état initial de la zone du projet décrit l'état des lieux de l'occupation actuelle de l'espace par les ressources en eau. On y retrouve :

- Le réseau hydrographique qui est dominé par la façade atlantique du Cameroun composée des cours inférieurs du Nyong, de la Lokoundjé, de la Kienké, de la Lobe et du Ntem . Dibete, Etoumbwe ou Grand Kobongwe, Na'lambo , Bekogno et Mbobigwe arrosent la zone 1 ;

- Les bassins versants des rivières citées ci-dessus ;
- Les ouvrages hydrauliques sur les rivières de la Zone 1 et les principaux drains qui s'y trouvent. Ces ouvrages sont généralement en phase de construction ;
- Les zones inondables qui occupent 32% de la superficie de la zone 1.

L'évaluation du potentiel en eau du site du projet a couvert :

- Les eaux de surface dont l'estimation de la pluviométrie a été faite à partir des isohyètes, à 2 425 mm. Les périodes de retour des pluies caractéristiques ont été calculées sur 5, 10, 50 et 100 ans, de même que les débits pris sur la Lobe à la station limnimétrique de Kribi ;
- Les autres paramètres pouvant influencer la variabilité spatiale et temporelle des processus hydrologiques, ainsi que la disponibilité des ressources en eau ;
- Les eaux souterraines par l'établissement du contexte géologique, la conduite de la prospection géophysique, l'identification, la description et la cartographie de l'aquifère à nappe libre du site I de la zone d'étude, la détermination des paramètres hydrodynamiques des aquifères.

La description de la dynamique des écoulements a distingué les écoulements de surface des écoulements souterrains.

- Les écoulements de surface ont exploré la morphologie des bassins et des différentes lignes de courant dans les cours d'eau présents dans le site de la zone 1 ;
- Les écoulements souterrains se sont intéressés à la cartographie piézométrique par l'acquisition des données piézométriques ; l'élaboration des cartes piézométriques, des cartes isopaches et isobathes et l'analyse desdites cartes ; la détermination des paramètres hydro dynamiques.

La cartographie des facteurs influençant la variabilité spatiale et temporelle des processus hydrologiques, ainsi que la disponibilité des ressources en eau a dressé des cartes d'occupation des sols, les cartes topographiques, le réseau hydrographique, les cartes pédologiques et les cartes géologiques.

La présentation quantitative et qualitative des ressources en eau a abordé les ressources en eaux de surfaces et les ressources en eaux souterraines.

Dans les eaux de surface les résultats des jaugeages ont produits des débits tous inférieurs à 500 litres/seconde pour la saison et, des matières en suspension qui sont tous inférieures à 10 mg/litre.

Dans les ressources en eaux souterraines un modèle 3D a été produit. Pour une porosité efficace d'environ 3.65% et un volume estimé à 6196226.93 m³, le volume d'eau souterraine du site 1 de la zone d'étude est de 226448.45 m³

L'analyse minéralogique et bactériologique des eaux dans l'ensemble montre des eaux acides ($4.84 \leq \text{pH} \leq 5.89$) à l'exception des eaux prélevées dans le piézomètre P1Z1 ($\text{pH} = 7.17$) qui est un puits aménagé servant d'alimentation en eau potable aux habitants du campement. Ce sont des eaux caractérisées par des minéralisations très faibles à faibles car les conductivités électriques sont dans l'ensemble inférieures à 65 $\mu\text{S}/\text{cm}$ sauf pour le puits P1Z1 qui enregistre une conductivité électrique de 138.50 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

En ce qui concerne les cations majeurs, les ions sodium sont les éléments les plus représentés ; ils sont suivis par les ions calcium. Le magnésium et le potassium sont peu significatifs. La forte teneur en calcium observée dans le piézomètre P1Z1 provient du béton (ciment) qui a permis l'aménagement de ce puits.

Tous les anions majeurs n'ont pas été analysés dans leur totalité. L'alcalinité totale mesurée dans ces eaux représente majoritairement les bicarbonates (HCO_3^-) qui sont bien représentés. Ils proviennent de la relation gaz carbonique atmosphérique avec de l'eau et de l'oxydation de la matière organique des sols. L'azote total et le phosphate total sont inexistantes. Il en est de même pour l'azote sous forme ammoniacal et nitrates. Les éléments en traces représentés ici par le zinc et le cuivre sont quasi inexistantes dans les eaux de la nappe libre du site I. On trouve un peu de fer dans les piézomètres P3Z1 et P4Z1.

Dans l'ensemble, la qualité des eaux de nappe du site répond aux normes de qualité des eaux de consommation fixées par l'OMS (1982) sauf pour le pH et le fer. Les paramètres bactériologiques qui ont fait l'objet de cette étude sont les germes

aérobie à 37°C ; les coliformes totaux ; les streptocoques fécaux (SF) et les coliformes fécaux (CF). La présence de germes aérobie, des coliformes totaux, des streptocoques et des coliformes fécaux dans toutes les eaux de la nappe libre du site témoignent ainsi d'une contamination fécale.

Quelques impacts sont identifiés sur l'hydraulique où le terrassement prévu affectera en premier les lits des cours d'eau qui de ce fait entraîneront des modifications des régimes hydrauliques de ces derniers et ce faisant, leurs caractéristiques originales. On note aussi d'éventuelles pollutions des ressources en eau par lessivage des hydrocarbures dans les eaux de surface et infiltration dans les eaux souterraines. Mais ce diagnostic ne sera convenablement développé que lorsque la désignation des travaux et l'affectation des sols seront faites. Sur l'hydrologie, le travail est amorcé et ne sera complété qu'avec un apport complémentaire de données. Cependant, Il est à craindre une pollution des eaux qui va entraîner des maladies d'origine hydriques du fait des pollutions diverses qui affectent les ressources en eau de surface (Tous les riverains ne s'approvisionnent en eau de boisson qu'à partir des cours d'eau). Plus, la stagnation des eaux en surface accentuera la prolifération des insectes.

Les impacts sur l'hydrogéologie sont entraînés par les grands ouvrages de terrassement qui perturberont la perméabilité des sols de la zone, compte tenu de la compaction qui s'en suivra. L'important potentiel en eaux souterraines du site investigué le prédispose à une exploitation intensive dans un proche avenir d'autant plus que la zone 1 abritera des établissements de type industriels et commerciaux. Le risque d'intrusion des eaux saumâtres de la mer dans ces aquifères pour cause d'excès de pompage doit être envisagé avec force et des études minutieuses devront être menées en vue de prescrire d'avance les seuils autorisés de pompage. La vulnérabilité des premiers niveaux du sous-sol en termes de diffusion de contaminations anthropiques devra être prise en considération dans les plans d'aménagement du site, surtout en matière d'assainissement et de drainage.

Les mesures d'atténuation et de bonification intègrent des propositions d'aménagement des cours d'eau. La recommandation est de faire des cours d'eau Dibète et Etoumbwé des drains principaux de l'Est vers l'Ouest qui seront ainsi aménagés pour les rendre compatibles avec l'objectif recherché. Sommes toutes,

des actions de recalibrage seront nécessaires. Celles-ci devront être réalisées dans le strict respect des fonctions desdits cours d'eau.

Pour ce qui est des mesures de protection et de gestion des eaux, la zone de terrassement est drainée par plusieurs cours d'eau. Ces ressources en eau seront affectées par les travaux de terrassement qui sont programmées dans la phase 1 des travaux. En vue d'assurer une bonne protection de ces ressources contre les pollutions éventuelles générées par l'activité qui prendra naissance sur ce site, il est nécessaire de prendre un minimum de mesures dont la prise en compte des niveaux statiques de l'aquifère à nappe libre du site pendant les terrassements ; l'aménagement des sources d'eau alternatives pour les populations riveraines ; la mise en place des mesures de prévention et de protection des nappes aux pollutions diverses (Géo membrane, argiles, bâches,...) et la sensibilisation et l'éducation des populations riveraines aux risques liés à la gestion et à la protection des ressources en eau ;

Un SIG (Système d'Information Géographique) s'est fait en plusieurs étapes après la conception de l'architecture de la base de données ; la collecte des données ; la mise au format des données. Les différentes interfaces de la base de données SIG sont le Modèle Numérique de Terrain ; la distribution spatiale des pentes ; les niveaux piézométriques ; la morphologie du toit du socle ; l'état d'occupation des sols ; les zones inondables ; le réseau hydrographique ; les bassins versants ; l'habitat ; Les voies de communication ; les ouvrages de franchissement des cours d'eau ; La géologie ; la zone I ; la zone de terrassement. Les quatre premières couches sont au format raster d'ESRI, cependant toutes les autres couches sont au format vecteur. Cette base de données est disponible sur un CD ROM avec des informations relatives aux différentes couches.

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Dans le cadre de son programme de développement, le Cameroun a décidé la construction d'un port en eau profonde au sud de Kribi. Le projet est conduit par un comité de pilotage créé par le Gouvernement et placé sous la tutelle du Ministère de l'Economie, de la Planification et de l'Aménagement du Territoire (MINEPAT).

Le Port en eau profond de Kribi relève des projets dits structurants, c'est-à-dire porteurs de croissance, retenus dans le cadre de l'aménagement de nouvelles infrastructures portuaires. Ce projet est un complexe qui comportera non seulement des installations portuaires capables d'accueillir de grands navires, mais également et surtout de grandes infrastructures ferroviaires, routières, aéroportuaires, énergétiques, de télécommunications et sociales associées ainsi que les installations industrielles et urbaines.

Par ce que garantir la pérennité de ces écosystèmes vitaux exige la planification efficace du développement des activités dans la zone, le **MINEPAT** a confié en octobre 2010 à l'ONG **GLOBAL WATER PARTNERSHIP-CENTRAL AFRICA (GWP-CAf)**, la réalisation d'une Étude hydraulique, hydrologique et hydrogéologique de la zone affectée au projet de construction du port, en harmonie avec la Conférence de Rio De Janeiro de 1992 qui a suscité une prise de conscience mondiale plus aigüe des menaces qui pèsent sur l'environnement et sur les ressources naturelles, dont l'eau en particulier et dont l'amenuisement progressif des ressources mobilisables se fait cruellement sentir, pour cause de développement industriel, urbain et agricole, auquel s'ajoutent une forte croissance démographique et les aléas du changement climatique.

L'étude se fera sur trois (03) zones qui ont été définies par le concepteur du projet. L'ensemble de l'opération doit être réalisé dans un délai maximum de sept (07) mois à compter de la date de notification du démarrage des opérations et selon le phasage prescrit par le Maître d'Ouvrage. Une mission de balayage sur le site s'est déjà effectuée du 21 au 25 octobre 2010 avec pour principaux objectifs la découverte physique du site, la vérification de l'accessibilité du site et l'estimation des conditions de travail.

La collecte des données proprement dite de la première phase sur le site a débuté le 28 octobre 2010. Les bases principales en étaient:

- Les Termes de références des études à mener ;
- La législation Camerounaise en vigueur pour la protection de l'environnement ;
- Le cadre international des bonnes pratiques retenu pour l'étude ;
- Les documents de base fournis par le l'Unité Opérationnelle du Comité de Pilotage et de Suivi du projet de Construction du Port en Eau profonde de Kribi.

Les TDR et les documents reçus de l'Unité Opérationnelle n'ont pas toujours été explicites sur les procédures dans certains thèmes et les délimitations géographiques. Mais les rendus attendus et les règles de l'art ont orienté la démarche déontologique, permettant ainsi de pallier à ces insuffisances. Ceci justifie le rappel des TDR et la méthodologie adaptée qui se trouvent au début de chaque thème. Le présent rapport conclut les travaux de la Phase I.

GÉNÉRALITÉS

1.1 Cadre juridique

L'objectif de ce paragraphe est de décrire le contexte institutionnel et réglementaire dans lequel le projet de construction du port en eau profonde de Kribi doit s'inscrire, en ce qui concerne l'étude pour ce qui est de l'étude hydraulique, hydrologique et hydrogéologique de la zone au Projet.

1.1.1 Politique environnementale au Cameroun

1.1.1.1 Principaux enjeux

La politique environnementale du Cameroun repose sur la protection de l'environnement et la gestion rationnelle des ressources naturelles pour un développement durable. Il s'agit de conserver la grande biodiversité qu'on y trouve tout en luttant contre la pauvreté par la maîtrise de la santé, l'éducation, le transport, la fourniture d'électricité et d'eau potable, le développement d'activités économiques durables.

Dans la foulée du Sommet de Rio de Janeiro de 1992, le Cameroun s'était engagé dans une démarche qui visait à définir une politique globale dans le domaine de l'environnement. Le décret No 92/069 du 9 avril 1992 a créé un cadre institutionnel à cet effet : le Ministère de l'Environnement et des Forêts, en Avril 1992, pour la planification et la gestion dynamique de l'environnement.

Le Cameroun a élaboré en 1996 un Plan National de Gestion de l'Environnement (PNGE). C'est un outil conçu comme « base d'orientation stratégique de protection de l'environnement et de mise en valeur rationnelle des ressources naturelles pour un développement durable » (Rapport du PNGE Vol.1 page 10). Il fixe les grandes orientations de la politique environnementale du Cameroun en termes de stratégies et d'actions à mener, « en intégrant à la fois les préoccupations régionales et les priorités sectorielles ».

Par ailleurs, une démarche sectorielle a permis d'associer à l'élaboration du PNGE les organismes et départements ministériels concernés par les questions

environnementales et de «définir les orientations politiques et stratégiques pour une gestion écologiquement durable des grands secteurs de l'économie nationale».

1.1.1.2 Conventions, traités et accords internationaux

Le Cameroun est signataire de conventions, codes, protocoles et accords internationaux qui viennent renforcer les instruments déjà existants au niveau national et surtout qui donnent de la crédibilité à sa politique de gestion efficace de l'environnement auprès des partenaires internationaux.

L'article 14(2) de la Loi No 96/12 du 5 août 1996 portant loi-cadre relatif à la gestion de l'environnement (ci-après désignée Loi-cadre de 1996) stipule que « l'Administration chargée de l'environnement doit s'assurer que les engagements internationaux du Cameroun en matière d'environnement sont introduits dans la législation et la politique nationale en la matière ». Le Cameroun a signé et ratifié un certain nombre de conventions internationales qui ont été prises en compte dans la présente étude. Ces conventions sont présentées au **Error! Reference source not found.** suivant.

Convention internationale (année d'adoption), objectifs et pertinence dans le cadre du projet	Action du Cameroun	Statut de conformité du projet
<p>Convention relative à la coopération en matière de protection et de mise en valeur du milieu marin et les zones côtières de l'Afrique de l'Ouest et du Centre (Abidjan, 1981)</p> <p>Cette convention vise à mettre en œuvre la gestion durable des ressources côtières et marines de l'Afrique Centrale et de l'Afrique de l'Ouest, en particulier le Golfe de Guinée.</p>	Ratification	Conforme

Convention internationale (année d'adoption), objectifs et pertinence dans le cadre du projet	Action du Cameroun	Statut de conformité du projet
<p>Convention africaine sur la conservation de la nature et des ressources naturelles (1968)</p> <p>Avec cette convention, tenue à Alger (Algérie), les membres de l'Union Africaine (UA) contractants se sont engagés à prendre les mesures nécessaires pour assurer la conservation, l'utilisation et le développement des sols, des eaux, de la flore et de la faune en se fondant sur des principes scientifiques et en prenant en considération les intérêts majeurs de la population.</p>	Ratification en 1977	Conforme
<p>Convention de Vienne pour la protection de la couche d'ozone (1985)</p> <p>Par cet instrument, les nations ont convenu de prendre des mesures appropriées pour protéger la santé de l'homme et de l'environnement des impacts négatifs résultant, ou pouvant résulter, d'activités humaines modifiant, ou susceptibles de modifier, la couche d'ozone.</p>	Adhésion 1989	Conforme (En application par le Protocole de Montréal)
<p>Protocole de Montréal relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone (1987)</p> <p>Entente internationale visant à protéger la couche d'ozone stratosphérique.</p>	Adhésion 1989	Conforme (Le Projet ne nécessite pas de substances interdites)
<p>Convention sur la diversité biologique (1992)</p> <p>Cette Convention tenue à Rio de Janeiro (Brésil) porte sur le développement de stratégies nationales pour la conservation et l'utilisation durable de la biodiversité biologique.</p>	Ratification 1994	Conforme

Convention internationale (année d'adoption), objectifs et pertinence dans le cadre du projet	Action du Cameroun	Statut de conformité du projet
<p>Convention-cadre des Nations-Unies sur les changements climatiques (1992)</p> <p>La Convention-cadre des Nations-Unies tenue à Rio de Janeiro (Brésil) sur les changements climatiques est le fondement des efforts pour lutter contre le réchauffement climatique. Elle a aussi été un des principaux outils utilisés par la communauté internationale pour promouvoir le développement durable.</p>	Ratification 1994	Conforme (En application par le protocole de Kyoto)
<p>Traité relatif à la conservation et à la gestion durable des écosystèmes forestiers d'Afrique centrale signé à Brazzaville, le 5 février 2005</p> <p>Ce traité a pour objectif la promotion de politiques coordonnées entre états pour la conservation et la gestion durable des forêts ainsi que la gestion de l'environnement.</p>	ratifié 2005	conforme

Tableau 1: Conventions internationales pertinentes dans le cadre de l'étude

1.1.2 Cadre national législatif et réglementaire applicable à cette étude

1.1.2.1 Loi No 96/12 du 5.8.1996 portant loi-cadre relatif à la gestion de l'environnement

La loi-cadre 96/12 du 5 août 1996 relative à la gestion de l'environnement fixe le cadre juridique de la gestion de l'environnement de la République du Cameroun. Elle découle du Plan de Gestion de l'Environnement établi en 1996. La loi-cadre institue également la démarche d'évaluation environnementale.

Selon cette loi, l'environnement est défini comme « l'ensemble des éléments naturels ou artificiels et des équilibres bio-géo-chimiques auxquels ils participent ainsi que les facteurs économiques, sociaux, et culturels qui favorisent l'existence, la transformation, et le développement du milieu, des organismes vivants et des activités humaines ».

En son chapitre 2 portant sur l'étude d'impact, la loi stipule, à l'article 17, que « le promoteur ou le maître d'ouvrage de tout projet d'aménagement, d'équipement, ou d'installation qui risque, en raison de sa dimension, de sa nature, ou des incidences des activités qui y sont exercées sur le milieu naturel, de porter atteinte à l'environnement, est tenu de réaliser, selon les prescriptions du cahier des charges, une étude d'impact permettant d'évaluer les incidences directes ou indirectes dudit projet sur l'équilibre écologique de la zone d'implantation ou de toute autre région, le cadre et la qualité de vie des populations et des incidences sur l'environnement en général ».

Cette étude doit comporter une description et une analyse de l'état initial du site et de son environnement physique, biologique, socio-économique et humain, en conformité avec le décret No 2005/0577 du 23 février 2005 fixant les modalités de réalisation des études d'impact environnemental et par l'arrêté du MINEP du 08 mars 2005 fixant les différentes catégories d'opération dont la réalisation y est soumise.

1.1.2.2 Réglementation et procédures d'autorisation pour défrichement et exploitation forestière

La réglementation et la procédure autorisant le défrichement et l'exploitation forestière sont définies dans l'article 73 de la Loi forestière de 1994 et l'article 110 de son décret d'application. La loi stipule qu'en cas de réalisation d'un projet de développement susceptible de causer la destruction d'une partie du domaine forestier national, ou en cas de désastre naturel aux conséquences semblables, l'administration en charge des forêts procède à une coupe de récupération, en régie ou par vente de coupe des bois concernés suivant des modalités fixées par décret.

Avant d'entreprendre des travaux sur une portion du domaine national, il est conseillé de :

- faire un inventaire pour évaluer les essences et les quantités de bois qui s'y trouvent;
- informer les autorités locales, administratives et traditionnelles avant le début des travaux.

Avec l'aide des populations locales et leurs représentants, le responsable du projet doit localiser, cartographier et marquer les ressources naturelles telles que les champs agricoles, les arbres fruitiers, les arbres sacrés, les arbres utilisés par la population pour la récolte de graines, les aires ayant une valeur particulière pour les habitants. L'usage du feu est strictement interdit pour défricher ou pour abattre un arbre.

Le responsable du projet doit tenir compte des ressources du milieu à protéger et respecter les intérêts des populations locales. Les agents locaux de l'Administration doivent, à sa demande, assister le responsable du projet, pour arriver à un règlement équitable de ses différends avec les populations riveraines.

Cette étude se limite uniquement aux essences ayant un rapport avec l'eau.

1.1.2.3 Autres lois pour la protection de l'environnement applicables au projet

Les dispositifs réglementaires destinés à encadrer la mise en œuvre d'une étude d'impact environnemental sont complétés par une série de lois ou décrets portant sur d'autres aspects. Ces derniers ont influé sur le déroulement de l'étude qui a tenu compte de leurs obligations notamment dans l'élaboration de la méthodologie utilisée et la définition des mesures d'atténuation et de compensation. Il s'agit de la loi No 98/005 du 14 avril 1998 portant régime de l'eau et ses décrets d'application;

Gestion de l'eau

La loi No 98/005 du 14 avril 1998 portant régime de l'eau définit les rôles, droits et devoirs respectifs du Gouvernement, des collectivités territoriales et des personnes morales ou physiques dans les domaines de l'utilisation, la gestion et la protection des eaux du Cameroun. Les articles importants pour cette étude sont repris ci-après :

Article 2 – (1) l'eau est un bien du patrimoine national dont l'État assure la protection et la gestion et en facilite l'accès à tous.

Article 2 – (2) Toutefois, l'État peut transférer toute ou partie de ces prérogatives aux Collectivités Territoriales Décentralisées. [...]

Article 6 – (1) Toute personne physique ou morale, propriétaire d'installation susceptible d'entraîner la pollution des eaux doit prendre toutes les mesures nécessaires pour limiter ou en supprimer les effets. Tout déchet doit être éliminé ou recyclé. Il est tenu d'informer le public sur les effets de la pollution et les mesures prises pour en compenser les effets. [...]

Article 7 – (1) En vue de protéger la qualité de l'eau destinée à l'alimentation, il est institué un périmètre de protection autour des points de captage, de traitement et de stockage des eaux.

Article 11 – Toute personne qui offre de l'eau en vue de l'alimentation humaine [...] est tenue de s'assurer de la conformité de la qualité de cette eau aux normes en vigueur.

Pour le moment, ces normes sont inexistantes.

Cette loi est supportée par 5 décrets d'application:

- Décret No 2001/161/PM du 08 mai 2001 fixant les attributions, l'organisation et le fonctionnement du Comité National de l'Eau.
- Décret No 2001/162/PM du 08 mai 2001 fixant les modalités de désignation des agents assermentés pour la surveillance et le contrôle de la qualité des eaux.
- Décret No 2001/163/PM du 08 mai 2001 réglementant les périmètres de protection autour des points de captage, de traitement et de stockage des eaux potabilisables.
- Décret No 2001/164/PM du 08 mai 2001 précisant les modalités et conditions de prélèvement des eaux de surface ou des eaux souterraines à des fins industrielles ou commerciales.
- Décret No 2001/165/PM du 08 mai 2001 précisant les modalités de protection des eaux de surface et des eaux souterraines contre la pollution.

Périmètres de protection des eaux potabilisables

Le Décret No 2001/162/PM du 08 mai 2001 réglemente les périmètres de protection autour des points de captage, de traitement et de stockage des eaux potabilisables. Ce décret définit les périmètres suivants :

- Périmètre de protection immédiate : aire de prévention ou aire géographique dans laquelle les ouvrages de captage, de traitement et de stockage des eaux peuvent être atteints par tout polluant sans que celui-ci soit dégradé ou dissous de façon suffisante, ou qu'il soit possible de le récupérer de manière efficace.
- Périmètre de protection rapprochée : aire de surveillance ou aire géographique qui comprend tout ou partie du bassin hydrologique qui est susceptible d'alimenter un point de captage d'eau existant ou éventuel.
- Périmètre de protection éloignée : aire de contrôle ou aire géographique située hors zone de surveillance.

Les terrains compris dans les périmètres de protection des eaux sont déclarés d'utilité publique. Les limites et les procédures d'établissement des périmètres de protection sont fixées dans l'acte autorisant le prélèvement par le Ministre de l'eau. Il n'existe pas de directives concernant la définition des périmètres de protection.

Sont interdits à l'intérieur des périmètres de protection immédiate :

- Le forage de puits, l'exploitation de carrières à ciel ouvert et le remblaiement d'excavations à ciel ouvert;
- Le transport et le dépôt de toutes matières susceptibles d'altérer la qualité des eaux;
- L'installation de canalisations, de réservoirs ou autres dépôts d'hydrocarbures, produits chimiques et eaux usées;
- L'établissement de toutes constructions superficielles ou souterraines;
- Le passage d'animaux et l'épandage d'engrais et pesticides.

Ce périmètre doit être délimité par une barrière en matériaux définitifs.

Protection de la qualité des eaux

Les rejets de substances potentiellement polluantes sont soumis à l'autorisation du Ministre de l'Eau. Les rejets antérieurs à la loi doivent s'y conformer dans un délai fixé par le décret d'application.

Le décret No 2001/165/PM définit les principes suivants :

Article 3 – (1) Sont interdits, les déversements, écoulements, rejets, infiltrations, enfouissements, épandages, dépôts directs ou indirects dans les eaux, de toute matière solide, liquide ou gazeuse et, en particulier, tout déchet industriel, agricole ou atomique susceptible :

- d'altérer la qualité des eaux de surface ou souterraines [...];
- de porter atteinte à la santé publique, à la faune et à la flore aquatiques [...] et aux animaux;
- de mettre en cause le développement économique et touristique des régions;
- de nuire à la qualité de la vie et au confort des riverains. [...]

Article 6 – Le Ministre chargé de l'Eau peut en fonction des conditions hydrogéologiques locales, fixer des prescriptions techniques particulières, pour l'implantation et la construction des ouvrages d'assainissement individuel ou collectif, notamment les latrines, les fosses septiques, les décanteurs digesteurs, puisards, les lits bactériens et les tranchées filtrantes drainées. [...]

Article 17 – (1) Le contrôle des déversements visés par le présent décret est exercé sous l'autorité du Ministre chargé de l'eau, de la santé publique, de l'environnement et le cas échéant, de l'agriculture et de l'élevage, des pêches et des industries animales. [...]

Prélèvements d'eau

Le décret No 2001/164/PM du 08 mai 2001 précise les modalités et conditions de prélèvement des eaux de surface ou des eaux souterraines à des fins industrielles ou commerciales. Ces prélèvements des eaux sont soumis à autorisation auprès du Ministère de l'Eau incluant la réalisation d'une étude d'impact.

Tout prélèvement à des fins industrielles et commerciales doit être doté d'un système de mesure des volumes et est soumis au paiement d'une redevance. Sont dispensés de paiement de la redevance les propriétaires ou exploitants des installations de prélèvement affectés à l'usage municipal des eaux ou de celles réalisées dans le cadre de l'hydraulique villageoise.

Qualité du sol et lutte contre la désertification et l'érosion

La loi-cadre de 1996 affirme la nécessité de protéger le sol, le sous-sol et les richesses qu'ils contiennent. Un décret d'application devra fixer les modalités de lutte contre la désertification, l'érosion, les pertes de terres arables et la pollution du sol et de ses ressources par les produits chimiques, les pesticides et les engrais. Les titulaires de titres miniers ou de titres de carrières sont tenus de remettre en état les sites exploités ou de supporter financièrement la remise en état par l'Administration.

1.1.3 Cadre international des bonnes pratiques retenu pour l'étude

Les organisations internationales ont élaboré de leur côté des directives auxquelles doivent se conformer les projets de grande envergure. Il s'agit notamment des politiques de sauvegarde de la Banque Mondiale.

1.1.3.1 Les politiques de sauvegarde de la Banque Mondiale

Afin de respecter les bonnes pratiques internationales, la réalisation de cette étude suit dans leurs principes les politiques applicables édictées par la Banque Mondiale. La Politique opérationnelle 4.09 sur la lutte antiparasitaire est applicable au projet.

Le **Error! Reference source not found.** ci-dessous reprend cette Politique opérationnelle de la Banque Mondiale s'appliquant habituellement à la réalisation de ce genre d'études et examine la façon dont cette directive a été prise en compte.

Politique opérationnelle PO	Résumé du contenu	Application à l'étude
4.09 – Lutte antiparasitaire, décembre 1998	Demande d'évaluer et de réglementer l'usage de pesticides dans le cadre du projet.	Recommandations du thème santé pour le contrôle des vecteurs de maladies – évaluations de la qualité de l'eau.

Tableau 2: Liste des Politiques opérationnelles de la Banque Mondiale s'appliquant à la réalisation de cette étude

1.1.3.2 La gestion intégrée des ressources

Les principes dits de Dublin sont également pris en compte pour garantir la gestion coordonnée des ressources en eau, des terres, ainsi que celle des ressources qui s'y rattachent, afin d'assurer le développement socioéconomique équitable tout en préservant la pérennité des écosystèmes vitaux

1.2 Contexte environnemental

1.2.1 Cadre physique

1.2.1.1 Localisation du projet

Le projet est logé dans un domaine déclaré d'utilité publique. Cette Déclaration d'Utilité Publique (DUP) est située dans la région du Sud, département de l'Océan, dans la Commune rurale de Kribi 1. La zone ainsi délimitée se trouve sur la route départementale qui relie Kribi à Campo. Elle s'étend sur une trentaine de kilomètres en bordure de l'océan entre les localités de Grand Batanga au Nord et le Rocher du Loup au Sud, la limite Est étant la rivière Lobé et la limite Ouest la côte maritime. Le Rocher Du Loup qui borde la DUP au Sud est distant d'une quarantaine de kilomètres de la ville de Kribi. La figure 2 présente la région du Sud. La photo XXX représente une vue du Rocher Du Loup.

En voiture uniquement depuis Yaoundé. Le parcours est le suivant :

- Yaoundé-Edéa: goudron, 179 km, 2 h 00
- Edéa-Kribi : goudron, 115 km, 1h30

- Kribi- Grand Batanga : piste moyenne, 10 km, 0h30
- Grand Batanga - Lolabé: piste approximative, 30 km, 1h30

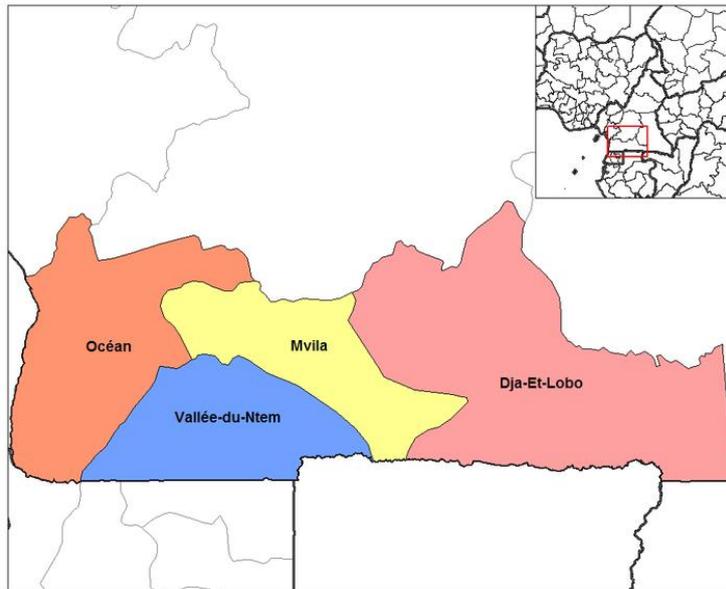


Figure 1 : Carte de la Région du Sud



Figure 2 : Le Rocher du Loup marque la limite Sud du DUP

1.2.2 Géographie

Dans l'ouvrage intitulé « Fleuves et Rivières du Cameroun », J.C. Olivry (1986) lie la morphogenèse des différentes unités tabulaires du Cameroun à différentes phases d'érosion qui, relevant d'une manière générale de la dynamique de l'eau, s'expliquent par des mouvements tectoniques généraux d'amplitude variable qui ont modifié au cours des temps géologiques le niveau de base du réseau hydrographique. Ce niveau de base correspond aujourd'hui à l'océan Atlantique qui borde la zone de Kribi dans laquelle se rencontrent les surfaces les plus basses.

Ce sont des zones mixtes comprenant des surfaces d'érosion et des plaines alluviales. Entre Kribi et Campo, la morphologie de détail montre un paysage composé de nombreuses petites collines séparées par des ruisseaux à débit lent et régulier. Ces collines ont un profil en « demi-orange » qui est reconnu par les géographes comme assez classique en région équatoriale. Ce paysage concerne la majeure partie des plaines sédimentaires de la façade maritime. L'espace concerné par la DUP est à peine ondulé et les collines qui y sont présentes ne dépassent généralement pas 200 m d'altitude. Le massif des Mamelles s'impose dans la limite Sud de la DUP. La partie la plus côtière est alluviale et les surfaces y sont subhorizontales.

Cette plaine littorale est continue après Campo. Elle est arrosée par le cours inférieur du *Nyong*, de la *Lokoundjé* et du *Ntem*. La couverture végétale y est forestière.

1.2.3 Organisation administrative

La Région du Sud a une superficie de 47191 Km². Elle compte quatre départements que sont :

- Le département du Dja et Lobo
- Le département de la Mvila
- Le département de l'Océan
- Le département de la Vallée du Ntem.

Le Chef-lieu de la Région est la ville d'Ebolowa dans le département de la Mvila. Cette Région est frontalière avec la république du Congo au Sud-est, celle du Gabon au Sud et la Guinée Equatoriale au Sud-ouest. Cette position en fait une zone de brassage qui ouvre les portes à des échanges commerciaux importants.

La ville de Kribi qui accueille le projet du port en eau profonde est le Chef-lieu du département de l'Océan. C'est une ville d'une importance économique certaine qui abrite l'un des quatre ports que compte le Cameroun. C'est un port maritime secondaire bâti à l'embouchure de la *Kienke* sur l'océan atlantique. Le port de Kribi est le point d'aboutissement du pipeline Tchad/Cameroun. Certaines études situent son trafic actuel à environ 82 000 tonnes par an, essentiellement constitué de bois, la dernière publication de l'Annuaire Statistique du Cameroun (2004) ayant arrêté ses investigations en 2001 sur le sujet (tableau3).

Avec 11280 Km², le département de l'Océan compte 9 arrondissements : Kribi 1^{er}, Kribi 2^e, Kribi 3^e, Akom II, Niété, Campo, Lolodorf, Bipindi, Mvengue. L'ensemble de la DUP, ainsi que La zone I concernée par le terrassement, relève sur le plan administratif de l'arrondissement de Kribi 1^{er}.

(Unité: tonne)

Année	Trafic	Douala-Bonabéri	Kribi	Limbé-Tiko	Garoua	Trafic total
1997	Importations	2 477 512	140	-	-	2 477 652
	Exportations	2 347 331	219 200	13 321	-	2 579 852
	Total	4 824 843	219 340	13 321	-	5 057 504
1998	Importations	2 839 700	132	-	-	2 839 832
	Exportations	2 280 549	140 203	-	4600	2 425 352
	Total	5 120 249	140 335	-	4600	5 265 184
1999	Importations	2 999 027	68	-	-	2 999 095
	Exportations	2 183 474	144 299	-	-	2 327 771
	Total	5 182 501	-	-	-	5 326 866
2000	Importations	3 210 211	17	-	-	3 210 228
	Exportations	2 152 689	121 798	-	-	2 274 487
	Total	5 362 900	121 815	-	-	5 484 715
2001	Importations	3 709 445	0	-	-	3 709 445
	Exportations	2 000 554	69 998	-	-	2 070 552
	Total	5 709 999	69 998	-	-	5 779 997
2002	Importations	3 939 088	-	-	-	3 939 088
	Exportations	1 933 778	-	-	-	1 933 778
	Total	5 872 866	-	-	-	5 872 866

Source : Ministère des Transports et APN

Tableau 3: Trafic du port maritime secondaire de Kribi

1.2.4 Accès et voies de communication

L'accès sur le site se fait à partir de Kribi par route, essentiellement en motos. Un car de transport en commun assure la liaison dans le sens Campo – Kribi en aller et retour et fait un voyage par jour. Les voitures des particuliers, généralement de grosses cylindrées en 4x4, sont les plus remarquables, la zone étant touristique et actuellement en grande prospection pétrolière.

L'axe Kribi - Campo est passablement couvert par les réseaux de téléphonie mobile présents au Cameroun.

1.2.5 Géologie

1.2.5.1 Caractéristiques régionales

Les formations géologiques de la région de Kribi ou plus globalement celles du Sud-ouest Cameroun appartiennent à quatre grandes unités lithologiques et structurales (carte géologique du SW du Cameroun au 1 / 500 000 de P. MAURIZOT ; 1986) que sont le noyau ou socle archéen du Ntem, les unités du Bas Nyong, la couverture Néo protérozoïque ou groupe de Yaoundé, les formations sédimentaires représentant la couverture post Panafricaine.

- **Le socle archéen du Ntem**

Le socle du Ntem fait partie d'un vaste ensemble d'âge archéen (3300 - 2500 Ma) connu sous le nom de Craton du Congo et partagé entre le Sud-Cameroun, le Sud de la République Centrafricaine, le Nord du Congo, du Gabon, et la Guinée Equatoriale. Lithologiquement, il est dominé par trois grands groupes de roches :

- le cortège de roches basiques ou ultrabasiques (green stones belts) et la série rubanée (gneiss granulitiques, leptynites, charnokites et enderbites);
- le complexe de roches intrusives (syénites, granites, granodiorites, tonalites et trondhjémites);
- les formations ferrifères (roches basiques et quartzites ferrifères).

Sur le plan structural et métamorphique l'unité du Ntem porte l'empreinte de deux principales phases de déformation synmétamorphique (Libérienne et Eburnéenne).

- **Les unités du Bas Nyong**

Dans ses bordures NW (unité du Bas Nyong) et NE (unité de l'Ayna), les anciennes roches archéennes du socle du Ntem ont subi les effets de l'orogénèse Eburnéenne (2400 – 1800Ma), postérieurement à l'orogénèse Libérienne. Au Sud-Ouest du Cameroun, l'unité du Bas Nyong est constituée de roches affleurant dans les régions de Kribi, Akom II, Lolodorf, Mvengué, Ngomedzap etc. Lithologiquement, il est dominé par deux grands groupes de roches :

- La série feuilletée (gneiss, amphibolites, quartzites et autres formations ferrifères)
- Le complexe de roches intrusives (syénites, gabbros, dolérites, granites, granodiorites, tonalites et trondhjémites);

Sur le plan structurale et métamorphique la tectonique post libérienne de rajeunissement du socle est marquée par une réorientation des structures selon des directions N40 à subméridienne, par une blastomylonitisation générale et par une reprise métamorphique dans les faciès granulite et amphibolite. Cette restructuration s'est accompagnée d'une migmatisation.

- **La couverture néo protérozoïque ou groupe de Yaoundé**

Les formations panafricaines (625-530 Ma) ou groupe de Yaoundé se développent essentiellement au Nord de Kribi, dans la zone littorale sous forme d'étroits synclinaux de direction subméridienne, discordant sur le socle Archéen et Paléoprotérozoïque. Ces formations représentent un ensemble homogène et peu varié, essentiellement formé de gneiss, de micaschistes, de migmatites et de quartzites. La phase majeure de déformation qui s'y développe est D₂. Elle se caractérise par une foliation S₂ plate à légèrement pentée vers le nord, s'accompagnant d'un déversement vers le Sud ou le Sud-Ouest des plis isoclinaux P₂ indiquant un chevauchement de grande ampleur de tout le groupe de Yaoundé sur le socle du Ntem. La linéation d'étirement L₂ qui accompagne ces plis est de direction N150 à N170. Cette tectonique s'est accompagnée d'un métamorphisme dans les faciès amphibolite (cœur de la nappe) et schiste vert (semelle de nappe).

- **Les formations sédimentaires (couverture post panafricaine)**

Au SW du Cameroun, la couverture sédimentaire est connue dans deux régions : au Sud de Kribi, dans la région de Campo, et à l'Ouest d'Edéa dans le bassin de Douala.

Dans la région de Campo, la série est d'âge Crétacé (Aptien) ; elle recouvre le socle en discordance et les faciès rencontrés sont :

- Les dépôts fluviatiles et littoraux, à l'embouchure du Nyong et de la Lokoundjé
- La pile sédiment (conglomérats, grès, siltites et shales) d'âge Crétacé supérieur à Pliocène inférieur représentée par des affleurements peu étendus sur la rive du Nyong et par une bande littorale de 2 Km de large dans la région de Campo.

Dans la région à l'Ouest d'Edéa les formations sédimentaires représentent un ensemble peu varié constitué de conglomérats, de marnes et de calcaires d'âge Sénonien, de grès et de marnes Eocènes, puis de sables Pliocènes.

En conclusion, les diverses descriptions faites à partir de la carte géologique du SW du Cameroun au 1/500 000 montrent que les formations géologiques de cette régions sont variées et présentent des âges allant de l'Archéen au Crétacé. Les formations du socle (Craton du Ntem) ont été affectées par l'orogénèse Libérienne (3300 - 2500 Ma). Par la suite, elles ont subi à leur bordure (unités du Bas Nyong et de l'Ayna), les effets de l'orogénèse Eburnéenne (2400 - 1800 Ma). Les formations du groupe de Yaoundé appartiennent à la couverture Néoprotérozoïque mise en place sur le socle du Ntem entre 630 - 550Ma. La couverture sédimentaire Phanérozoïque est présente dans la région de Campo et à l'Ouest d'Edéa.

Données sismiques régionales

La région de Kribi et ses environs ont été soumis à une activité sismique modérée. Le plus fort tremblement de terre jusqu'alors rapporté est de magnitude 6 environ sur

l'échelle de Richter. Au cours des cent dernières années, sept tremblements de terre ont été enregistrés. Depuis l'installation en 1984 du réseau de sismographes du Mt Cameroun, six secousses sismiques non ressenties par les populations ont été enregistrées pour la région de Kribi.

Notons que la plupart des séismes ayant affecté Kribi avaient une origine peu profonde et quelques-uns avaient des épacentres situés dans l'océan Atlantique. A titre d'exemple, le séisme du 23 juillet 2002 fut ressenti dans la région de Kribi et son épacentre se situait dans l'océan à 75 km à l'Ouest de Kribi.

Les tremblements de terre de Kribi seraient probablement associés à deux structures tectoniques majeures caractéristiques de la région. Ces structures comprennent d'une part, une série de failles constituant l'extension du système de failles de la Sanaga, et de l'autre celui de la ceinture de failles qui limite le craton du Congo (au Sud) et une zone au Nord du craton généralement appelé zone mobile, mise en place dans une dynamique cisailant de grande ampleur.

1.2.5.2 Caractéristiques locales

Les observations faites sur le terrain ont permis de définir trois faciès pétrologiques à savoir un faciès gneiss feuilletés (gneiss granulitiques), un faciès quartzites micacé et un ensemble basique.

- Les gneiss feuilletés (granulitiques)

Les gneiss granulitiques affleurent principalement le long de la côte océanique. Ce sont des roches très dures, produisant un son sec au marteau, d'aspect gris sombre, souvent mouchetées (Photos 1 et 2), et présentant une foliation gneissique très marquée. Cet ensemble pétrologique fait partie des formations rocheuses de la bordure nord du complexe du Ntem, partie Camerounaise du craton du Congo. Elle a subi l'orogénèse Eburnéenne qui lui a conféré la structure gneissique (foliation) que l'on observe à l'affleurement. Sa minéralogie est simple et comprend principalement du quartz, du feldspath, de l'amphibole et de l'orthopyroxène. La direction globale de

foliation est subméridienne et le pendage fort, souvent redressé est vers l'Ouest (Photos 3 et 4).

- Les quartzites micacés

Les quartzites micacés constituent une formation rocheuse située à l'intérieur du continent sur la zone 1 et se suit le long de la route Grand Batanga - Campo. Les quartzites sont constitués sur le plan minéralogique par du quartz (80 à 90%) et de micas blanc (muscovite). Cette formation pétrographique a subi un phénomène tectonique intense (tectonique cassante) et se débite en plaquettes (photo 5). Ce faciès pétrographique est marqué par une foliation plate, des plis isoclinaux droits quand ils sont visibles. Ces plis se matérialisent par des structures en antiforme et en synforme (photos 6 et 7) se traduisant par le gondolement du socle sur le site d'étude.

- L'ensemble basique

L'ensemble basique, constitué de gneiss à amphibole renferme en enclaves boudinés des roches ultrabasiques (amphibolites à pyroxène) riches en fer, faiblement aimantées (photo 8). À l'affleurement observé, la roche est très altérée et se suit sur 200 à 300 mètres sur la chaussée de la piste Kribi - Campo, après le pont sur le cours d'eau Kobongwe vers le Nord. Cet ensemble serait associé aux gneiss feuilletés de la zone mobile.

On rencontre cependant une bande de roches mylonitisées à la pointe sud de la zone 1, au sous le pont sur le cours d'eau Kobongwe. La roche a subi un laminage intense lors d'un cisaillement entre deux unités structurales et renferme des minéraux étirés. La roche a un aspect schisteux.

Notons également la présence d'une passée non cartographiable de roche sédimentaire à l'embouchure du cours d'eau Dibete, constituée de sable peu induré renfermant des galets arrondis du socle.

1.2.5 Pédologie

1.2.5.1 Introduction

L'utilisation des équipements lourds sur les sols tropicaux provoque la compaction de ceux-ci. Cette compaction a une incidence négative sur la porosité du sol, propriété essentielle qui régule la circulation de l'air et de l'eau du sol. L'étude pédologique de la zone 1, de ce fait entend apporter un ensemble d'informations, outil indispensable d'aide à la décision qui contribuera à la planification de l'occupation de l'espace, le développement des activités, le dimensionnement des ouvrages et la protection de l'environnement, ainsi qu'à la bonne gestion des ressources en eau.

Les Termes De Référence (TDR) initialement conçu pour l'opération ne prenaient pas en compte certaines caractéristiques du sol à savoir la granulométrie, la structure, la porosité et la consistance du sol, caractéristiques qui aideraient à mieux comprendre et expliquer la perméabilité des sols de la zone 1. Ces TDR ont été par conséquent réajustés par rapport à la prise en compte des caractéristiques explicatives de la perméabilité des sols de la zone considérée. Il faudra donc s'employer à la reconnaissance des sols, à leur observation détaillée et à leurs tests au laboratoire.

1.2.5.2 Méthodologie et instrumentation

La méthode de prospection de reconnaissance a été utilisée pour accéder à un nombre d'informations raisonnables sur la perméabilité des sols de la zone 1. Il s'agit d'une méthode de prospection pédologique préliminaire visant à obtenir rapidement des informations utiles pour les étapes successives de cette étude. Utilisée comme telle, cette méthode dans sa simplicité permet d'avoir un aperçu général sur les types de sols de la zone d'étude. Elle a donc le mérite d'être expéditive, compte tenu des délais impartis. Cependant, cette méthode restant approximative, il ne saurait être question de considérer comme rigoureuses les limites de types de sols, le temps et l'étendue de la zone à prospector ne permettant de faire que quelques

reconnaitances et quelques prélèvements des échantillons de sol pour les tests physiques au laboratoire.

Trois transects ont été ouverts à la machette suivant l'orientation est-ouest dans la partie médiane ainsi qu'aux deux extrémités de la zone d'étude. Des observations de 15m ont été faites à la tarière tous les dix centimètres jusqu' à 125cm de profondeur. Au cours de cette opération, les observations visuelles et physiques étaient faites sur la couleur du sol dont le ton et l'intensité étaient déterminés par le Munsell Soil Color Chart. D'autres paramètres du sol tels que la texture, la consistance, la présence des taches et des racines étaient relevées au cours de ces observations. Pour minimiser une lacune souvent inhérente à cette méthode de prospection, la sélection des types de sols représentatifs à ces observations était envisagée pour accéder davantage aux informations détaillées de la perméabilité des sols de la zone I.

Pour ce faire, des profils pédologiques étaient ouverts à l'aide de la pelle et de la pioche sur les différents types de sols retenus. Chaque profil creusé à l'aide de la pioche et de la pelle mesurait 2m de long, 1m de large et 15 m de profondeur. La description des profils était faite suivant la méthode traditionnelle consistant à l'examen du profil horizon par horizon. Au terme de l'examen, un prélèvement des échantillons de sol non perturbés était effectué pour les tests de perméabilité du sol à l'état saturé, la granulométrie, la porosité et l'analyse chimique du sol. La méthode de test de conductivité hydraulique utilisée était celle du perméamètre à tête constante conformément à la loi de Darcy. Cette méthode présente l'avantage d'être simple, rapide et plus précise que plusieurs autres méthodes, le test se fait par horizon individuel. Par contre elle présente quelques limites, l'hystérèse étant un phénomène communément rencontré pour les tests reprenant les mêmes échantillons de sol.

Pour compléter cette étude de la dynamique de l'eau dans le sol, il a été important de mener des tests supplémentaires sur la porosité totale et le rapport des espaces vides des échantillons. La porosité totale renseignant sur le pourcentage des pores qui assurent la circulation de l'eau et de l'air, le rapport des espaces vides permet de calculer la part des pores effectivement responsables de la circulation de l'eau dans

le sol. En pratique, le rapport des espaces vides est un indice préféré en ingénierie et en mécanique du sol.

1.2.5.2 Résultats obtenus

- **Principaux types de sols, leur localisation**

L'exploration de reconnaissance a permis de déterminer d'amont en aval de la zone 1 quatre principaux types de sols que sont les sols de hautes altitudes, les sols des zones hautes ou de pente, les sols des zones moyennement basses, les sols des zones basses.

- Les sols de haute altitude

Ces sols se rencontrent dans la partie de la zone dont l'altitude est comprise entre 20m et 30m. Ces sols sont caractérisés par la présence des affleurements rocheux le long des cours d'eau et les flancs de vallée. Compte tenu de ce qui précède, très peu d'attention a été portée sur la caractérisation de ce type de sol.

- Sols des zones de moyenne altitude

Ces zones sont assez accidentées du fait de l'existence de nombreuses petites rivières profondément enfoncées dans le socle (les affleurements rocheux sont nombreux dans les lits des rivières). La figure 2a montre le profil pédologique de ce type de sol. Ces sols se rencontrent sur les côtes, notamment sur les reliefs plus ou moins marqués donnant lieu à la présence des cours d'eau et des marécages en aval des dépressions. Les observations sur le terrain indiquent qu'il s'agirait des sols ferralitiques jaune rougeâtre désaturés (10YR3/2 à 10 YR5/8), de texture sablo argileuse en surface à argileuse en profondeur. Ces sols sont profonds comportant des Quartzites et des Mylonites plus ou moins altérés. Ils affleurent plus ou moins le long des cours d'eau ou des milieux découverts par l'érosion ou d'autres activités anthropiques les exposent. Ce sont les sols peu structurés et moyennement poreux. Malgré la dominance de la microporosité, **le drainage de ces sols n'est pas un facteur limitant**

- Les sols des zones moyennement basses

Par rapport aux sols précédents, ce sont des sols à nappe phréatique profonde (>1,5 m de la surface du sol). Les profils pédologiques P3 et P4 illustrent les caractéristiques physiques de ces sols. Ils sont de couleur jaune grisâtre en surface. Leur texture est sablo limoneuse dans les 30 premiers centimètres du profil et tendant vers une texture sablo argileuse en profondeur. Ce sont des sols légèrement friables, sans structure dans les dix premiers centimètres, mais présentant une structure moyennement développée en profondeur. Leur cohérence augmente en fonction de la profondeur. Ce sont les **sols poreux avec une prépondérance de la microporosité**.

- Les sols des zones basses

Ces sols constituent la plateforme basse de la zone d'étude précédant les étendues immergées (marécages, lacs, etc.). Il est à noter que cet abaissement du socle vers la mer correspond à une zone peu accidentée et sans relief marqué (P1 et P5). Ce sont les sols sujets aux variations temporelles de la nappe phréatique dont le niveau en période humide se situe entre 0 et 1,50cm. Sur deux transects ouverts d'Est en Ouest, les sondages à la tarière ont permis d'observer dans la plupart des cas que la nappe phréatique se situe à moins de 70 cm de profondeur. La couleur matricielle de ces sols varie du gris foncé en surface au gris clair en profondeur, indiquant plus ou moins l'absence de l'argile dans la formation du complexe. Ce sont les sols d'apport alluvial de texture sablo-limoneuse à sableuse, non collants, très meubles à meubles, sans structure et portant de nombreuses racines enchevêtrées en surface.

- **Résultats des tests de perméabilité, de porosité et des rapports des espaces vides des agrégats**

Le résultat des tests de perméabilité montre d'une part, que les profils des sols des zones de hautes et moyennes altitudes drainent moins lentement l'eau qui leur est appliquée en surface par rapport aux couches sous-jacentes. Par contre les profils des sols des zones moins basses et basses exhibent une bonne perméabilité dans les horizons de surface. D'autre part, la porosité et le rapport des espaces vides varient dans un sens **tout à fait contraire à la perméabilité**.

1.2.5.3 Analyse et commentaires des résultats

Les observations de reconnaissance ainsi qu'un certain nombre de tests physiques permettent de comprendre le mécanisme de perméabilité des sols de la zone 1. Quoique d'autres tests soient encore en cours, ces résultats primaires nous permettent déjà de comprendre cet écosystème dans sa complexité. En effet, la première complexité naît des types de sols relativement originaux de la zone, les premiers résultats de cette étude indiquant qu'il s'agit d'un milieu fragile en équilibre. Les caractéristiques physiques des sols de la zone sont pauvres et toute action qui ne tient pas compte de sa gestion durable est vouée à l'échec. Ce sont les sols plus ou moins sans structure, de texture essentiellement sableuse à sablo-limoneuse.

Les résultats des tests de perméabilité ont montré que certains sols sont peu perméables en surface, indiquant ainsi la présence d'une couche sous-jacente imperméable. C'est un phénomène courant dans ce type de sols. En effet le sable fin des horizons de surface tend à obstruer les pores des horizons sous-jacents. Ce qui réduit la perméabilité des eaux de pluie. C'est un phénomène généralement observé sur les milieux exposés par suite d'une influence anthropique. On parle d'une nappe perchée ou temporaire, indiquant que malgré la vitesse d'écoulement réduite, le sol parvient à drainer les eaux de surface. Le phénomène de perméabilité des sols de la zone n'est pas uniquement propre aux sols sableux, les résultats de cette étude montrent qu'il s'agit ici d'un phénomène général des sols de cette zone tels que ceux des zones moyennement basses. Par conséquent, la préoccupation de cette étude était de cerner les grands problèmes de perméabilité des sols de la zone 1 et d'en proposer les solutions

Il n'est donc pas exclu que les grands ouvrages de terrassement viennent perturber la perméabilité des sols de la zone étant donné que la compaction du sol provoquée par l'introduction des ouvrages risquera de compromettre la perméabilité des sols que seul tout un ensemble de mesures d'assainissement comme le drainage aideront à résoudre pour la survie du projet.

Ces premiers résultats serviront de bases de données pour le suivi du projet.

1.2.7 Botanique

1.2.5.1 Introduction

Les rapports entre la végétation et l'eau sont loin de se limiter à ce rôle nutritif que cette dernière exerce sur les premières. En effet, il existe des essences végétales à l'instar des *Phytolacca Dodecandra* dont les fruits ont des propriétés destructrices pour les larves de la bilharziose et certaines autres à l'instar *Sclerocarya Birrea* qui ont un réel besoin d'eau et dont la présence en milieu forestier indiquerait l'existence d'une nappe d'eau souterraine à l'endroit. De même, la présence du genre *Rhizophora* sur la côte indique l'existence d'une zone de balancement des marées dans laquelle la mer élimine beaucoup des déchets. Il crée ainsi un milieu épurateur des eaux au niveau des embouchures de certains cours d'eau.

Il est donc impératif de faire une étude floristique qui pourra orienter la prise des décisions pouvant en déclencher la bonne gestion du régime de l'eau dans la zone du port en eau profonde de Kribi. Il est alors question pour la botanique de :

- Présenter le contexte botanique régional qui comprend la végétation originelle, les facteurs de la sécondarisation et la destruction des forêts ;
- Décrire succinctement la végétation de la zone 1 sur la base des observations de terrain et des documents disponibles ;
- Commenter sur la sécondarisation et la destruction des forêts, le rôle de la végétation dans la pollution de la plage, l'influence de la mer sur la végétation, le rôle joué par la végétation et l'interaction homme-plante dans le maintien du régime de l'eau, en fonction des observations de terrain et de la littérature.

1.2.5.2 Méthodologie et instrumentation

L'inventaire des espèces végétales dans la zone 1 a été réalisé selon la méthode de transects de longueurs variables, placés dans toutes les formations végétales et surtout dans les endroits à forts peuplements d'arbres. Ce positionnement des transects vise le recensement de beaucoup d'espèces dans un milieu fortement dégradé. Au total 8 transects ont été échantillonnés. Tous les arbres et arbrisseaux ont été pris en compte, ainsi que les types de sous-bois. Deux transects (2 et 5) sont placés dans une vieille forêt secondaire. Le transect trois traverse une vieille forêt

secondaire, les cours d'eau Grand Kobongwe et Na'lambo, un marécage et le champ de plantain. Les transects 4 et 6 sont localisés dans une jeune forêt secondaire. Le transect 5 est placé dans une vieille forêt secondaire à relief très accidenté constituée d'une alternance de collines abruptes et des bas-fonds. Le transect 7 part des rives de la rivière Tatalé et traverse une vieille forêt secondaire côtière. Enfin le transect 8 est placé à la limite sud de la zone 1 au niveau de la rivière Bekanjo

La collecte d'autres échantillons a été également faite hors des transects, notamment dans les embouchures des cours d'eau, les champs, les jachères et l'agro forêt. Cette méthodologie permet d'identifier le plus grand nombre d'espèces possibles. Elle peut mieux aider à détecter les caractéristiques spécifiques des formations végétales. Ces caractéristiques permettent de mieux répartir les forêts en fonction des espèces dont elles regorgent.

Les observations et les enquêtes auprès des guides locaux ont permis de déterminer les influences de ces faciès de végétations ou de certaines de leurs espèces sur l'eau douce ou sur l'eau de mer. Les observations ont également permis d'identifier des matériaux végétaux qui polluent la côte d'une part et l'influence de la mer sur les plantes d'autre part. Les enquêtes ont également permis de rechercher les interactions hommes-plantes pouvant influencer la gestion de l'eau dans la zone.

L'identification des échantillons des plantes, accompagnés des notes de terrain ont été confirmés au Musée Ecologique du Millénaire. Les familles dominantes des plantes ont été déterminées, ainsi que la répartition des espèces en fonction des habitats et des familles. Le support informatique utilisé est le logiciel Excel.

1.2.5.2 Résultats obtenus

Aperçu phytogéographique global

La zone du projet présente une réelle richesse et une réelle variété floristique. Cela vient du fait que l'ensemble de la zone a servi de refuge aux espèces d'Afrique Centrale pendant la dernière glaciation du quaternaire, ainsi que l'ont montré des recherches récentes (Tchouto *et al.*, 2009).

Selon la classification de Letouzey, la végétation naturelle de cette zone appartient au domaine de la forêt dense humide sempervirente guinéo-congolaise, secteur forestier sempervirent nigéro-camerouno-gabonais, district atlantique biafréen riche en Caesalpiniaceae. Cette végétation s'étend sur au moins 100 km de la côte du Nigeria en Guinée-Equatoriale. Mais elle est de nos jours bien anthropisée dans la zone 1 plus qu'ailleurs. A la faveur de cette perturbation avancée, plusieurs formations végétales se sont mises en place. Elles diffèrent par leurs physionomies et leurs compositions spécifiques. Sur la carte satellitaire de la zone du port ces formations végétales ne sont pas bien individualisées. Ce qui rend difficile la détermination de leur dominance en termes de surface de recouvrement.

Caractéristiques locales

Treize principales formations végétales se rencontrent dans la zone 1. Dix d'entre-elles sont dérivées principalement des activités humaines à savoir l'agriculture, l'exportation du bois et le tourisme.

- **Formations végétales fortement influencées par l'Homme : espèces caractéristiques et types de sous-bois.**
 - L'agro forêt (site valorisé par l'homme) : c'est une formation la plus distincte sur la carte satellite. Elle est le domaine des espèces introduites (arbre fruitiers et ornementaux). Il s'agit de *Citrus aurantifolia*, *Citrus grandis*, *Ficus* sp, *Terminalia mentaty* et *Eucalyptus* sp ;
 - Les forêts sempervirentes secondaires vieilles avec prédominance des espèces caractéristiques comme *Pycnanthus angolensis*, *Zanthoxylum heitzii* et *Zanthoxylum tessmannii*. La canopée discontinue est dominée par des espèces comme *Ochthocosmus calothyrsus*, *Coelocaryon preussii*, *Calpocalyx dinklagei*, *Anthonotha fragrans*, *Aphanocalyx margininervatus*, *Brachystegia cynometroides* et *Azelia bipindensis*. Le sous-bois est arbustif. Il est formé notamment de *Meiocarpidium lepidotum*, *Anchomanes diformis* et des rotangs comme *Calamus deerratus*, *Ancistrophyllum secundiflorum* et *Leptonychia* sp.



Figure 3 : Peuplement de rotang dans le sous-bois

- Les forêts sempervirentes secondaires jeunes avec prédominance des espèces comme *Lophira alata*, *Pycnanthus angolensis*, *Uapaca* spp, *Sterculia tragacantha*, *Spathodea campanulata*, *Sterculia tragacantha*, *Tabernaemontana crassa* et *Anthocleista vogelii*. Le sous-bois est constitué d'herbacées comme *Nephrolepis biserrata* et *Scleria boivinii* et diverses espèces de jeunes rotangs dont *Oncocalamus mannii*, *Lacosperma opacum* et *L. secundiflorum* ;
- Les forêts ripicoles à *Berlinia bracteosa*, *Tetraberlinia bifoliolata* et *Santiria trimera* ;
- Les forêts marécageuses : ces formations ont une canopée dominée par des espèces comme *Anthostema aubryanum*, *Maesobotrya staudtii*, *Pausinystalia yohimbe*, *Santira trimera* et *Uapaca paludosa*. Le sous-bois est boueux avec par endroits des herbacées comme *Amorphophallus* sp. et *Cyrtosperma senegalense* ;

- Les vieilles jachères à *Musanga cecropioides*, *Alchornea floribunda* et *Harungana madagascariensis*.



Figure 4 : Vieille jachère

- Les forêts littorales proprement dites (bords de mer): Elles longent la mer sur le sable. La canopée discontinue est dominée par des espèces comme *Calophyllum inophyllum*, *Terminalia catappa*, *Lebreniodendron leptathum*, *Ficus* sp, *Manilkara lacera*, *Manilkara obovata*, *Mezoneuron penthamianum* et *Milletia* sp. *Syzygium guineense* var. Littorale ;
- Diverses formations secondaires se sont développées à la faveur des activités agricoles. Ce sont :

Le champ de plantain d'une superficie d'environ 10 ha dominé par endroits par des espèces pionnières comme *Trema orientalis* et *Alchornea cordifolia*,

Le champ de manioc d'une superficie supérieure à 1ha localisé à la limite Nord de la zone 1. Les arbres comme *Desbordesia glaucescens*, *Vitex* sp, et *Ficus* sp y sont conservés.

- **Faciès de végétations formées par influence de la mer**

Trois formations végétales dérivent de l'influence de la mer.

- La formation monospécifique à *Sclerosperma manii* : elle a été rencontrée à l'embouchure de la rivière Tatalé, à la limite Nord de la zone 1. Cette espèce a été également rencontrée dans la mangrove de l'embouchure de la rivière Bekadjo.
- La formation monospécifique à *Podococcus barteri* : elle se forme à coté de la mangrove, à quelques dizaines de mètres de l'embouchure du grand Kaboungwe, là où les eaux saumâtres terminent leur course.



Figure 5 : Peuplements de *Podococcus manii*

- La mangrove à *Rhizophora racemosa* : elle se forme au niveau des embouchures du grand Kaboungwe (mangrove d'au moins 1 500 m²). Elle est exclusivement composée de *Rhizophora racemosa* (plante à racines échasses enchevêtrées très développées de la figure 5).



Figure 6 : Mangrove à *Rhizophora racemosa*

La formation monospécifique à *Podococcus barteri* et la mangrove à *Rhizophora racemosa* forment la zone de balancements des marées la plus importante rencontrée. Ce sont les zones intertidales ou d'étage médiolittoral, soumises à des submersions périodiques et vivantes sur des substrats particuliers comme les vases, le sable et le rocher, très différents des sols continentaux.

1.2.5.3 Analyse des résultats

- **Importance des familles et des formations végétales**

Au total 150 espèces appartenant à 55 familles ont été inventoriées (Annexe 2 tableau 1). Les familles les plus importantes sont les Césalpiaciées, les Euphorbiaciées, les Irvingiacées, les Méliaciées, les Mimosacées et les Olacacées (fig.7). *Azelia bipindensis*, *Brachystagia cynometroides* et *Tetraberlinia bifoliata* sont parmi les Caesalpinaceae les espèces dominantes.

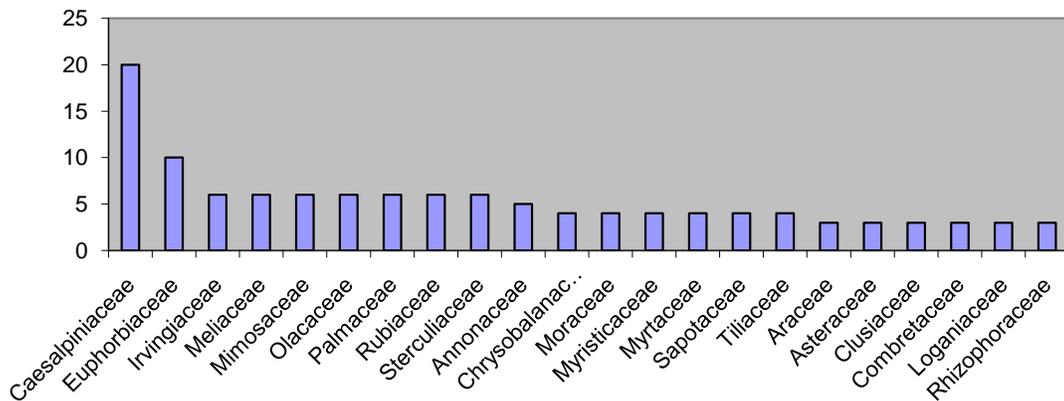


Figure 7: Les familles les plus représentées

Il n'y a pas une grande variation dans ces espèces dominantes, mais la composition spécifique entre les localités diffère bien. Cette observation traduit bien la très importante dégradation humaine perpétrée dans la zone 1. Dans le Nord de la zone 1 la césalpiniacée dominante est *Berlinia bracteosa*.

- **Répartition des espèces en fonction des types des formations végétales**

Le tableau de la répartition des espèces en fonction des formations végétales montre que les forêts secondaires vieilles (FSV) regorgent de 98 espèces, contre 45 pour les forêts secondaires jeunes (FSJ), 15 bords de la mer (BM), 11 vieilles jachères (VJ) et 10 Forêts marécageuses (FM). La mangrove (M) est la formation végétale la plus pauvre avec ses deux espèces (Tableau 2 en annexe 3). Les espèces comme *Anthocleista schweinfurthii*, *Anthocleista vogelii*, *Zanthoxylon heitzii*, *Z. tessmannii*, *Lophira alata* sont rencontrées dans presque toutes les formations végétales.

- **Les espèces à plusieurs habitats**

Le tableau 3 de l'annexe 3 montre que certaines plantes ont au moins deux habitats. *Milicia excelsa*, *Pycnanthus angolensis*, *Saccoglottis gabonensis*, *Sterculia tragacantha* et *Symphonia globulifera* vivent en forêt secondaire jeunes

(FSJ) et vieilles (FSV). *Anthocleista schweinfurthii*, *A. vogelii* et *Lophira alata* sont à la fois dans les forêts secondaires jeunes, les forêts secondaires vieilles et les vieilles jachères.

La végétation des bords de mer est dominée par *Calophyllum inophyllum* dans ce secteur de la côte.



Figure 8: *Calophyllum inophyllum*

- **Les espèces utilitaires et dérivés**

- Les plantes médicinales et culinaires

Les principales espèces médicinales et culinaires recensées sont décrites dans le tableau 4. La plupart sont difficiles à acquérir dans un environnement à dégradation humaine fortement avancée.

Nom local en Ewondo ou en Pygmees	Nom scientifique	Famille	Organ e	Usages médicaux et culinaires
Abang	<i>Milicia excelsa</i>	Moraceae	Ec.	Déparasite le lait des bébés ou soigne les seins des femmes
Akak	<i>Duboscia macrocarpa</i>	Tilliaceae	Ec., Fr	Maladies de la peau
Raphia	<i>Raphia spp.</i>	Arecaceae	Tronc mort	Les larves des palmiers sont comestibles, Feuilles utilisées en nattes pour les toitures des cases
Akodo	<i>Nauclea diderrichii</i>	Rubiaceae	Ec.	troubles menstruelles
Lane, Nbolo Mbang	<i>Alchornea floribunda</i>	Euphorbiaceae	FII	Anémie des enfants ,
Alep, Oman	<i>Desbordesia glaucescens</i>	Irvingiaceae	Ec.	œdème
Amvim, Nsyale	<i>Meiocarpidium lepidotum</i>	Annonaceae	Ec.	Rhume, toux
Ando'o, Ntous, Nadoda	<i>Irvingia gabonensis</i>	Irvingiaceae	Ec.	Diarrhée
Angalé, Moga	<i>Poga oleosa</i>	Olacaceae	Ec.	Faiblesse sexuelle
Angokong	<i>Myrianthus arboreus</i>	Cecropiaceae	FII	Antibiotique

Nom local en Ewondo ou en Pygmees	Nom scientifique	Famille	Organ e	Usages médicaux et culinaires
Apkwaé	<i>Tetrapleura tetraptera</i>	Mimosaceae	Ec.	Condiment
Assam, Sambu, Lessambo	<i>Uapaca sp.</i>	Euphorbiaceae	Ec., FII	Fruits comestibles
Assas	<i>Macaranga sp.</i>	Euphorbiaceae	Ec.	maladies infantiles
Asseng	<i>Musanga cecropioides</i>	Cecropiaceae	Ec.	Mal d'estomac
Ata'a	<i>Hypodaphnis zenkeri</i>	Lauraceae	Ec.	Maux de tête
Avoe	<i>Psychotria sp.</i>	Rubiaceae	FII	Maladies infantiles
Avom	<i>Cleistopholis glauca</i>	Annonaceae	Ec., FII	Epilepsie, rhume
Azala	<i>Drypetes sp.1</i>	Euphorbiaceae	Ec.	Envoûtement
Beyeme élock	<i>Clerodendron volubile</i>	Verbenaceae	FII	Chasse les mauvais esprits
Dilik	<i>Canthium sp.</i>	Rubiaceae	Ec.	Blessure, maladies infantiles
Bidou	<i>Saccoglottis gabonensis</i>		Ec.	Améliore le vin de palme
Elolom	<i>Anthocleista sp.</i>	Loganiaceae	Ec.	Maux de ventre
Elon	<i>Erythrophloeum ivorense</i>	Caesalpiniaceae	Ec.	Gale
Enak	<i>Anthonotha macrophylla</i>		Ec., FII	Jaunisse

Nom local en Ewondo ou en Pygmees	Nom scientifique	Famille	Organe	Usages médicaux et culinaires
Esomé	<i>Rauwolfia macrophylla</i>	Apocynaceae	Ec.	Maux de ventre
Essop	<i>Bridelia micrantha</i>	Euphorbiaceae	Ec.	Courbature, vers
Essoula	<i>Plagiostyles africana</i>	Euphorbiaceae	Ec.	Maux de ventre
Eteng	<i>Pycnanthus angolensis</i>	Myristicaceae	Sève	Améliore la qualité du lait maternel
Etouen, Touanyaan	<i>Tabernaemontana crassa</i>	Apocynaceae	Ec.	Blessure
Ewomé	<i>Coula edulis</i>	Olacaceae	Ec.	Mal de dents
Mbie (Rotin)	<i>Calamus sp.</i>	Palmaceae	Fil	Brûlure
Mebema (Engokom)	<i>Barteria fistulosa</i>	Passifloraceae	Ec.	Impuissance
Mevini	<i>Diospyros sp.</i>	Ebenaceae	Ec.	Angine, grippe
Mfô	<i>Enantia chlorantha</i>	Annonaceae	Ec.	Fièvre jaune, paludisme
Miamingmo	<i>Oncoba welwitschii</i>	Flacourtiaceae	Ec.	Mal de dents, tue les poux
Miane	<i>Costus sp.</i>	Costaceae	Fil	Allaitement
Minsi	<i>Calpocalyx dinklagei</i>	Fabaceae	Ec.	Blessure, maladies infantiles
Nditip	<i>Olax sp.</i>	Olacaceae	Fil	Soigne les yeux
Nfendek	<i>Desplatsia dewevrei</i>	Tilliaceae	Fr	Maux de ventre

Nom local en Ewondo ou en Pygmees	Nom scientifique	Famille	Organe	Usages médicaux et culinaires
Ngone	<i>Klainedoxa gabonensis</i>	Irvingiaceae	Ec.	Filaires
Nkanla	<i>Maesopsis eminnii</i>	Rhamnaceae	Ec.	Maux de ventre
Okoa	<i>Lophira alata</i>	Ochnaceae	Ec.	Mal de dos
Onong	<i>Carpolobia lutea</i>	Polygalaceae	Ec.	Impuissance
Oyang, Nkalan	<i>Xylopi aethiopicum</i>	Annonaceae	Ec.	condiment

Tableau 4: plantes médicinales et culinaires

- Les plantes utilisées dans la fabrication des meubles et la construction des maisons

Nom local en Pygmees Ewondo, Mabi ou Batanga	Nom scientifique	Famille	Usage
Lo'o	<i>Pausinystalia yohimbe</i>	Rubiaceae	Faiblesse sexuelle
Aseng, Lesseng, lyedjeh	<i>Musanga cecropioides</i>	Cecropiaceae	Fabrication des pirogues
Oyang	<i>Xylopi</i>	Annonaceae	Lattes

	<i>hypolampra</i>		
Psychotria sp		Rubiacees	Poteaux des maisons
Iroko	<i>Terminalia superba</i>	Combretaceae	Bois de construction pour charpente
Rotangs	<i>Lacosperma secundiflorum., Calamua deerratus</i>	Arecaceae	Fabrication des armoires, fauteuils , paniers, corbeilles
Raphia	<i>Raphia spp.</i>	Arecaceae	Les larves des palmiers sont comestibles, Feuilles utilisées en nattes pour les toitures des cases
Ebai	<i>Pentaclethra macrophylla</i>	Mimosaceae	Tam-tams et tambours
Ngolon	<i>Khaya ivorensis</i>	Meliaceae	Fabrication des fenêtre
Ewome,	<i>Coula edulis</i>	Olacaceae	Graines utilisées dans la sauce et consommées, Poteaux de construction
Fraké	<i>Terminalia superba</i>	Combretaceae	Poteaux de construction
Akondo	<i>Nauclea diderrichii</i>	Rubiaceae	Poteaux angulaires Mortiers, pilons, balafons

- Les plantes utilisées comme bois de chauffage

Dans la zone 1 du port en eau profonde de Kribi, tous les arbres sont utilisés comme bois de chauffage exceptions faites des espèces comme *Erythrophleum ivorense* (loug en Ewondo), *Pycnanthus angolensis* (Eteung en Ewondo) reconnues par les populations comme produisant des fumées toxiques.

- Dérives d'*Elaeis guineensis*

Les troncs de palmier en décomposition produisent des larves comestibles

surtout utilisées dans le site d'étude pour la pêche aux grands filets. Leur collecte est l'activité des femmes. Mais les crabes sont les plus utilisés car plus disponibles. Ces crabes justement sont très abondants entre les embouchures du grand Kobongwe et de Bekanjo.

- Les plantes antiérosives

Les plantes antiérosives rencontrées de la zone 1 sont les *Rhizophora* spp. Grâce au développement des puissantes racines échasses, ces plantes freinent les assauts de la mer sur la côte en pleine marée haute. Les fortes vitesses des cours d'eau sont enrayerées par ces racines dans les embouchures.

1.2.5.4 Commentaires des résultats

Toutes les formations végétales recensées sont irrégulièrement distribuées. Ainsi la forêt dans la zone 1 est une mosaïque. Les 2/3 de la forêt ont été coupés et sont par endroits en reconstruction. De ce fait la forêt secondaire vieille, quoique peu représentée, serait le refuge des espèces. C'est ce qui explique sa richesse spécifique.

L'abondance des jachères surtout dans le nord et le sud moins accidentés que la zone du milieu traduit la déforestation poussée dans le but de viabiliser les espaces déjà achetés. Mais la déclaration de la zone d'utilité publique a freiné beaucoup d'activités dans la région.

Le milieu côtier impose à la végétation des conditions liées à l'humidité atmosphérique, aux embruns qui peuvent atteindre la terre et aux conditions édaphiques. Ainsi la pauvreté spécifique de la mangrove et sa faible superficie seraient liées au sol à roches peu profondes, défavorables au développement des plantes à racines échasses.

Plusieurs espèces ont une utilité. C'est le cas de *Saccoglotis gabonensis* appelé Bidou dont les écorces améliorent le vin de palme. Leur disparition posera pas

mal de problèmes aux populations locales. Elles développeront à coup sûr des alternatives comme la pêche pour vivre.

Les Caesalpiniaceae constituent la famille la plus importante. Ce résultat est en conformité avec les travaux de Letouzey. En effet la zone 1 fait partie de la vaste région des forêts littorales riches en Césalpiniacées(1985) dont un grand nombre d'individus comme *Afzelia bipindensis*, *Brachystagia cynometroides* et *Tetraberlinia bifoliata* sont dominants.

L'exploitation du bois a vidé la forêt de ses essences de grande valeur. Elle a contribué à secondariser la forêt. La création récente des plantations de plantains et de manioc et la construction des maisons et hangars par des particuliers qui ont acheté des terrains dans la zone sont venus accélérer la déforestation.

La végétation des zones de balancement des marées est soumise à des submersions périodiques. Elle est située à la limite extrême des marées sur de la vase, le sable ou le rocher. À ce niveau la mer lui fournit une humidité atmosphérique particulière. Ces conditions donnent à ce milieu une originalité qui l'oppose à la végétation de la terre ferme. Cette originalité traduit une relative indépendance vis-à-vis du climat général et se manifeste par l'homogénéité relative de sa composition et de sa structure dans les territoires différents. Il se développe des groupements des plantes arborescentes qui constituent une véritable forêt amphibie de très petites dimensions dans la zone 1. C'est la mangrove.

Les espèces de la mangrove ont une très forte pression osmotique. Ainsi elles peuvent réduire la transpiration et l'accumulation du chlorure dans les tissus. Ces capacités d'adaptation permettent aux plantes de supporter les conditions de salinité des sols des milieux saumâtres. Ces milieux sont peu fréquents dans les côtes sablonneuses. C'est pourquoi ils sont d'importance moindre du point de vue étendue et composition spécifique.

La mer élimine le plus de déchets dans les zones de balancements des marées (fig. 8, 9 et 10). On peut les considérer comme la « poubelle » de la mer. Elle limite ainsi la pollution de la plage par certains déchets (débris végétaux, diaspores, débris plastiques, tissus, tisons de bouteille, chaussures, cuillères, sacs, etc.).



Figure 9: Déchets divers sur la plage



Figure 10: Déchets divers sur la zone de balancements des marées.



Figure 11: Déchets de fruits divers

Ce nettoyage naturel est d'une importance capitale pour une côte considérée comme l'un des pôles de développement économique. Le phénomène devient très intéressant car le cours d'eau repousse à son tour les déchets vers la côte. En marées hautes, la mer barre totalement le cours d'eau par le dépôt d'une quantité impressionnante du sable. En ce moment précis la mer est au-dessus du cours d'eau. C'est pourquoi poussés par des vagues les déchets viennent se déposer massivement dans ces zones de balancement des marées. L'eau de mer remonte dans le cours d'eau. Elle crée les conditions de développement des mangroves. Fermée par la mer, l'eau douce devenue salée en ces endroits précis coule parallèlement à la mer (Fig. 12).



Figure 12: Cours d'eau après l'embouchure allant vers la zone d'inondation temporaire

Le degré de salinité du milieu est maximal à l'embouchure, puis décroît aussi bien en amont qu'en aval là où le cours d'eau forme des inondations temporaires. Ainsi il se développe les espèces de *Rhizophora* et à moindre mesure *Sclerosperma manniii* dans l'embouchure et *Podococcus barteri* dans la zone d'inondations temporaires.

Parmi les déchets les diaspores du *Nypa fruticans* (Fig. 13) espèce inféodée dans la mangrove sont les plus représentés.



Figure 13: Diaspores de *Nypa fruticans*

On appelle diaspore une unité de dissémination. Elle peut être une graine, un fruit, une bulbille, les bourgeons, les propagules de mousses ou les plantes entières.

La diaspore de *Nypa fruticans* (espèce de la mangrove) est un fruit qui germe sur l'arbre. Les cours d'eau traînent ces fruits en grande quantité dans la mer, qui assure par la suite le transport. On parle d'une dispersion hydrochore ou hydrochorie. Ces fruits vont du sud au le nord. Les diaspores de *Nypa fruticans* proviennent des mangroves plus importantes du sud de la zone du futur port. Cette espèce et ses nombreuses diaspores ont été aperçues dans une de ces

mangroves à Eboge, village situé au sud du site du port. Cependant le *Nypa* n'a pas été rencontré.

La raison de la non fixation des diaspores de *Nypa* dans le sol vaseux, boueux ou sableux des embouchures des rivières dans le secteur du port reste probablement les sols peu profonds, différents de ceux de leur provenance. Le sol serait asphyxique dans les embouchures des cours d'eau du site du port. C'est l'une des raisons pour lesquelles le développement de la mangrove est très moins fructueux dans la zone.

La mer assure aussi le transport des diaspores de plusieurs autres plantes. On peut citer par ordre d'importance les fruits de *Mucuna* sp qui proviennent de loin et de tous les arbres qui sont en bordure de la mer.

La mer alimente en sel les espèces exigeantes en Na ou poussant dans les conditions de forte salinité comme *Rhizophora* spp, *Avicennia* spp, *Laguncularia racemosa*, *Conocarpus erectus* et *Drepanocarpus lunatus*.

La canalisation des cours d'eau et des torrents limitera l'érosion et maintiendrait le régime des eaux. Le renforcement des capacités naturelles d'élimination des déchets dans l'eau de mer rendrait la côte plus propre et plus attrayante.

1.2.8 Climatologie et météorologie

1.2.8.1 Pluviométrie

La zone Kribi – Campo qui accueille le projet est souvent appelée la zone côtière du Cameroun. Elle se localise au Sud du quatrième parallèle et est soumise à un climat équatorial à quatre saisons inégalement réparties. En effet, avec une pluviométrie moyenne mensuelle de 239.3 mm, Kribi est soumis à une longue saison sèche arrosée de novembre à mars (figure 14), le mois le plus sec étant le mois de janvier avec mm 64,1 mm de pluies suivi du mois de décembre avec 66.9mm de pluies. La petite saison de pluies dure trois mois, du mois d'avril au mois de juin. La petite saison sèche est la plus courte. Elle dure un mois et ne couvre que le mois de juillet. Vient enfin la grande saison de pluies qui dure

aussi trois mois, du mois d'août au mois d'octobre, le mois le plus arrosé étant le mois de septembre avec 518 mm de pluies, suivi du mois d'octobre 491 mm de pluies. La figure 15 illustre cette répartition des saisons. L'année la plus sèche a été 1983 avec 1556 mm de pluies et l'année la plus humide a été 1998 avec 4576 mm de pluies. Sighomnou (2004) situe cette zone dans la zone climatique 2 (Tableau 6).

Zone climatique (pluie annuelle)	Localisation	Module spécifique (l/s.km²)	Coefficient d'écoulement K_c	Coefficient K₃	Bilan hydrologique
ZONE 1 (1600 mm)	Sud de 4°30N région côtière non comprise	de l'ordre de 10 dans le sud-est, 12 à 15 ailleurs	25 à 30 % sur l'ensemble de la zone	1,8 à 1,6 du sud vers le nord de la zone	De = Er = ETP (1100 à 1300mm)
ZONE 2 (2000 à 3000 mm)	Région côtière au sud de 4°N	De l'ordre de 40 sur l'ensemble de la zone	30 à 40 % sur l'ensemble de la zone	1,8 sur l'ensemble de la zone	De = Er = ETP (1100 à 1200mm)

K₃ = rapport des écoulements annuels de fréquences décennales humides et sèches ; D_e = déficit d'écoulement ; ETP = évapotranspiration potentielle ; Er = évapotranspiration réelle ; P = pluie annuelle.

ETUDE HYDRAULIQUE, HYDROLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE DE LA ZONE AFFECTEE AU PROJET DE CONSTRUCTION DU PORT EN EAU PROFONDE DE KRIBI – Rapport 1

Tableau 5: Caractéristiques hydrologiques de la zone 2

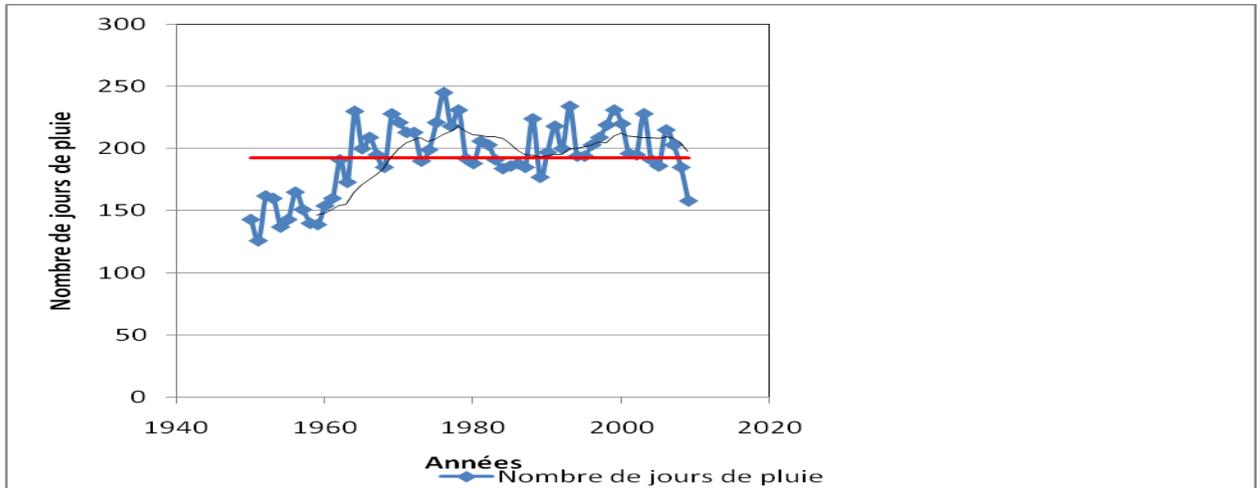


Figure 14: Variation du nombre de jours de pluies durant l'année

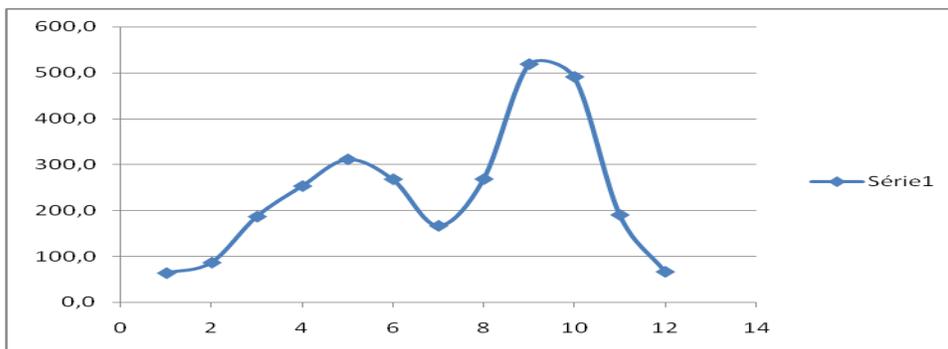


Figure 15: Pluviométrie moyenne mensuelle à Kribi (1950 – 2010)

1.2.8.2 Températures

À la station météorologique de Kribi, les observations faites sur 61 années continues montrent une zone relativement chaude où les températures sont comprises entre 29.6°C et 33.9°C pour les journées les plus chaudes et entre 14.2°C et 23.0°C pour les journées les plus douces, faisant ainsi varier les températures journalières moyennes entre 23.5 °C et 27.5 °C. Les figures 16, 17 et 18 en montrent l'évolution de 1950 à 2010 tandis que la figure 19 présente les températures de Kribi dans le contexte national.

Les écarts diurnes varient de 5.91 en août à 8.50 en février. Les amplitudes mensuelles ont atteint pendant des valeurs de 16.2 en mai 2010.

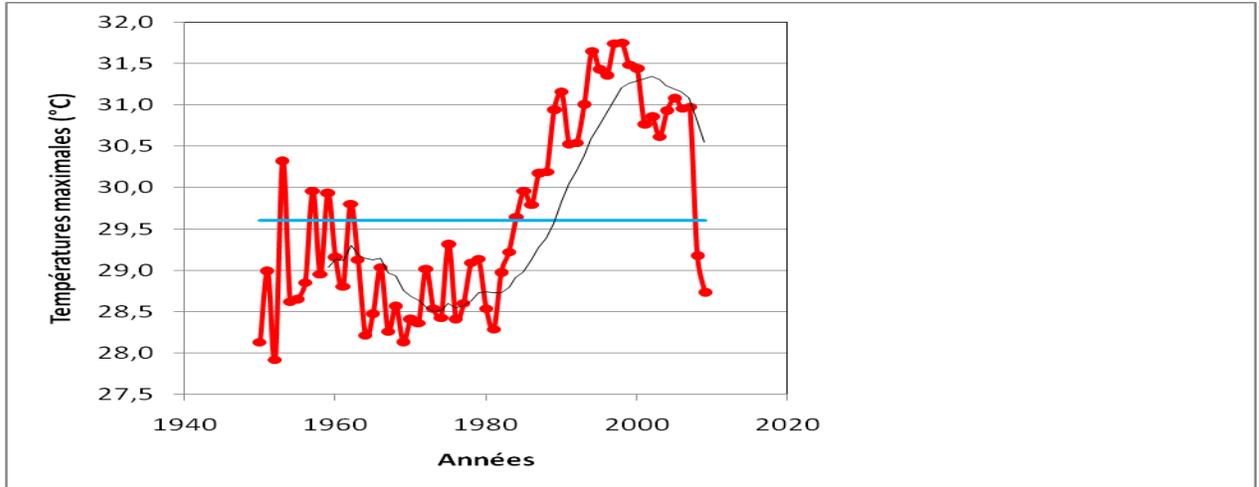


Figure 16: Fluctuation de la température moyenne maximale annuelle à Kribi

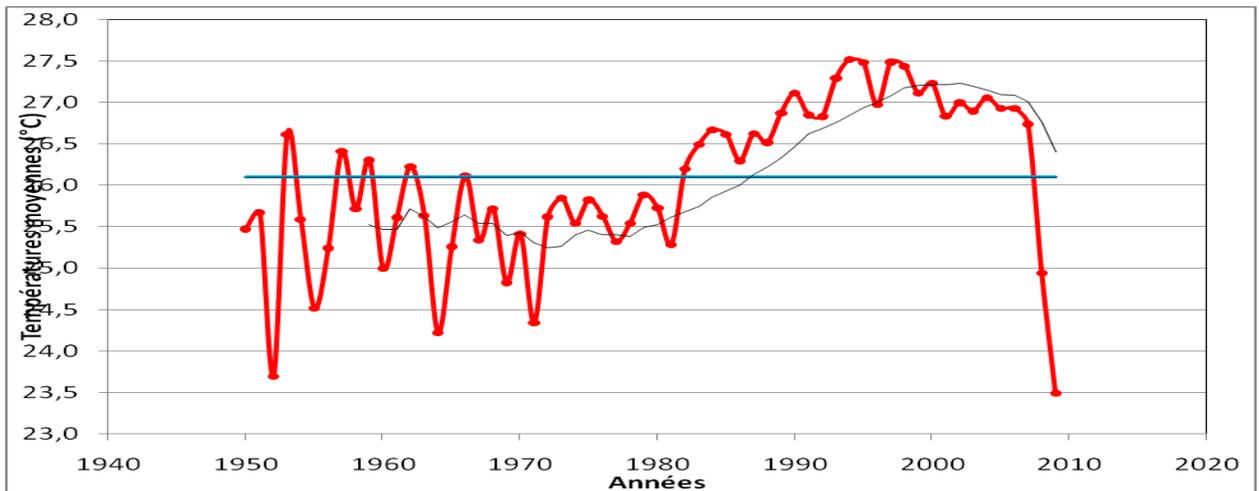


Figure 17: Fluctuation de la température moyenne annuelle à Kribi

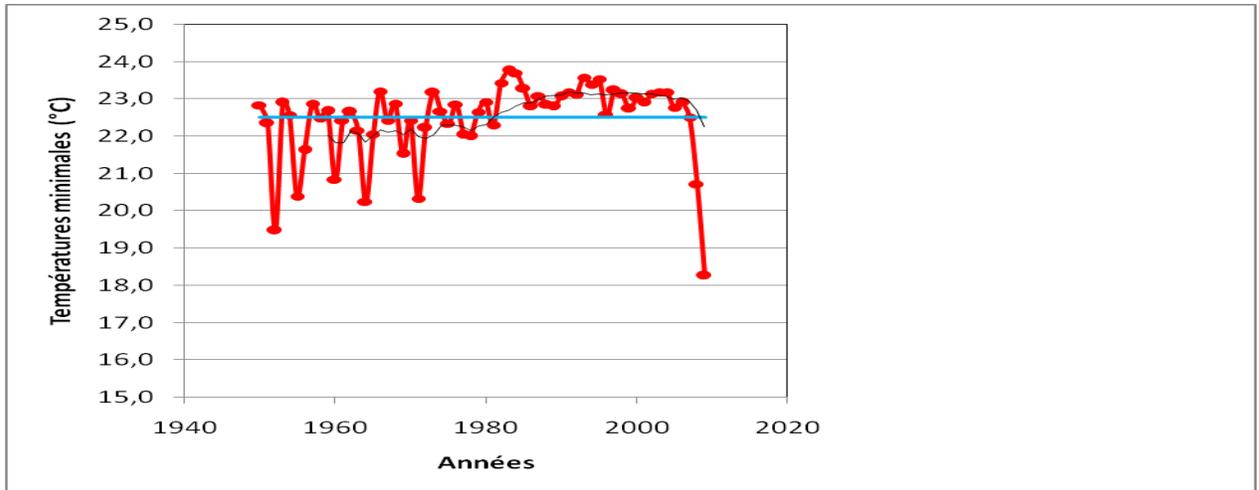


Figure 18: Fluctuation de la température moyenne minimale annuelle à Kribi

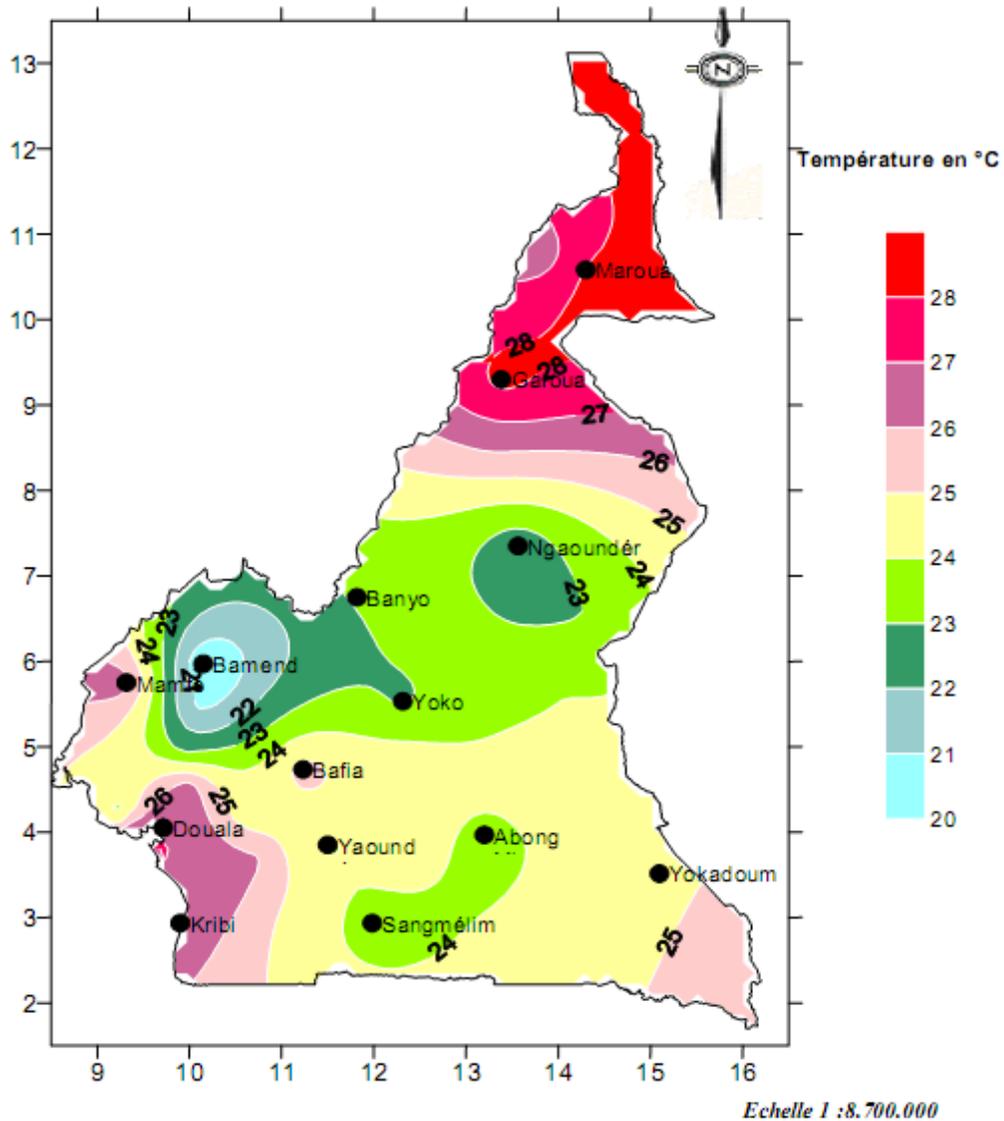


Figure 19: Températures moyennes mensuelles du Cameroun à partir des données non homogénéisées de la période 1955 – 2002 (Extrait de la thèse de Daniel Sighomnou, 2004)

1.3 Contexte social

1.3.1 Introduction

De par les gains de compétitivité qu'elles génèrent, les infrastructures jouent un rôle moteur dans la facilitation des échanges et la promotion d'une croissance forte et durable. La crise économique du milieu des années 80 a stoppé le développement de celles-ci entamé depuis les indépendances, en même temps qu'elle a annihilé les efforts pour leur maintenance. Ainsi, le parc infrastructurel s'est très fortement dégradé et contribue aux faibles performances de l'économie camerounaise¹.

Dans le cadre de sa stratégie de la croissance et dans la perspective d'un Cameroun émergent à l'horizon 2035, le Gouvernement met un accent tout particulier sur la mise de l'infrastructure en adéquation avec la demande économique et sociale. Le projet du Port en eau profonde de Kribi répond à cette préoccupation. Ce gigantesque projet qui sera construit sur trente kilomètres le long de la mer, a une grande portée : Il va pallier l'engorgement et les limites structurelles du port de Douala², qui ne peut accueillir des navires à grand tirant d'eau et induire une profonde mutation de l'activité portuaire dans la ville de Kribi³.

¹ In MINEPAT, DSCE, P.54.

² Le port de Douala assure près de 95% du trafic portuaire national. Il se positionne ainsi comme le principal port d'Afrique centrale et dessert les pays limitrophes enclavés tels que le Tchad, la RCA (*République centrafricaine*) et le nord du Congo.

³ D'une superficie de 21 ha, son port sur le plan infrastructurel dispose actuellement de :

- ✓ deux magasins d'entreposage d'une capacité de 6 000 m³ ;
- ✓ un hangar estocade de 3000 m³ ;
- ✓ une grue de quai (en panne) ;
- ✓ une drague suceuse hydrolante ;
- ✓ un quai de 250 m linéaires ;
- ✓ un bâtiment administratif ;
- ✓ un atelier de menuiserie ;
- ✓ deux bâtiments abritant le service de la douane et marine marchande.

Les quais d'accostage sur les bords, offrent un tirant d'eau de 2 à 3 m en marée pleine, et moins de 1 m en marée basse. Plus au milieu du quai, le tirant atteint une profondeur de 7 à 8 m avec une capacité réelle de 70 navires par an. Essentiellement consacré à l'exportation du bois, l'activité de ce port est quasiment en arrêt depuis un an, sous l'effet conjugué de l'épuisement de réserves forestières locales et la migration des armateurs au port de Douala.

Le projet de Port en eau profonde peut également dynamiser l'intégration sous-régionale : dans la sous-région un équipement portuaire au large pour les containers et les transbordements aussi bien qu'une plateforme de distribution des biens et des marchandises desservira celle-ci du Sénégal (en Afrique de l'Ouest), en Namibie (en Afrique Australe). Il s'agit de mettre en valeur un couloir d'exploitation et de développement qui s'étendra de Kribi au Cameroun aussi bien qu'à Bangui en RCA, Kisangani (en République Démocratique du Congo), en Guinée Equatoriale, au Gabon et au Congo-Brazzaville.

Toutefois, la construction du port en eau profonde de Kribi transformera profondément la zone affectée au projet. En effet, le développement de la zone entrainera à n'en point douter une pression importante sur les ressources naturelles donc l'eau, les terres et la biodiversité. Il affectera également la vie des populations résidant sur le site du projet. Il est donc impérieux de planifier efficacement le développement des activités dans la zone concernée et le redéploiement de ses populations, afin d'une part, de garantir une gestion coordonnée et efficace des ressources naturelles de la zone ainsi que la préservation des écosystèmes vitaux, et minimiser les perturbations dans la vie et les activités des populations en question, d'autre part. Cela passe nécessairement par une meilleure connaissance de l'existant et par le développement d'outils d'aide à la décision.

Au regard de sa configuration, le projet du port en eau profonde de Kribi, offre un fort potentiel de développement aux activités portuaires. Le Port Général comprendra un terminal conteneurs 400 000 EVP (conteneur équivalent Vingt Pieds) dès la première phase, 800 000 EVP à terme), un terminal aluminium (1,5 million de tonnes d'alumine et 1,5 million de tonnes d'intrants divers), un terminal hydrocarbures (3 millions de tonnes) et un terminal polyvalent (2 à 3 millions de tonnes). A ce trafic s'ajoutera un trafic de transbordement (200 000 EVP).

L'apportement minéralier est prévu pour faire transiter 35 millions de tonnes par an d'exportation du minerai de fer.

Il est également annoncé :

- un trafic d'environ 3,5 millions de m³ de gaz naturel liquéfié (GNL) (Projet SNH/GDF-SUEZ) ;
- un trafic d'environ 2 millions de tonnes d'exportation d'alumine (Projet Cam Alumina). Cf. <http://www.kribiport.cm/fr>

Dans le cadre de cette étude intitulée « Étude hydraulique, hydrologique et hydrogéologique de la zone affectée au projet de construction du port en eau profonde de Kribi », il s'agit alors de faire des investigations sur la relation de la population affectée par le Projet de construction du Port en eau profonde (dans sa zone I) et l'eau. En d'autres termes, il s'agit mettre en relief l'apport de l'eau, son utilisation dans les multiples activités desdites populations et les effets de ces activités sur l'eau. Il faudra alors :

- Présenter l'organisation administrative de la zone concernée ;
- Dénombrer sa population et élaborer la cartographie de sa démographie ;
- Présenter les principales activités économiques, l'utilisation des ressources en eau qui en résulte et les cartographies ;
- Présenter l'état de l'assainissement et les nuisances liées à l'eau au sein de cette population.

Pour y parvenir l'approche méthodologique utilisée se veut diversifiée. Elle englobe : la recherche documentaire, les enquêtes enrichies des observations, des interviews, des discussions en groupes et des réunions et, les estimations et extrapolations statistiques.

- **La recherche documentaire** a porté sur les études socioéconomiques à l'instar des enquêtes camerounaises auprès des ménages (ECAM) et, sur les études démographiques à l'instar du Recensement Général des Populations et de l'Habitat (RGPG), etc.
- **L'enquête statistique** a couvert l'intégralité de la zone I. L'opération concernait l'ensemble des ménages de cette zone. Il s'agissait des ménages ordinaires par opposition aux ménages collectifs : internats, casernes, hôpitaux, inexistant dans la zone. L'unité statistique était donc le ménage ordinaire.

Toutefois, les analyses vont porter sur les ménages typés selon certaines de leurs caractéristiques (tranche d'âge, sexe, situation matrimoniale, niveau

d’instruction, statut socioprofessionnel, etc. du chef de ménage), mais également sur les individus.

Par ailleurs la démarche méthodologique a consistée également en des analyses croisées, les estimations et extrapolations statistiques. Elle a aussi donné lieu à la prise en compte du feedback des parties prenantes sollicitées.

- **L’outil d’enquête** a été tantôt un questionnaire (voir annexe) qui a été administré aux ménages affectés par le projet, tantôt des guides d’entretien à l’intention du responsable du centre de santé de la zone (pour déterminer les maladies d’origines hydriques affectant cette population et leurs impacts) et des établissements touristiques affectés par le projet (également en annexe).

1.3.2 Localisation administrative du site du Projet, structure et composition de la zone 1

1.3.2.1 Localisation administrative du site du Projet

La zone I ainsi que l’ensemble de la DUP, relève sur le plan administratif de l’Arrondissement de Kribi 1^{er}. De même, la zone I tout comme l’ensemble de la DUP font partie intégrantes de la communauté urbaine de Kribi. La zone de terrassement est située dans le village Lolabé, plus précisément à Lolabé II.

Le village Lobabé fait partie des vingt une (21) chefferies de troisième (3^e) degré que compte l’arrondissement de Kribi 1^{er}, et en est l’une des plus dynamiques⁴. Cette chefferie comporte à sa tête Sa Majesté MABELE Georges

La superficie de la zone du projet déclarée d’utilité publique (DUP) est de 26 000 hectares. Comme le précise la carte n°1, la DUP est limitée au nord par le village Bongahélé (grand Batanga II), au sud par le Rocher du Loup ainsi que le Mont Mamelles, à l’est par le fleuve Lobé et à l’Ouest par la côte maritime.

⁴ Selon M. BESSALA Jean Hubert, Sous-préfet de Kribi 1^{er}.
ETUDE HYDRAULIQUE, HYDROLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE DE LA ZONE AFFECTEE AU PROJET DE
CONSTRUCTION DU PORT EN EAU PROFONDE DE KRIBI – Rapport 1

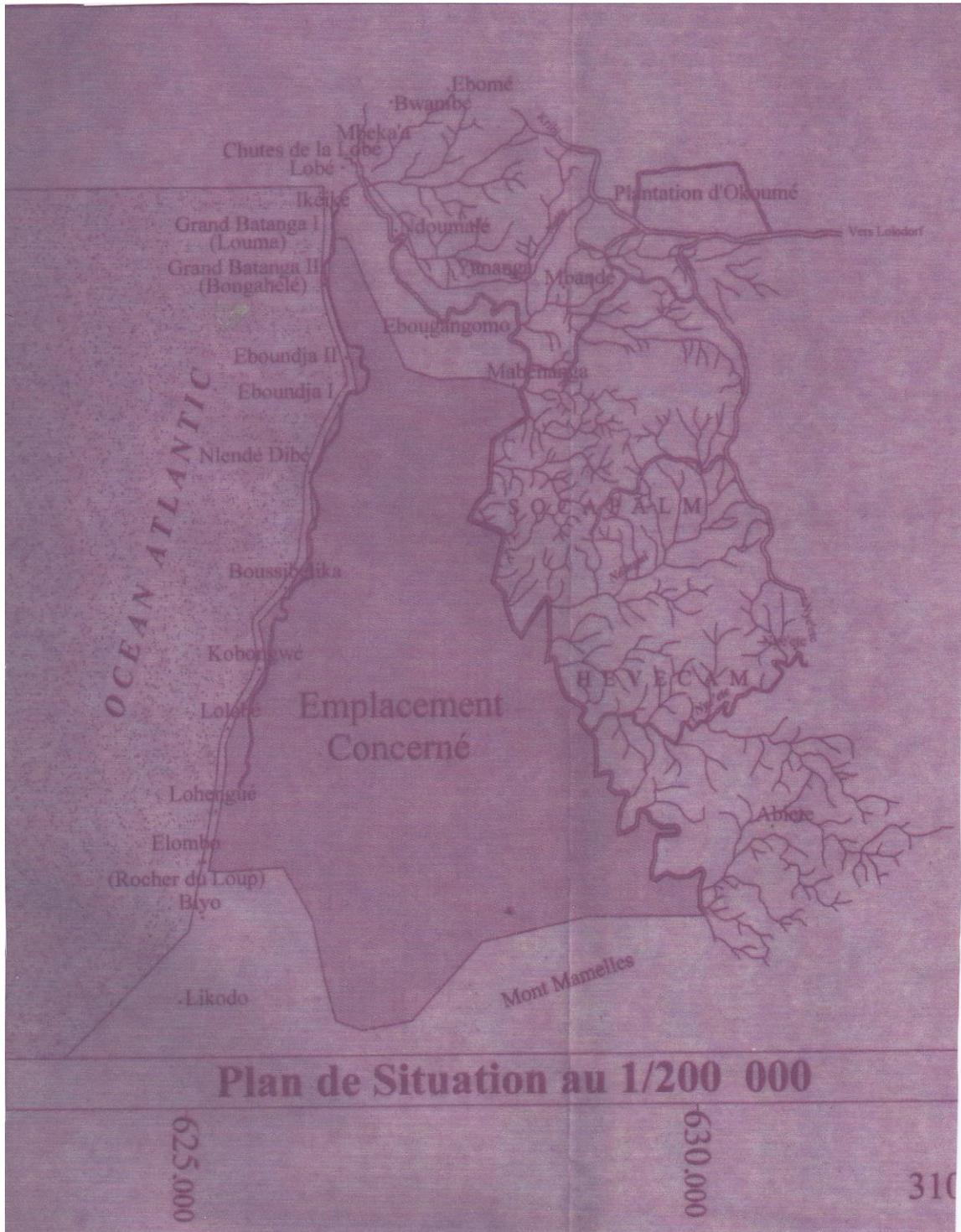


Figure 20: Localisation du site du projet de Port en Eau Profonde de Kribi

Source : Service département du cadastre de l'Océan.

1.3.2.2 Structure et composition démographique

L'analyse démographique de la population de la zone I et de ses environs porte sur : le dénombrement de cette population ainsi que des ménages ; la répartition des chefs de ménage selon leur sexe, situation matrimoniale, niveau d'instruction, région d'origine, origine ethnique, statut socioprofessionnel ; la population scolarisable ; les conditions de vie de ces ménages.

Dénombrement de la population.

La population de la Zone I et de son voisinage immédiat, compte de 103 habitants. Sa répartition par sexe est donnée dans le Tableau 6. Cette population est composée de 52 hommes et de 51 femmes représentant respectivement 50,49 % et 49,51 % de la population.

Sexe	Effectif	Pourcentage
Masculin	52 ⁵	50.49
Féminin	51	49.51
Total	103	100

Tableau 6: Répartition par sexe de la population de la zone I.

Source : Données d'enquête GWP -CAf, 2010.

Dénombrement et répartition des ménages selon le sexe.

Les 103 habitants dénombrés ci-dessus, sont répartis au sein de 16 ménages. Leur répartition selon le sexe du chef de ménage est présentée sur la figure 21.

⁵ Ce chiffre a été obtenu par application à l'effectif de la population dénombré dans la zone I et de son voisinage immédiat du coefficient de masculinité (en %) de Kribi urbain qui selon le 3^e RGPH, est de 100,9.

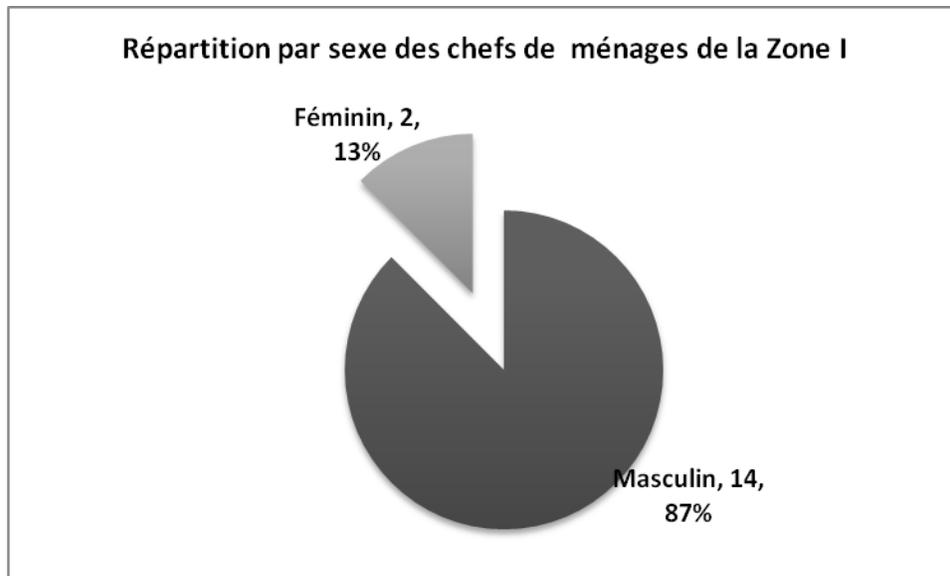


Figure 21: Répartition par sexe des ménages de la zone I.

Source : Construction GWP-CAf à partir des données de l'enquête.

Deux (02) chefs de ménage sur les seize (16) sont des femmes représentant un pourcentage marginal de 13 %. Par contre, 14 chefs de ménage sont des hommes représentant 87 % de ceux-ci. De ce qui précède, on peut avancer que le genre ici est très déséquilibré, l'autorité au sein des ménages étant assumée principalement par les hommes.

Répartition des ménages selon les tranches d'âge

Cette répartition est donnée par le Tableau 8.

Tranche d'âge	Total	Pourcentage
[30 à 40 ans]	6	37.5
] 40 à 50 ans]	2	12.5
Plus de 50 ans	8	50
Total général	16	100

Tableau 7: Répartition des ménages selon les tranches d'âge.

Source : Données d'enquête GWP-CAf, 2010.

Les chefs de ménage appartiennent ici à trois tranches d'âge à savoir : 30 à 40 ans, 40 à 50 ans et les plus de 50 ans. Cette dernière tranche est prépondérante et la moitié des chefs de ménages se retrouve dans celle-ci. Elle est suivie tour à tour des 30 à 40 ans et 40 à 50 ans avec respectivement 37,5 et 12,5 %. Cette situation confirme le déficit de la population dans les classes d'âge actif en milieu rural, des suites d'une forte émigration des jeunes adultes vers les zones urbaines. Ce déficit a été établi par 3^e RGPH⁶.

Répartition des ménages selon la situation matrimoniale

La distribution des chefs de ménage selon leur situation matrimoniale est représentée sur la figure 22.

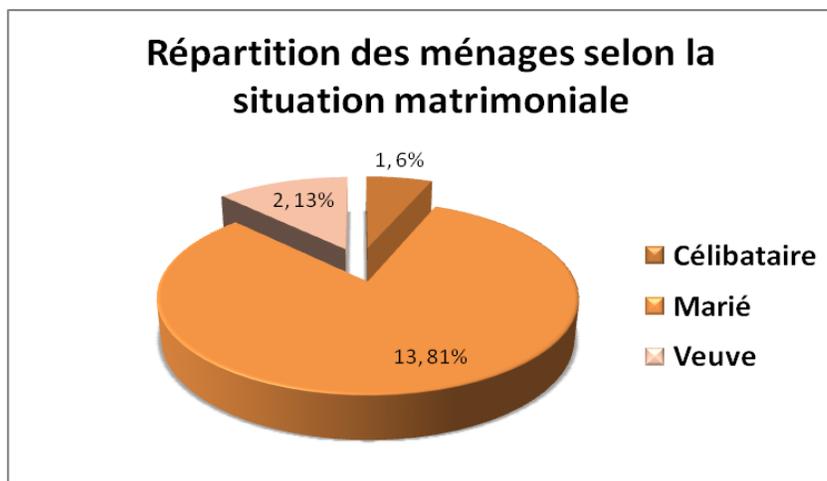


Figure 22: Répartition des ménages de la zone I selon le statut matrimonial.

Source : Construction GWP-CAf à partir des données de l'enquête.

Les mariés, au nombre de treize (13), représentent 81 % des ménages. Ils sont suivis de deux veuves et d'un célibataire avec respectivement 13 et 6 %. Cette situation est le reflet de la stabilité et de l'équilibre dans la grande majorité de ces ménages.

La distribution des ménages selon le niveau d'instruction

La répartition des ménages selon le niveau d'instruction est donnée dans le Tableau 9.

Niveaux d'instruction des ménages	Effectif	Pourcentage
-----------------------------------	----------	-------------

⁶ In BUCREP, Rapport de présentation des résultats définitifs du 3^e RGPH, 2010.
 ETUDE HYDRAULIQUE, HYDROLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE DE LA ZONE AFFECTEE AU PROJET DE
 CONSTRUCTION DU PORT EN EAU PROFONDE DE KRIBI – Rapport 1

Primaire	4	25
Secondaire	7	43.75
Sans niveau	5	31.25
Total général	16	100

Tableau 8: Répartition des ménages selon le niveau d'instruction

Source : Données d'enquête GWP- CAf, 2010.

Les chefs de ménage les plus instruits ont atteint l'enseignement secondaire. Ils sont au nombre de sept (07) et représentent 43,75 % de ceux-ci. Ce pourcentage est bien en deçà du taux d'alphabétisation des adultes au niveau national de 70,6 %⁷. Viennent ensuite les ménages dont le chef n'a bénéficié d'aucune instruction. On en trouve 05 ; ils représentent 31,25 % de l'effectif des ménages. Ce pourcentage est légèrement au dessus de celui observé au niveau national de 30 %⁸. Il s'agit essentiellement ici, comme le démontre le Tableau10, des ménages pygmées.

Niveaux d'instruction des ménages	Origine ethnique	Total
Primaire	Batanga	3
	Nfan	1
Total Primaire		4
Secondaire	ABOH	1
	Batanga	6
Total Secondaire		7
Sans niveau	Pygmée	5
Total Sans niveau		5
Total général		16

Tableau 9: Répartition des ménages selon le niveau d'instruction et l'origine ethnique.

⁷ In INS/ECAM3, *Conditions de vie des populations et profil de pauvreté au Cameroun en 2007*, décembre 2008, P. 17.

⁸ In INS/ECAM3, idem, ibidem.

Source : Données d'enquête GWP-CAf, 2010.

Les ménages avec le primaire comme niveau d'instruction au nombre de quatre (4), représentant le quart de l'effectif, viennent en dernier lieu.

Plus généralement, le niveau d'instruction des ménages de la zone I est insuffisant, et peut constituer un obstacle pour le progrès économique et social de ces derniers, d'autant plus qu'il existe une forte corrélation entre le niveau d'instruction des ménages et leur niveau de vie, ce dernier ayant tendance à s'élever à mesure que le niveau d'instruction augmente.

Répartition des ménages selon la région d'origine et l'origine ethnique

La présentation des ménages au regard de leur région d'origine et origine ethnique, est retracée dans le Tableau 11

Région d'origine	Origine ethnique	Total	% région d'origine	% origine ethnique
Littoral	ABOH	1		6.25
Total Littoral		1	6.25	
Sud	Batanga	9		56.25
	Nfan	1		6.25
	Pygmée	5		31.25
Total Sud		15	93.75	
Total général		16	100	100

Tableau 10: Distribution des ménages selon la région d'origine et l'origine ethnique

Source : Données d'enquête GWP -CAf, 2010.

Les chefs de ménage sont issus ici de deux régions à savoir : la Région du Sud et la Région du Littoral. Les ménages originaires de la Région du Sud, au nombre de quinze (15), sont les plus nombreux et représentent 93,73 % de l'effectif. Un seul ménage est originaire de la Région du Littoral et représente 6,25 % de l'effectif. Ce ménage est d'ethnie Aboh. S'agissant ensuite de l'appartenance ethnique des ménages originaires de la Région du Sud, nous retrouvons en premier lieu les Batanga, au nombre de neuf (9), représentant

56,25 % de l'effectif. Ils confirment leur statut de groupe majoritaire dans l'Arrondissement de Kribi. Ils sont suivis par les Pygmées qui font cinq (05) ménages, représentant 31,25 % de l'effectif. Vient en dernier lieu un ménage Nfan, représentant 6,25 % de l'effectif.

Répartition des ménages selon leur taille

La distribution des ménages de la zone I en fonction de l'effectif de leurs membres est présentée sur la figure 23.

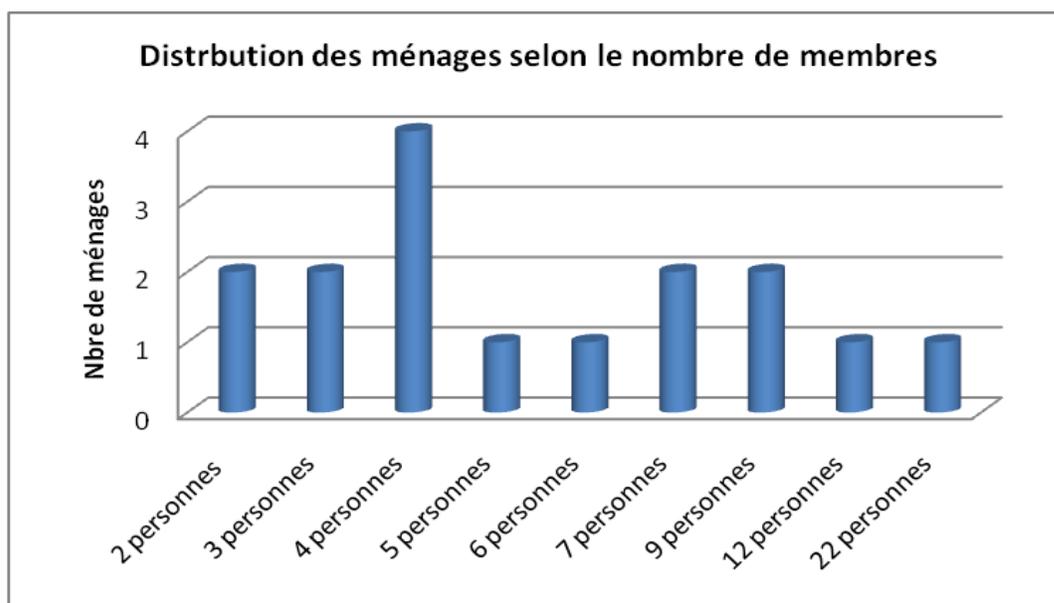


Figure 23: Répartition des ménages de la zone I selon leur taille

Source : Construction GWP-CAf à partir des données de l'enquête.

Les ménages comptant quatre (04) membres sont les plus nombreux et représentent le quart de ceux-ci. Ils sont suivis des ménages de deux (02), trois (03), sept (07) et neuf (09) personnes qui reviennent deux fois. Ceux de cinq (05), six (06), douze (12) et vingt deux (22) membres viennent une fois. Ainsi, les ménages de plus petite taille ont deux personnes, tandis celui ayant la plus grande taille, celui de M. NGUIAMBA Laurent, a 22 membres.

En moyenne un ménage de la zone I compte six (06) membres, et il y a autant de ménages de plus de quatre (04) personnes que ceux de moins de quatre individus.

Par ailleurs **la zone I n'enregistre aucun handicapé**. Ainsi, tous les 103 habitants recensés, sont des personnes valides.

Répartition des ménages selon le Statut socioprofessionnel

Le statut socio professionnel des chefs de ménage est présenté sur la figure 24.

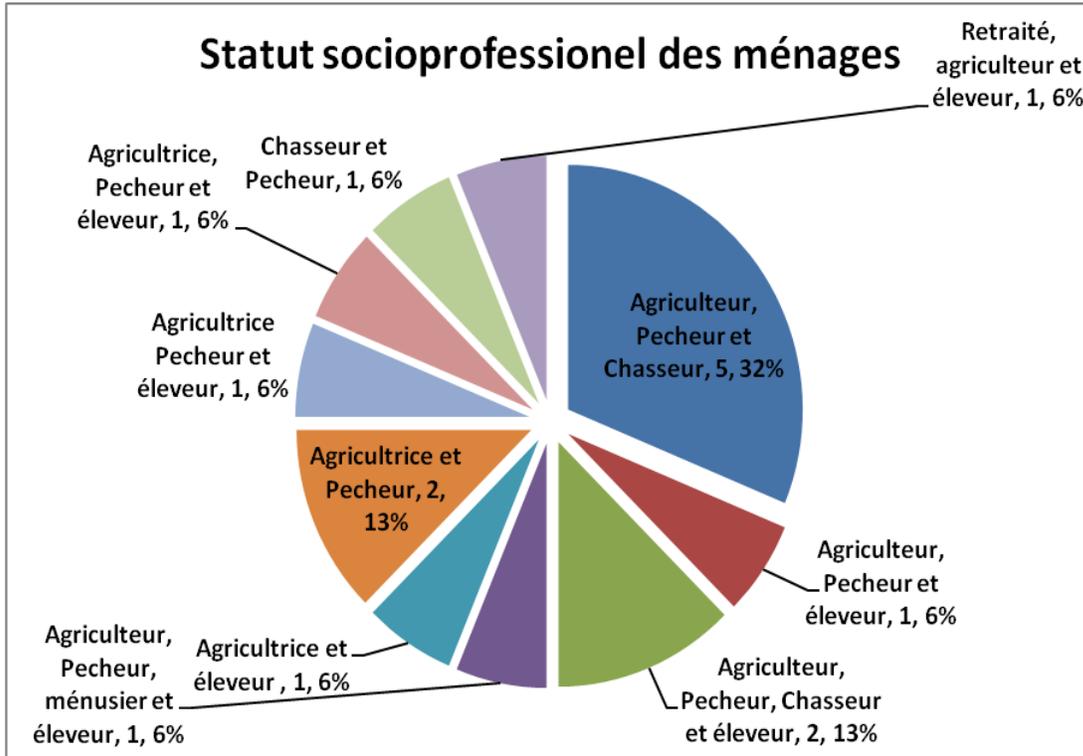


Figure 24: Répartition des ménages de la zone I selon le statut socioprofessionnel

Source : Construction GWP- CAF à partir des données de l'enquête.

Un même ménage dans la zone 1 pratique une variété d'activités. C'est ainsi que les agriculteurs, pêcheurs et chasseurs au nombre de sept (07) sont les plus nombreux et représentent 32 % des ménages. Viennent ensuite les agriculteurs et pêcheurs au nombre de cinq (02) qui représente 13 % des ménages.

Se référant à chaque activité, tous les ménages sont agriculteurs ; la moitié des ménages pratiquent l'élevage bien que celui-ci soit essentiellement sentimental ; sept (07) ménages sont chasseurs parmi lesquels les cinq (05) ménages pygmées (cf. Tableau 12) et douze (12) ménages pratiquent la pêche parmi lesquels figurent six (06) ménages Batanga et les cinq (05) ménages pygmées (cf. Tableau 13.)

Chasseur Oui ou Non	Origine ethnique des ménages	Effectif	Pourcentage
Non	ABOH	1	-
	Batanga	7	
	Nfan	1	
Total Non		9	56.25
Oui	Batanga	2	-
	Pygmée	5	
Total oui		7	43.75
Total		16	100

Tableau 11: Distribution des ménages selon qu'ils soient chasseur ou non et l'origine ethnique

Source : Données d'enquête GWP- CAf, 2010.

Pêcheur ou non	Origine ethnique des ménages	Effectif	Pourcentage
Non	ABOH	1	-
	Batanga	3	
Total Non		4	25
Oui	Batanga	6	-
	Nfan	1	
	Pygmée	5	
Total Oui		12	75
Total		16	100

Tableau 12: Distribution des ménages selon qu'ils soient pêcheur ou non et l'origine ethnique

Source : Données d'enquête GWP- CAf, 2010.

Répartition des ménages selon la Religion pratiquée

La pratique religieuse des ménages de la zone I est résumée dans le Tableau 14

Religion pratiquée	Origine ethnique	Effectif	Pourcentage
Catholique	ABOH	1	
	Batanga	4	
	Nfan	1	
Total Catholique		6	37.5
Protestant	Batanga	5	
Total Protestant		5	31.25
Sans religion	Pygmée	5	
Total Sans religion		5	31.25
Total		16	100

Tableau 13: Distribution des ménages selon la région pratiquée et l'origine ethnique

Source : Données d'enquête GWP-CAf, 2010.

Les ménages pratiquants de la zone I sont d'obédience soit catholique, soit protestante. Les premiers au nombre de six (06) représentent 37,5 % de l'effectif. Les seconds sont au nombre de cinq (05) et représentent 31,25 % des ménages. Ces derniers ont le même nombre que les non pratiquants « sans religion », qui sont tous Pygmées.

1.3.2.3 Population d'âge scolaire

Le dénombrement des nourrissons, des enfants, et de la population scolarisable dans le cycle d'études primaire et secondaire est présenté dans le Tableau 15

	Enfants de moins de 10 ans	Enfants de plus de 6 ans au primaire	Enfants de plus de 6 ans au Secondaire 1er cycle	Enfants de plus de 6 ans au Secondaire 2 ^e cycle	Enfants de plus de 6 ans sans niveau	Enfants de plus de 6 ans au primaire, secondaire ou sans niveau
Effectif	36	30	14	5	23	72

Tableau 14: Nourrissons, enfants, population scolarisable de la zone I

Source : Données d'enquête GWP-CAf, 2010.

Dans la zone I, la population d'âge scolaire s'élève à soixante douze (72) personnes et les enfants de moins de dix (10) ans sont au nombre de trente six (36). Rapportée à l'ensemble de la population de la zone I, la population d'âge scolaire représente 70 % de celle-ci. On retrouve donc ici l'un des traits observé au niveau national à savoir : la jeunesse de la population.

La répartition de la population d'âge scolaire entre celle scolarisée et celle non scolarisée est mise en relief sur la figure 25.

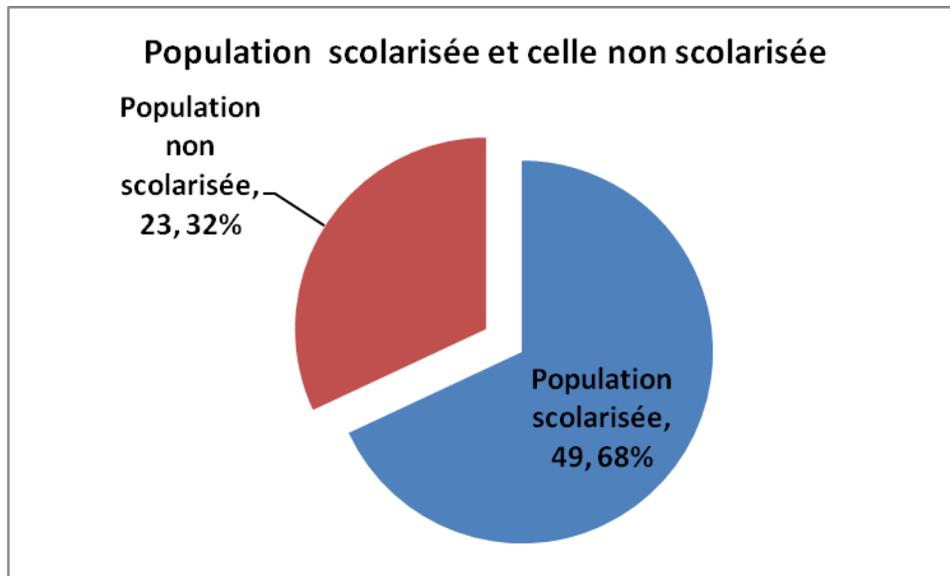


Figure 25: Répartition de la population d'âge scolaire en celle scolarisée et celle non scolarisée

Source : Construction GWP-CAf à partir des données de l'enquête.

Quarante-neuf (49) jeunes, représentant 68 % de ces derniers, bénéficient de l'instruction. Par contre, vingt trois (23) jeunes, représentant 32 %, n'en bénéficient pas. La majorité de ce dernier groupe au nombre de quinze (15) sont d'origine pygmée. Des mesures particulières doivent être envisagées en direction des Pygmées pour faciliter leur scolarisation.

Plus globalement, le site du projet dispose de deux écoles primaires. Dans la perspective du réaménagement dudit site, des infrastructures scolaires devraient être prévues pour continuer à assurer l'instruction de la jeunesse.

La démographie de la zone I ainsi décrite, est résumée sur la figure 26.

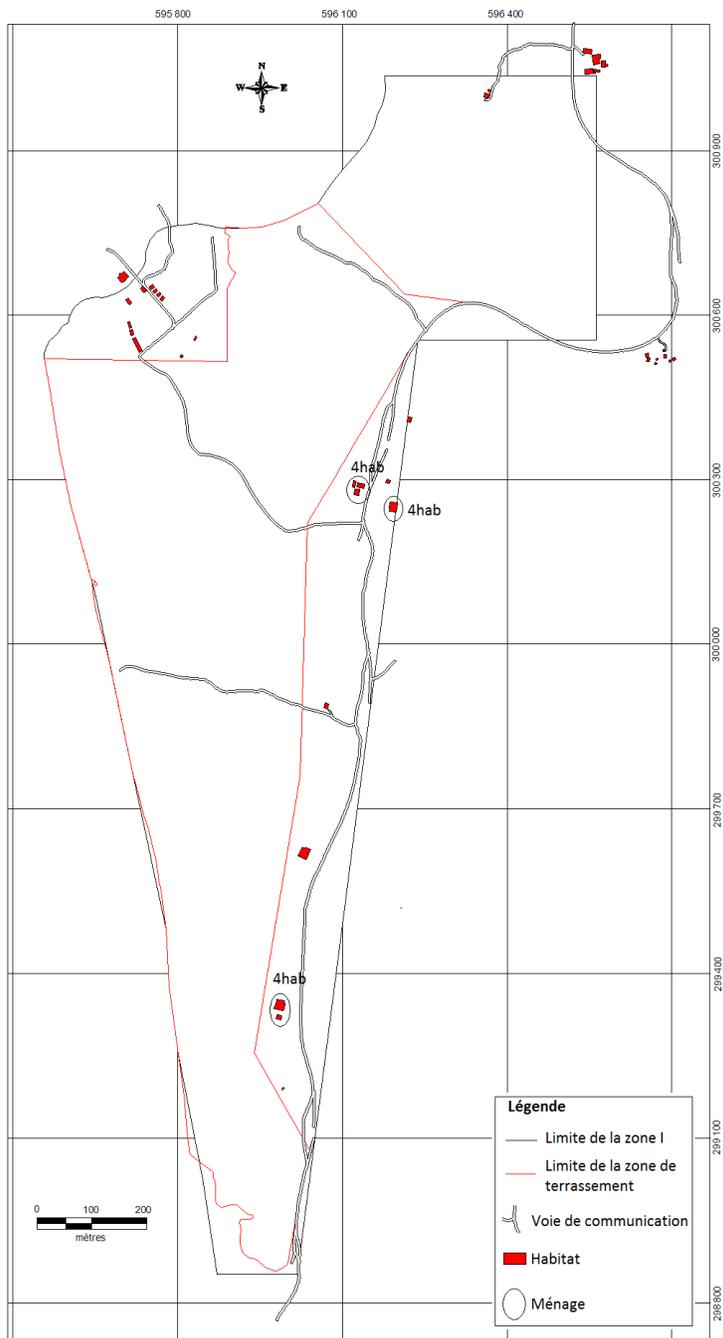


Figure 26: Carte démographique

1.3.3 Conditions de vie des populations de la zone 1

L'étude des conditions de vie de la population en présence, nous servira de prétexte pour mettre en relief : leur logement (mode d'occupation, matériaux de construction et coût) ; leur principal mode d'éclairage ; leur principal mode de déplacement ; leur principal mode de communication ; leur principal type d'énergie utilisée pour la cuisson ; et leur principal mode de conservation des aliments.

1.3.3.1 Logement dans la zone 1 : mode d'occupation et matériaux de construction utilisés

La qualité du logement et plus généralement l'habitat, constitue une des variables qui permettent de mesurer le niveau de vie des populations. Les réponses à la question de savoir si les chefs de ménage étaient propriétaires ou non du logement qu'ils occupaient sont résumées sur la figure 27.

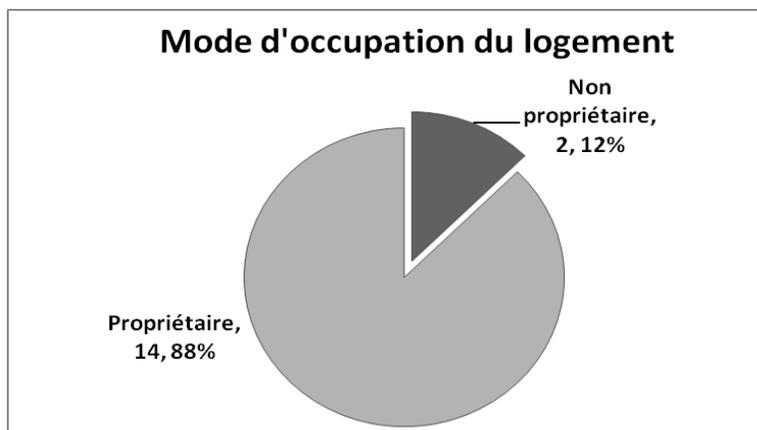


Figure 27: Statut d'occupation du logement dans la zone I.

Source : Construction GWP-CAf à partir des données de l'enquête.

Quatorze (14) ménages, représentant 88 % de ces derniers, sont les propriétaires du logement qu'ils occupent. Par contre deux ménages, soit 12 % de ceux-ci, ne le sont pas. Les premiers déclarent tous avoir accédés à leur

logement par héritage, tandis que les seconds déclarent avoir été logés gratuitement par un tiers. Tous ces ménages résident dans la zone I depuis 32 ans en moyenne, traduisant leur ancrage et profond attachement à cette zone.

S'agissant des matériaux de construction, l'habitation en zone I est composée de :

Maisons modernes avec comme éléments constitutifs : sol en ciment, mur en béton ou en parpaing et toit en tôle ;

Maisons en planches avec : sol en terre ou en ciment, mur en planche ordinaire ou en *Kalabot* et toit en tôle ;

Logements précaires avec : sol en terre, mur en terre battue ou fait de piquets et feuillage, toit en feuillage ou en paille.

La figure 28 retrace l'état de l'habitation dans la zone I.

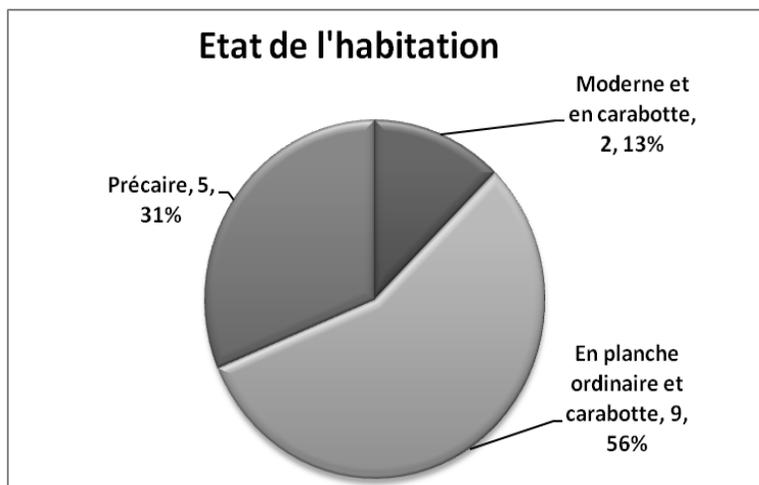


Figure 28: Etat de l'habitation dans la zone I

Source : Construction GWP-CAf à partir des données de l'enquête.

Les habitations en planche sont au nombre de neuf (09), représentant un peu plus de la moitié de celles-ci. Elles sont suivies de celles précaires au nombre de

cinq (05) avec un poids de 31 %. Viennent en fin deux logements modernes associés aux cases en *Kalabot*, représentant 13 % de l'effectif.

De ce qui précède, il se dégage que la grande majorité des ménages vivent dans la modestie (habitation en planches) et dans la précarité.

1.3.3.2 Principal mode d'éclairage des ménages

Les principaux modes d'éclairage utilisés dans la zone I sont résumés sur la figure 29.

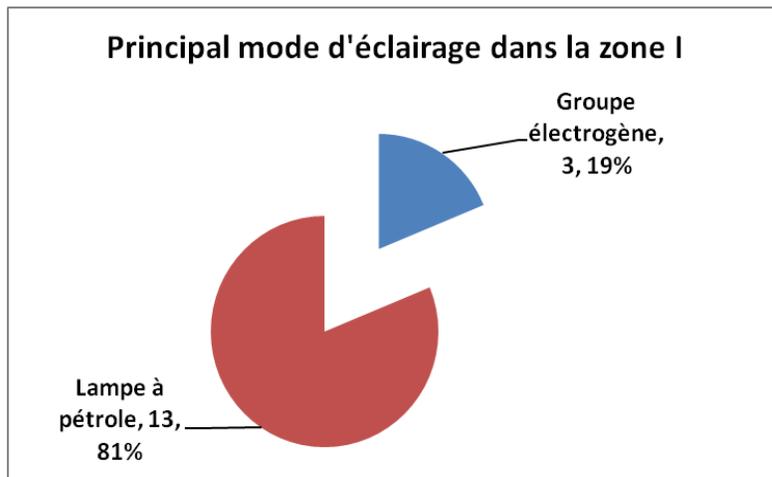


Figure 29: Principal mode d'éclairage des ménages de la zone I.

Source : Construction GWP-CAf à partir des données de l'enquête.

La zone I n'est pas encore raccordée au réseau AES Sonel, même si un effort d'investissement dans ce sens est en train d'être réalisé. Ainsi les ménages s'éclairent principalement à la lampe à pétrole. Ils sont au nombre de treize (13), représentant 81% de ceux-ci. Trois ménages, soit dix neuf 19% de ces derniers font appel à un groupe électrogène tout en utilisant de temps à autre la lampe à pétrole pour s'éclairer.

1.3.3.3 Principal mode de déplacement et de communication des populations

Deux principaux modes de déplacement sont utilisés par la population dans la zone I. Il s'agit des déplacements à pieds et des déplacements à moto (voir figure 30).

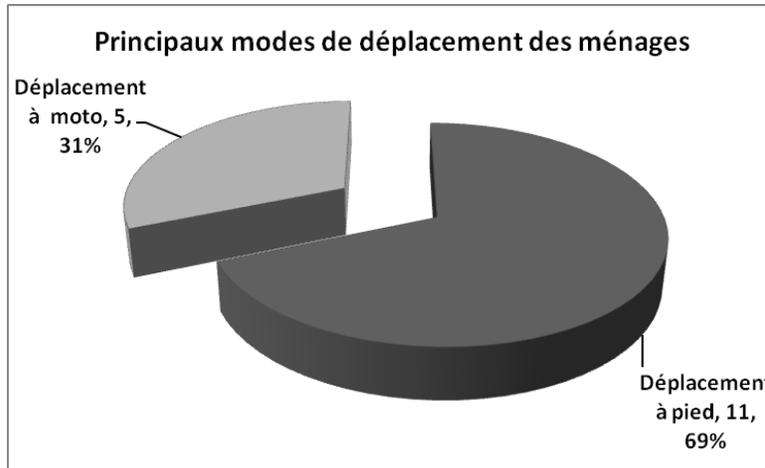


Figure 30: Principal mode de déplacement des ménages de la zone I.

Source : Construction GWP CAF à partir des données de l'enquête.

Le déplacement à pieds ici est prépondérant. Onze (11) ménages, soit 69 %, y ont principalement recours. Par contre cinq (05) ménages, soit 31 %, utilisent principalement la moto pour se mouvoir.

Concernant le mode de communication, on peut relever que la grande majorité des ménages de cette zone ont déjà été pénétrés par les technologies de la communication. Ainsi, dix (10) ménages, soit 62,5 %, possèdent un téléphone portable. Par contre six (06) d'entre eux, soit 37,5 %, ne disposent d'aucun moyen de communication. Il s'agit principalement de tous les Pygmées (voir Tableau 16), qui restent coupés de la modernité.

Principal moyen de communication	Origine ethnique	Effectif des ménages	%
Aucun	ABOH	1	-
	Pygmée	5	
Total Aucun		6	37.5
Tél. portable	Batanga	9	-
	Nfan	1	
Total Tél. portable		10	62.5
Total		16	100

Tableau 15: Principal moyen de communication et l'origine ethnique des ménages

Source : Données d'enquête GWP-CAf, 2010.

1.3.3.4 Principal type d'énergie utilisé pour la cuisson et mode de conservation des aliments

Les ménages utilisent tous le bois pour la cuisson des repas. Mais en plus du bois, un ménage, soit 6 % de l'effectif, a recours aussi au gaz (voir figure 31).

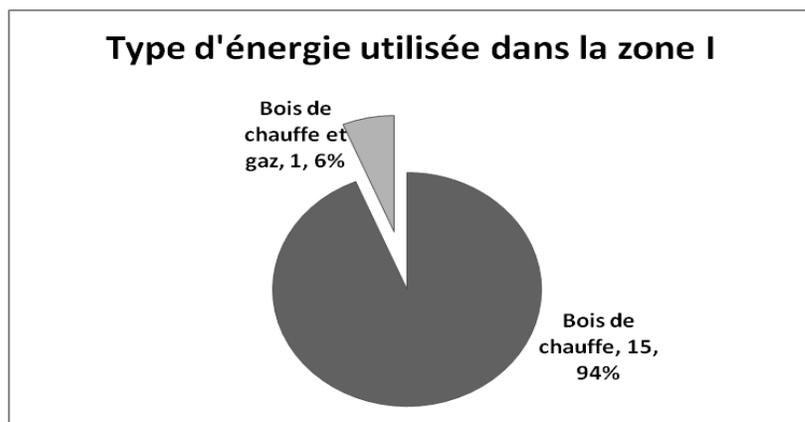


Figure 31 : Principal type d'énergie utilisée par ménages de la zone I.

Source : Construction GWP CAF à partir des données de l'enquête.

S'agissant de la conservation des aliments, tous les ménages ont recours soit au fumage, soit au séchage ou encore chauffage.

Récapitulant les conditions de vie des ménages de la zone I, la grande majorité s'éclaire à la lampe à pétrole (81 %), se déplace à pied (69 %), utilise le bois pour la cuisson de la nourriture et recourt au fumage ou au séchage pour la conservation des aliments. Cette situation vient corroborer les conditions de vie modeste que connaissent les populations en présence.

1.3.4 Activités économiques dans la zone 1

L'activité économique est dominée par : l'agriculture, la pêche et la chasse. Mais on recense également l'élevage et le tourisme.

1.3.4.1 L'agriculture

L'examen de l'agriculture demande une investigation sur les modes d'accès à la terre et la taille des exploitations ; la main d'œuvre, les cultures pratiquées, les techniques culturales utilisées et le recours à l'eau; la destination de la production, le revenu qui en émane.

Les modes d'accès à la terre, la durée dans l'exercice de l'activité et la taille des exploitations

La disponibilité et l'accès à la terre conditionne la pratique de l'agriculture. Dans la zone I, les ménages ont accès à la terre selon trois modalités présentées sur la figure 32.

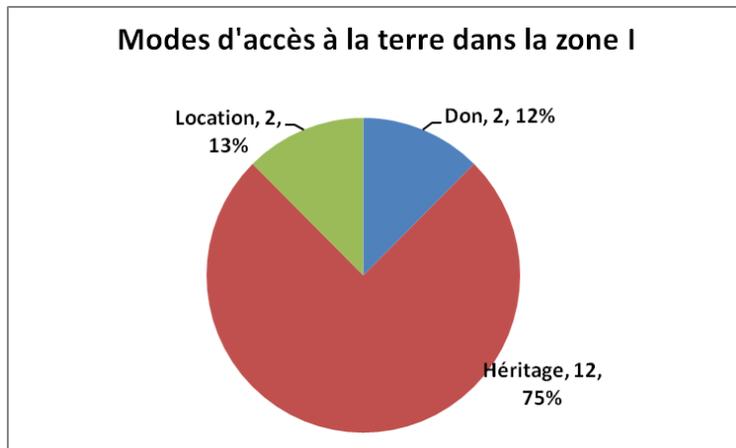


Figure 32: Modes d'accès à la terre dans la zone 1.

Source : Construction GWP-CAf à partir des données de l'enquête.

La grande majorité des ménages au nombre de douze (12), soit 75 % de ceux-ci, ont hérité des terres sur lesquelles ils cultivent. Deux ménages, représentant 12 % de leur effectif, cultivent sur des terres gracieusement mises à leur disposition par un tiers, tandis les deux derniers ménages les louent.

Par ailleurs, les ménages parcourent en moyenne un (01) km pour se rendre dans leurs champs.

Ainsi, les terres dans la zone I sont disponibles et les ménages dans la globalité y ont un accès facile. L'une des doléances émises par ces derniers, est que mieux que les dédommagements, que des terres soient redistribuées aux populations devant être déguerpies pour leur permettre de continuer à cultiver dans leur site de recasement.

S'agissant de la taille des exploitations agricoles, celle-ci est matérialisée sur la figure 33.



Figure 33: Ménages selon la taille des exploitations agricoles dans la zone 1.

Source : Construction GWP-CAf à partir des données de l'enquête.

La superficie moyenne des champs dans la zone I, est de l'ordre de 1,75 hectares et le plus grand ménage cultivateur, celui de Malonga Mpollo Emmanuel, dispose d'une exploitation de cinq (05) hectares. En somme, on y est en présence de petites et de très petites exploitations agricoles.

Les cultures pratiquées, la main d'œuvre, les techniques culturales utilisées et le recours à l'eau

Les cultures, notamment vivrières, sont variées. Il s'agit principalement du manioc, du macabo, de l'igname, du maïs, la patate et le cacao. Leur volume de production dans la zone I a été estimé dans le Tableau 17.

Cultures Production	Manioc en tonne	Plantain en régimes	Macabo en tonne	Igname en tonne	Maïs en tonne	Patate en tonne	Cacao en tonne
Production annuelle totale	107,4	1263	6	9,55	7,44	3,6	0.54
Production moyenne par ménage	6,7	126	0,85	1.2	1,86	3,6	0,54*

Tableau 16: Production agricole dans la zone I

Source : Données d'enquête GWP-CAf, 2010.

* Un seul ménage cultive le cacao.

Par ailleurs, d'autres cultures sont pratiquées, mais de manière marginale. On peut citer : le concombre, l'arachide, le piment et des arbres fruitiers comme le prunier, le citronnier, etc.

S'agissant de la main d'œuvre, celle-ci est essentiellement familiale, et chaque ménage emploie en moyenne quatre (04) membres dans son exploitation. Certains ménages font également appel à une main d'œuvre extérieure et déboursent en moyenne cent trente mille (130 000) francs CFA pour la réalisation des travaux tels que le défrichage, l'abatage des arbres, etc.

Pour ce qui est des techniques culturales, celles-ci sont archaïques. Un seul ménage déclare utiliser le fumier pour fertiliser le sol. Par ailleurs, l'irrigation est ignorée. **Ainsi, l'agriculture dans la zone I n'exploite que l'eau pluviale.** Tout ceci explique la faiblesse du rendement agricole.

La destination de la production et revenu agricoles

Dans la zone I, 25 % des ménages consacrent l'intégralité de leur production agricole exclusivement à leur propre consommation (voir figure n°13).

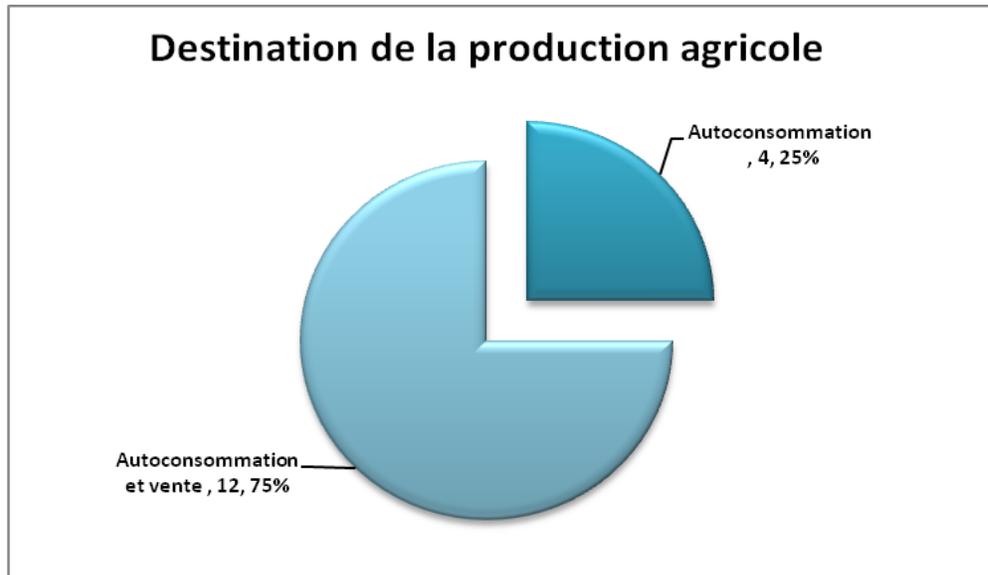


Figure 34: Destination de la production agricole dans la zone 1.

Source : Construction GWP-CAf à partir des données de l'enquête.

Par contre 75 % des ménages consacrent leur production agricole en partie à leur propre consommation et écoulent le reste. Les douze ménages concernés perçoivent un revenu mensuel de l'ordre de 1 390 500 francs CFA, soit en moyenne 115 875 francs CFA par ménage.

1.3.4.2 La pêche

Treize (13) ménages pêcheurs ont été dénombrés dans la zone I. Ils exercent la pêche en moyenne depuis trente deux (32) ans. C'est dire que cette activité est fortement ancrée dans leur vie. Son étude nous conduira à examiner : les zones de pêche et la destination du produit de la pêche, la pêche dans les rivières, la pêche en mer.

Les zones de pêche et la destination du produit de la pêche

Pour exercer leur activité, les pêcheurs se rendent pour certains : soit uniquement dans les rivières et cours d'eau continentaux, soit exclusivement en mer, soit enfin en mer et dans les rivières, comme décrit sur la figure 35.

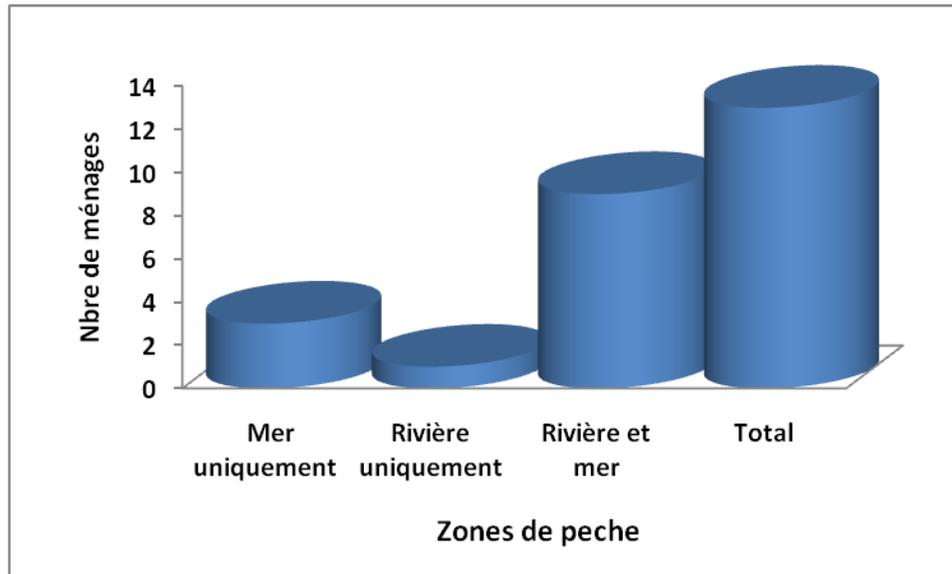


Figure 35: Zones de pêche.

Source : Construction GWP-CAf à partir des données de l'enquête.

Trois (03) ménages pêchent uniquement en mer, un (01) exclusivement dans les rivières et neuf (9) à la fois en mer et dans les rivières. Ainsi, la grande majorité des pêcheurs (69,2 %) vont aussi bien dans les rivières que dans la mer. Concernant l'utilisation du produit de la pêche, celle-ci est résumée sur la figure 36.

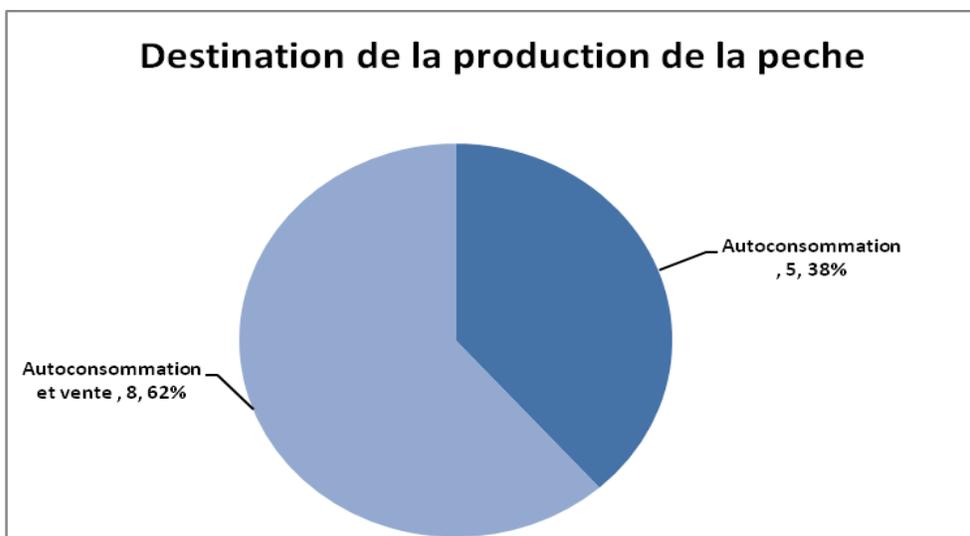


Figure 36: Utilisation du produit de la pêche.

Source : Construction GWP-CAf à partir des données de l'enquête.

Cinq (05) ménages pêcheurs, soit 38 % de ces derniers, consacrent l'entièreté du produit de leur pêche à leur propre consommation. Par contre, huit (08) d'entre eux, soit 62 % utilisent le produit de leur pêche en partie pour leur propre consommation, le reste étant écoulé.

La pêche dans les rivières

La pêche dans les rivières, est exercées par dix (10) ménages. La fréquence de cette activité est résumée sur la figure 37.

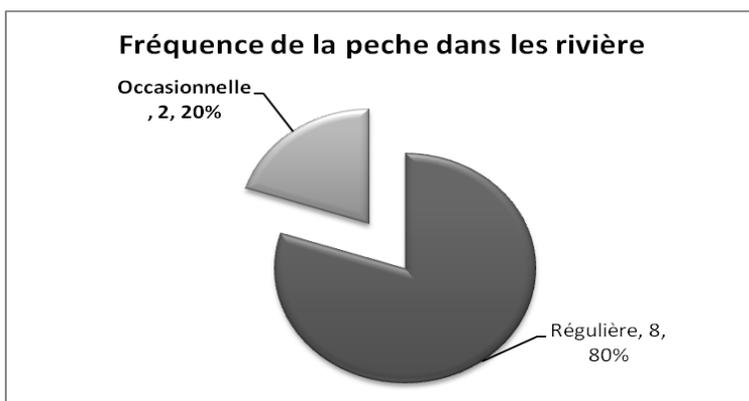


Figure 37: Fréquence de la pêche dans les rivières

Source : Construction GWP-CAf à partir des données de l'enquête.

Huit (08) ménages pêchent régulièrement dans les rivières alors deux (02) ne le font qu'occasionnellement.

La pêche dans les rivières procure mensuellement aux dix ménages qui la pratiquent 316 kg de poissons, soit une moyenne de 31,6 kg de poissons par ménage. Quatre (04) ménages écoulent une partie de leur production pour une recette mensuelle moyenne de l'ordre de 18 500 francs CFA.

La pêche en mer

Les pêcheurs se rendent en mer en moyenne quatre (04) fois par semaines. Pour exercer leur activité, ils font usage d'une variété de matériels : filet, ligne, nasse, harpon, pirogue, etc. Pour une tournée de bonne pêche, les pêcheurs peuvent en moyenne ramener 77,5 Kg de poissons, tandis qu'une tournée de mauvaise pêche peut leur procurer en moyenne 13 Kg de poissons.

Comme pour la pêche dans les rivières, une partie du produit de la pêche en mer est écoulee sur le marché. Une bonne pêche peut procurer en moyenne 95 000 francs CFA, tandis qu'une mauvaise pêche peut en moyenne offrir 11 750 francs CFA.

Par ailleurs, sur quatre sorties en mer, les pêcheurs réalisent en moyenne une bonne pêche. Ainsi, la pêche en mer peut assurer en moyenne et par semaine aux douze (12) ménages pêcheurs qui la pratiquent, un revenu de 130 000 francs CFA.

1.3.4.3 La chasse

Le site projet et ses environs sont une zone giboyeuse. Les espèces animales qui y abondent et font l'objet de la chasse. On y trouve : le porc-épic, le lièvre, l'antilope, le rat, le pangolin, le singe, le hérisson, etc. Pour pratiquer leur activité,

les chasseurs recourent ici aux matériels et techniques suivants : la lance, les pièges, les chiens, le filet, etc.

Dans la zone I, la chasse est pratiquée en moyenne trois (03) fois par semaine. L'utilisation qui est faite du produit de la chasse, est résumée sur la figure 38.

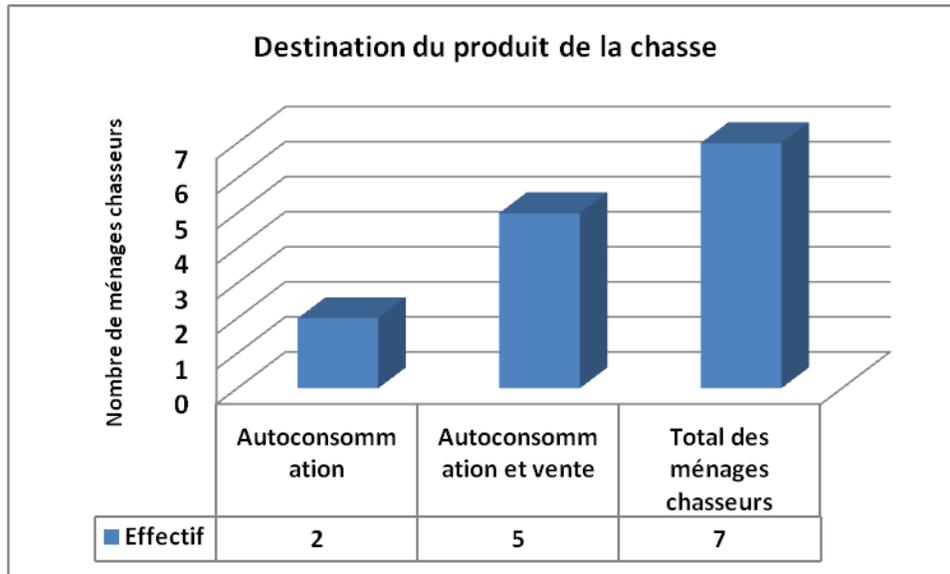


Figure 38: Utilisation du produit de la chasse

Source : Construction GWP-CAf à partir des données de l'enquête.

Dans la zone I, deux (02) ménages chasseurs, soit 28,57 % de ces derniers, consacrent l'entièreté du produit de leur chasse à leur propre consommation. Par contre, cinq (05) d'entre eux, soit 71,43 % utilisent le produit de leur chasse en partie pour leur propre consommation, le reste étant vendu, comme le traduit la figure 39.

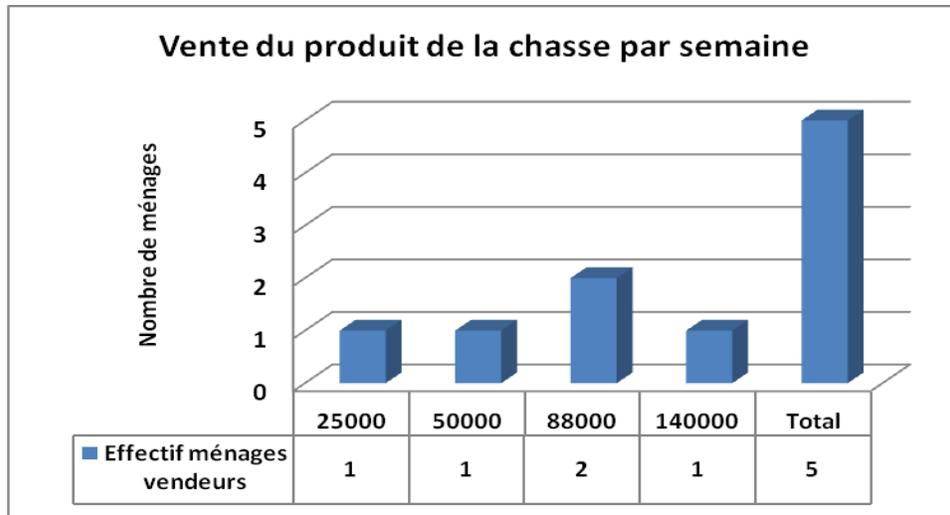


Figure 39: Vente du produit de la chasse

Source : Construction GWP-CAf à partir des données de l'enquête.

La chasse procure en moyenne aux cinq (05) ménages de la zone I qui la pratiquent et écoulent une partie du fruit de cette activité, un revenu de l'ordre de soixante dix huit mille (78 000) francs CFA.

1.3.4.4 L'élevage et le tourisme

L'élevage

Huit (08) ménages de la zone I s'adonnent au petit élevage. Il s'agit principalement de la volaille élevée sur leur cour et des animaux de compagnie comme l'illustre la figure 40.

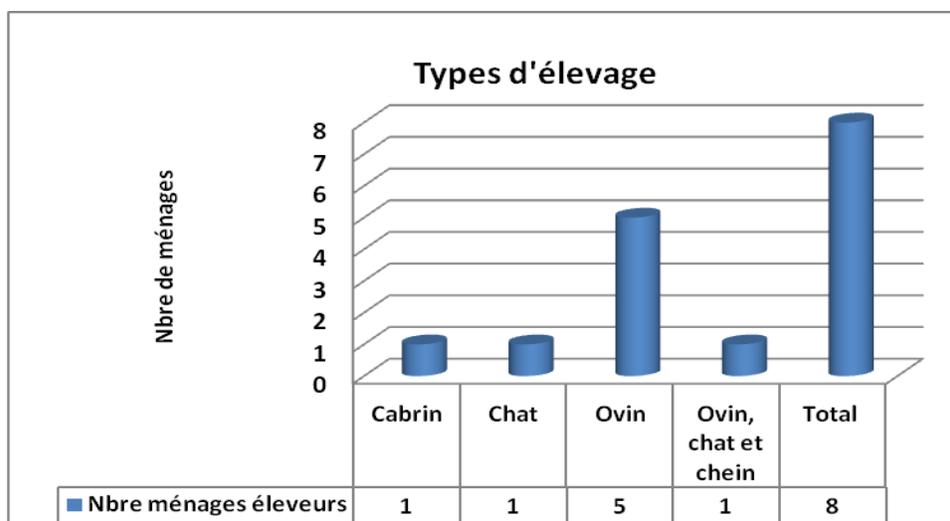


Figure 40: Types d'élevage pratiqué dans la zone I

Source : Construction GWP-CAf à partir des données de l'enquête.

Six (06) ménages possèdent de la volaille, deux disposent des chats, les autres espèces (chèvre et chien) se retrouvent dans un ménage. Le nombre de têtes d'animaux dénombrés par type d'élevage dans la zone I est présenté dans le Tableau 18.

Types d'élevage	Ovin	Caprin	Chat	Chien
Nombre de têtes d'animaux	125	1	7	10

Tableau 17: Nombre de têtes d'animaux par type d'élevage

Source : Données d'enquête GWP-CAf, 2010.

La production de l'élevage dans la zone I est négligeable. Elle est destinée dans la moitié des ménages s'adonnant à cette activité uniquement à l'autoconsommation comme l'illustre la figure 41. Les animaux, notamment la volaille sont abattus à l'occasion de certaines fêtes.

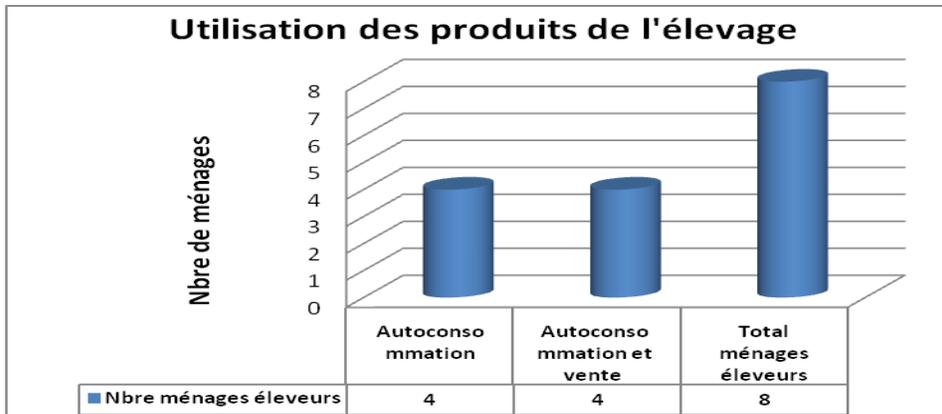


Figure 41: Destination des produits de l'élevage dans la zone I

Source : Construction GWP-CAf à partir des données de l'enquête.

Dans la zone I, quatre (04) ménages écoulent périodiquement ou occasionnellement une partie de la production de leur élevage comme l'illustre la figure 42.

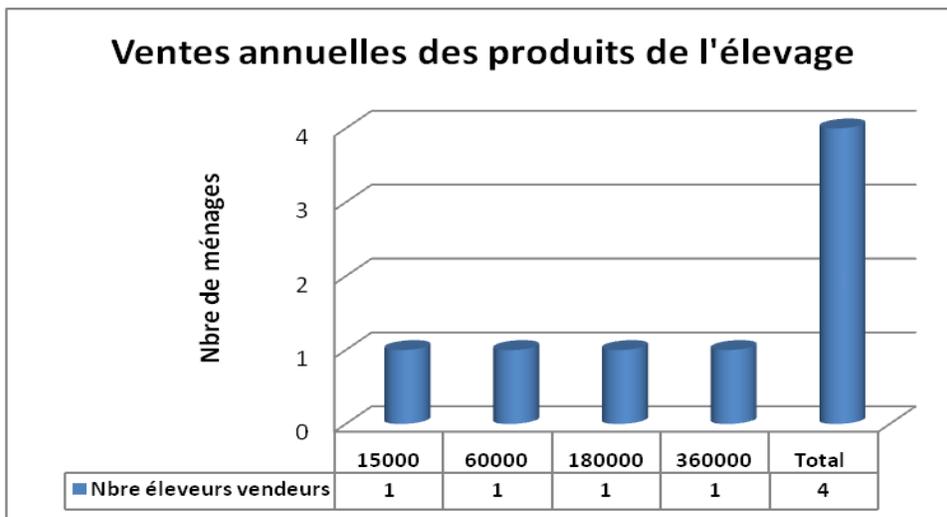


Figure 42: Vente annuelle des produits de l'élevage dans la zone I

Source : Construction GWP-CAf à partir des données de l'enquête.

L'élevage procure en moyenne aux quatre (04) ménages en présence, un revenu annuel de l'ordre de 153 750 francs CFA.

1.3.4.5 Le tourisme

Le site du projet comme l'ensemble de la côte maritime, offre d'énormes potentialités touristiques. La zone I abrite un établissement touristique dénommée la SOCAT, qui appartient à un expatrié. Il est de moyenne dimension et occupe une superficie d'environ deux (02) hectares en bordure de mer. Cet établissement avait déjà mis la clé sous le paillason avec l'éminence du début des travaux dans la zone de terrassement.

L'activité économique de la zone I ainsi décrite peut être résumée sur la figure 43 ci-après.

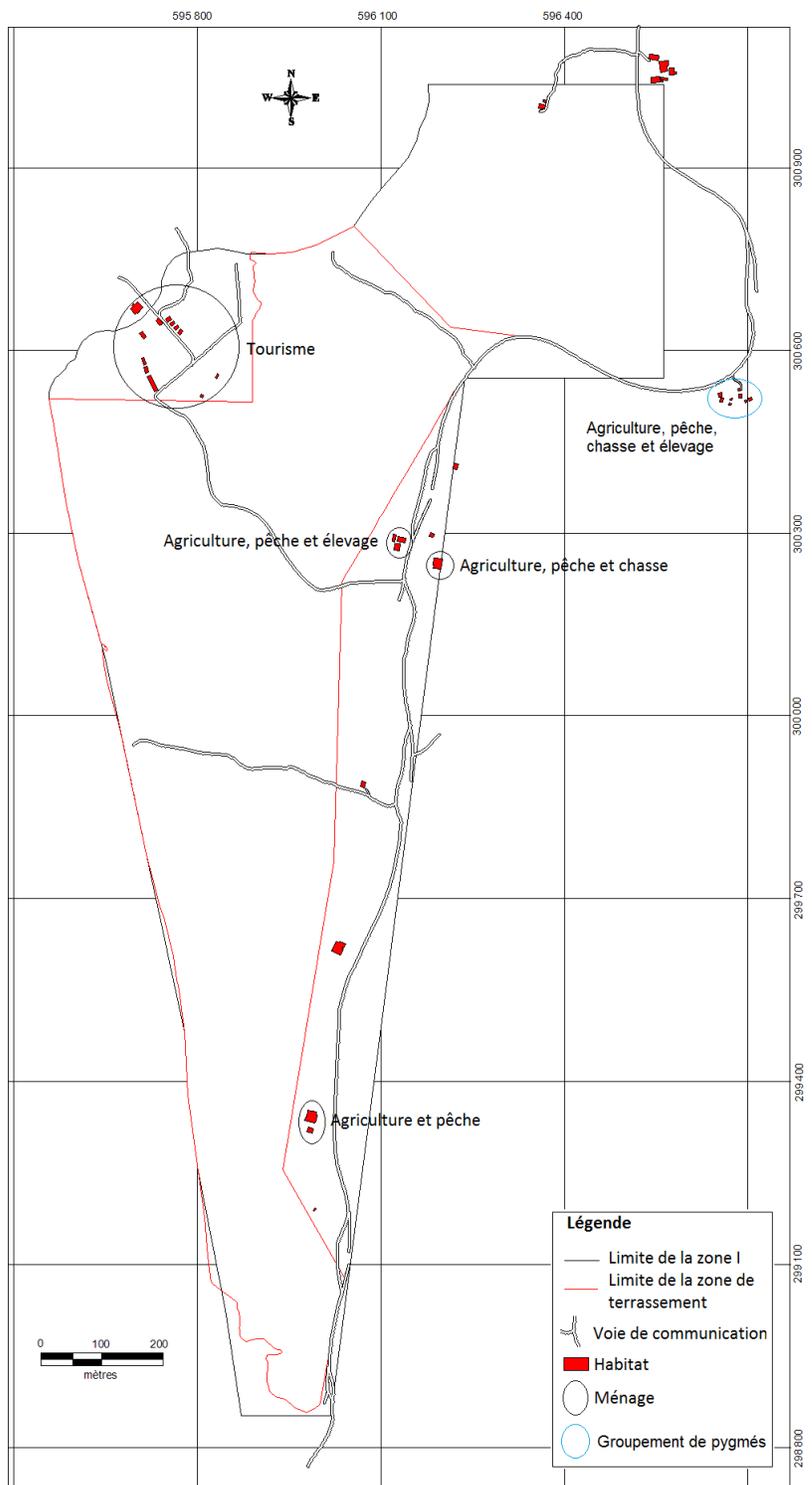


Figure 43: Carte des activités économiques

1.3.5 Eau domestique et assainissement

L'eau potable et l'assainissement relèvent des services sociaux de base dont le non accès devrait être réduit de moitié pour atteindre les Objectifs du Millénaire pour le Développement (OMD) dans ce domaine. En 2007 l'accès à l'eau potable au Cameroun en milieu rural et urbain était respectivement de 27,7 %, et 75,1 %. Pour l'ensemble du Territoire, il reste aujourd'hui que moins de la moitié de la population camerounaise (43,9 %), soit un peu plus de la moitié de la cible (72,1%) à atteindre en 2015⁹, ont accès à l'eau potable.

S'agissant de l'assainissement, le taux d'équipement des ménages en toilettes modernes était de 15 % en 2007. Dans la perspective de l'atteinte des OMD et selon le DSCE, il faudra porter ce taux à 58%¹⁰, 80% et 65%, respectivement en milieu rural, urbain et pour l'ensemble du pays. L'examen de cet aspect concerne les conditions d'approvisionnement en eau domestique, l'état de l'assainissement, la gestion des ordures et des eaux usées, les maladies hydriques qui y sévissent et leurs coûts.

1.3.5.1 Approvisionnement en eau domestique

Les sources d'approvisionnement en eau de boisson dans la zone I, sont présentées sur la figure 44.

⁹ L'objectif de 75 % d'accès à l'eau potable préalablement fixé à 2015, a été prorogé dans le DSCE en 2020.

¹⁰ La politique d'AEPA en milieu rural situe ce taux à 75 %.

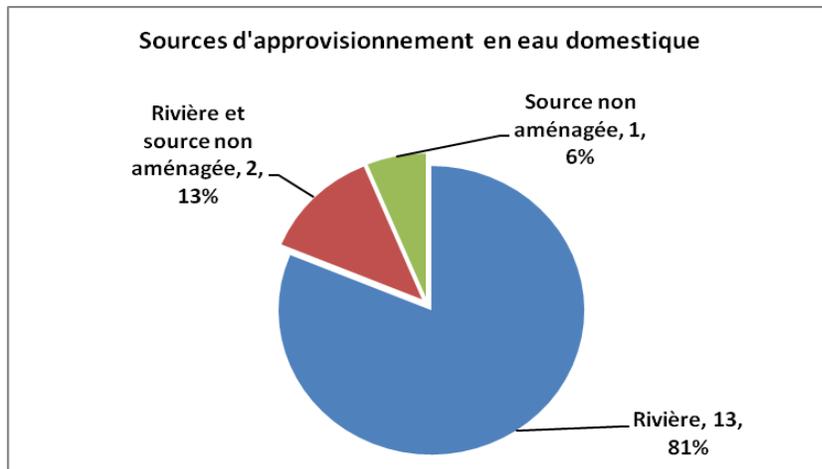


Figure 44: Sources d'approvisionnement en eau domestique dans la zone I

Source : Construction GWP-CAf à partir des données de l'enquête.

La zone I n'a pas bénéficié d'adduction d'eau potable et ne dispose encore moins d'un branchement CAMWATER. Pour s'approvisionner en eau, treize (13) ménages, représentant 81 % de l'effectif, recourent aux rivières. Deux ménages, soit 13 %, utilisent à la fois une source non aménagée et la rivière, et un (01) ménage se sert exclusivement d'une source non aménagés. Ainsi, **le taux d'accès à l'eau potable y est nul.**

Concernant l'état de propreté des sources d'approvisionnement en eau (voir figure 45), les populations à 69 % le jugent passable. Par contre 31 % de ces dernières considèrent leurs lieux d'approvisionnement en eau comme propre.

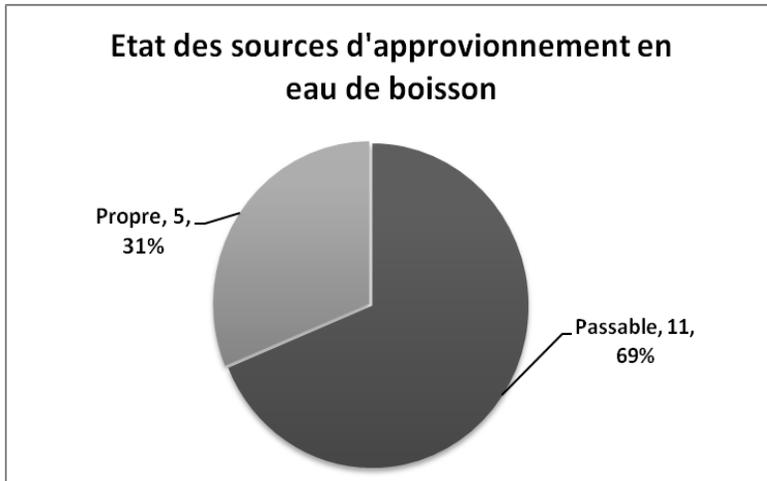


Figure 45: Etat de sources d'approvisionnement en eau dans la zone

Source : Construction GWP-CAf à partir des données de l'enquête.

Pour traiter l'eau, certains ménages disposent de filtres fabriqués artisanalement. Douze (12) ménages, soit 75 % de l'effectif, ne font subir aucun traitement à leur eau avant sa consommation. Trois (03) ménages, soit 19 %, procèdent souvent au traitement de l'eau, et seul un ménage traite toujours son eau comme l'illustre la figure 46.

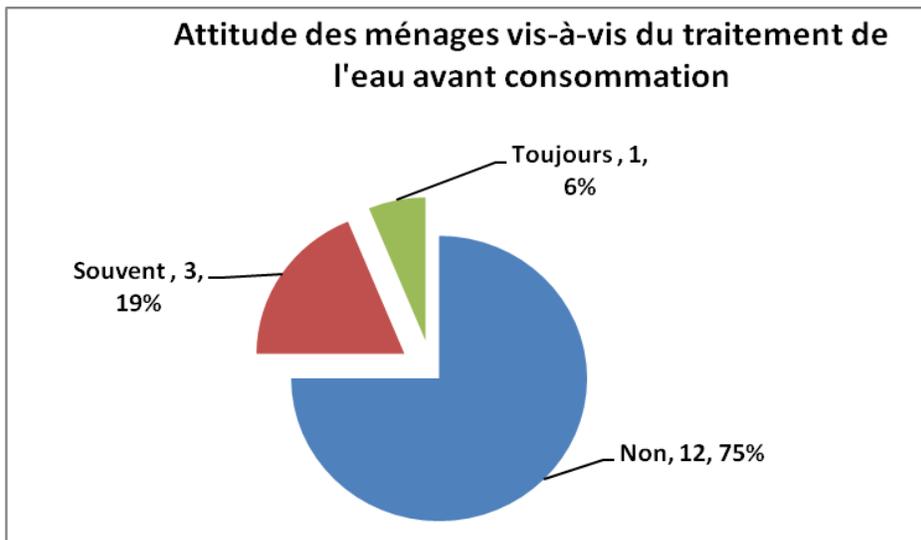


Figure 46: Attitude des ménages face au traitement de l'eau avant sa consommation

Source : Construction GWP-CAf à partir des données de l'enquête.

De ce qui précède, l'on peut relever que **l'eau consommée par les populations de la zone I, est de qualité douteuse.**

Etat de l'assainissement

Son examen nous conduira à appréhender la possession de latrines par les ménages et leur qualité, leur distance par rapport aux habitations et sources d'approvisionnement en eau, leur profondeur et leur position par rapport aux habitations.

S'agissant de la possession et le type des latrines, ceux-ci sont présentés sur le tableau 19.

Possession ou non de latrine	Type de latrine	Effectif des ménages	Pourcentage
Non	-	4	
Total Non		4	25
Oui	Traditionnel	12	75
Total Oui		12	75
Total		16	100

Tableau 18: Possession et type de latrine dans la zone I

Source : Données d'enquête GWP-CAf, 2010.

Douze ménages, soit 75 % de l'effectif, possèdent de latrines qui sont toutes de type traditionnel. Par contre quatre (04) ménages, soit 25 %, n'en possèdent guère et se contentent de faire les selles « au champ à côté », en bordure de route, etc. Cette pratique en n'en point douter, est dangereuse et peut donner lieu à la propagation de maladies à l'instar du choléra qui sévit actuellement dans le Pays.

En regardant de près le type de latrines traditionnelles en présence, on peut observer que les deux tiers sont de simples trous non couverts, sans mur et sans toit (voir figure 47).

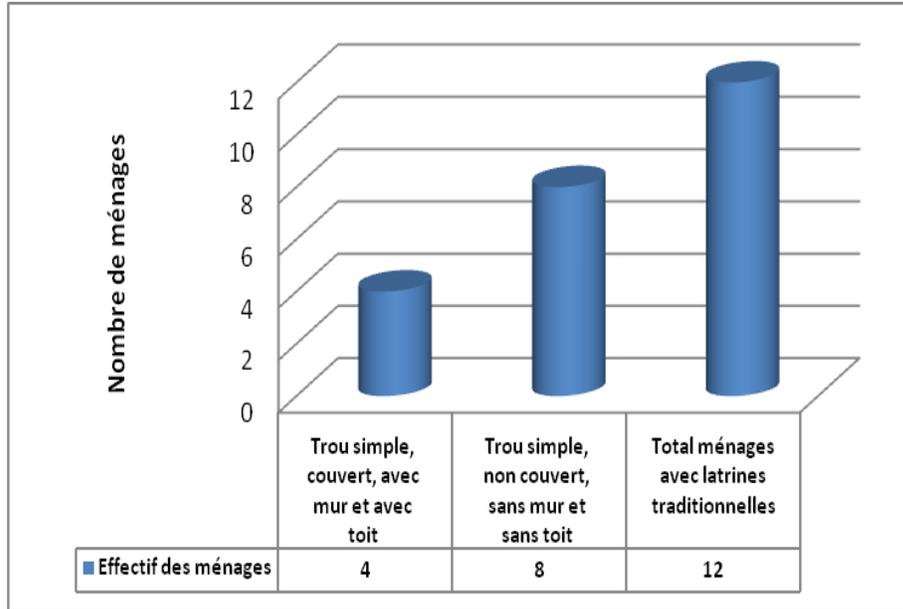


Figure 47: Etat des latrines dans la zone I.

S’agissant des distances desdites latrines par rapport aux maisons d’habitation et sources d’approvisionnement en eau, elles sont en moyenne respectivement de dix (10) et de quatre-vingt-quinze (95) mètres. La profondeur des latrines quant à elle, est en moyenne de quatre (04) mètres. Au regard des caractéristiques hydrogéologiques de la zone, les excréments se retrouvent en contact avec la nappe phréatique, souillant de ce fait celle-ci.

Pour ce qui est de la position des latrines par rapport aux maisons d’habitation, celle-ci est résumée sur la figure 48.

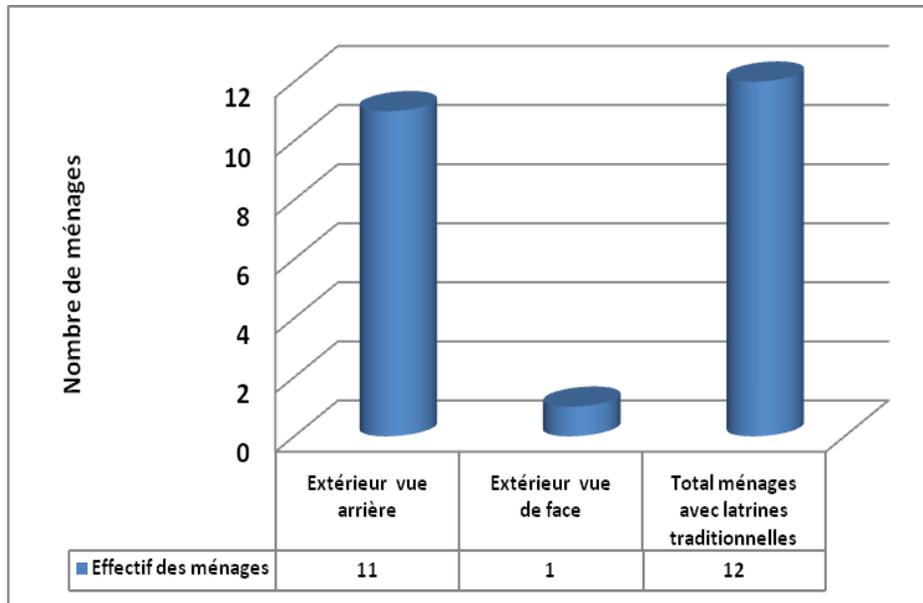


Figure 48: Position des latrines par rapport aux maisons d'habitation dans la zone I.

Onze (11) ménages, soit 92 % de l'effectif, ont creusé leur latrine derrière les maisons d'habitation. Par contre un ménage a implanté sa latrine en face de la maison.

En somme, nous sommes en présence dans la zone I de latrines de piètre qualité, **rendant l'accès à l'assainissement quasi-nul.**

Gestion des ordures et des eaux usées

La gestion des ordures dans la zone I est résumée dans le tableau 20.

Possession ou non de la Poubelle	Si possession de la poubelle, lieu de vidange	Effectif des ménages	Pourcentage
Non	-	10	
Total Non		10	62.5

Oui	Champ	5	
	Fosse à ordure	1	
Total Oui		6	37.5
Total		16	100

Tableau 19: Gestion des ordures dans la zone I

Dix ménages, soit 62,5 % de l'effectif, ne disposent pas de poubelle, et jettent leurs ordures aux alentours de leur concession. Parmi les six (06) qui en disposent, cinq (05) vident leurs poubelles, comme les premiers, dans leur voisinage. En somme, nous sommes en présence dans la zone I d'une gestion anarchique des ordures, bien que leur volume soit peu important.

Concernant les eaux usées, leur gestion est présentée sur le tableau 21.

Lieux de déversement des eaux usées	Effectif des ménages	Pourcentage
Chaussée	1	6.25
Derrière la maison	10	62.5
Derrière la maison et sur la cours	1	6.25
Fosse	1	6.25
Sur la cours	3	18.75
Total	16	100

Tableau 20: Gestion des eaux usées dans la zone I

Dans la zone I, il n'existe pas de système d'évacuation collective des eaux. La gestion des eaux usées est analogue à celle des ordures. Elles sont déversées principalement derrière la maison, sur la cour et sur la chaussée par la quasi-totalité des ménages.

Maladies hydriques et coûts

La mauvaise qualité de l'eau et le non assainissement sont la cause de certaines maladies. Parmi les plus citées par les populations de la zone I, figurent en bonne place :

Le paludisme qui en est endémique ;

Les diarrhées ;

Les infections parasitaires (amibiases) ;

Les infections virales (hépatite virale, la poliomyélite ...), etc.

Le nombre de cas de maladies, enregistré par le Centre de Santé de l'Eglise Presbytérienne camerounaise (EPC) de NASSO¹¹ en 2009 et depuis l'année en cours, est présenté dans le tableau 22. Il traduit l'ampleur de ces maladies.

	Années					
	2009			2010*		
	Hommes	Femmes	Total	Hommes	Femmes	Total
Nombre total des cas de maladie	82	156	238	100	63	163
Cas de maladie hydrique selon le Centre EPC de	73	140	213	90	57	147

¹¹ Cette structure de santé couvre le site du projet et les villages Batanga.

NASSO ¹²						
Cas de maladie hydrique au regard de leur poids dans l'ensemble de maladies en Afrique au Sud du Sahara ¹³	57	109	166	70	44	114

Tableau 21: Cas de maladies, notamment hydriques enregistrés par le Centre de santé EPC de NASSO

* Données de janvier à septembre 2010.

Pour un nombre total 238 cas de maladie en 2009, les maladies hydriques dans le site du projet et ses environs ont été à l'origine de 166 à 213 cas. Pour l'année en cours (en considérant la période allant de janvier à septembre), elles sont responsables de 114 à 147 cas sur les 163 cas déjà enregistrés.

Au regard de leur ampleur, les maladies hydriques occasionnent un coût économique et social très important dans le site du projet. Sur le plan financier les maladies hydriques obèrent les dépenses de santé, qui dans la zone I sont en moyenne d'un montant annuel de 91 000 francs CFA, montant qui est voisin de celui national de 94 000 francs CFA¹⁴.

Parallèlement au coût ci-dessus, il convient de souligner l'existence de comportements à risques observés chez certaines populations, notamment celles analphabètes. Ces comportements consistent dans l'acquisition des médicaments, souvent de qualité douteuse, auprès des vendeurs ambulants, la non prise en compte de délai de péremption des médications pendant leur utilisation, l'attitude peu encline à se faire consulter auprès des centres de santé agréés en cas de maladie, etc.

¹² Selon ce Centre, les maladies hydriques représentent 90 % des consultations.

¹³ Ce poids est de 70 %.

¹⁴ In "GWP-Cmr/MINEE (2009), *Etat des lieux du secteur de l'eau, volet financier, économique et social*, P. XI.

Par ailleurs, une frange non négligeable de la population de la zone I a recours à la médecine traditionnelle pour se soigner.

1.3.6 Principales conclusions

Face aux taux d'accès à l'eau potable et à un assainissement adéquat nuls observés dans la zone I, il est impérieux de prévoir dans le cadre du réaménagement du site du projet du Port en eau profonde de Kribi, des investissements dans les infrastructures d'eau et d'assainissement ;

Eu égard au caractère endémique des maladies hydriques sur le site du projet, l'effort en matière d'investissement dans l'eau et l'assainissement suggéré, devrait être accompagné du développement des programmes de formations formels et non formels sur l'eau, l'hygiène et l'assainissement. Dans la même perspective, l'accent devrait être porté sur l'information, l'éducation et communication (IEC) des populations en matière d'hygiène du milieu et d'hygiène environnementale ;

La pêche est l'une des principales activités économiques de la zone I. Elle assure aux ménages qui la pratiquent en mer, un revenu hebdomadaire de l'ordre de 130 000 francs CFA. Une minimisation des perturbations consécutives au déguerpissement des pêcheurs peut passer par un meilleur encadrement de l'activité de la pêche à travers : les facilités accordées pour accéder au matériel de pêche (crédits, subventions), la formation des pêcheurs aux techniques assurant la préservation des ressources marines, etc. ;

Au même titre que la pêche, l'agriculture est l'une des importantes activités exercées dans la zone I. Toutefois, l'on relève le recours des populations à des techniques culturelles archaïques et l'absence d'irrigation avec pour corollaire de très faibles rendements agricoles. L'une des doléances maintes fois exprimées par les ménages, est que mieux que les dédommagements, que des terres soient redistribuées aux populations déguerpies du site projet dans le site de recasement pour leur permettre de poursuivre cette activité ;

Comme dans l'ensemble du pays, la population de la zone I, est marquée par sa jeunesse. La population d'âge scolaire s'élève à soixante-douze (72) habitants. Il convient de prévoir dans le cadre du réaménagement du site, des infrastructures scolaires pour la poursuite de l'instruction de cette jeunesse. Dans le même ordre d'idées, un effort d'alphabétisation est également à prévoir en direction des vingt-trois (23) personnes non scolarisées constituées en grande majorité des pygmées ;

L'essentiel des activités économiques de la zone I (agriculture, pêche, chasse) est fortement liée à la nature. La minimisation de la perturbation par le Port en eau profonde de Kribi et les activités y afférant, passe par l'impératif de préservation de l'environnement et de l'équilibre des écosystèmes vitaux qui y sont présents.

2. ÉTAT INITIAL

2.1 État des lieux de l'occupation actuelle de l'espace par les ressources en eau

2.1.1 Réseau hydrographique

La façade atlantique du Cameroun est composée des cours inférieurs du Nyong, de la Lokoundjé, de la Kienké, de la Lobe et du Ntem dont les sources se trouvent au Gabon. La ligne de partage des eaux du plateau du Centre-Sud orientée SW-NE impose la direction Sud-est Ouest aux eaux du bassin des fleuves de la façade atlantique.

2.1.1.1 Le Nyong

Le Nyong entre dans la façade atlantique à la station de Dehane, située en amont du pont de la route Edéa – Kribi au Km 49. Il traverse alors une dernière chute à dix kilomètres en aval au village de Dehane et rejoint la plaine littorale à la crique de Batanga dans laquelle il coule paisiblement dans un bief navigable jusqu'à l'océan. La figure 49 présente le profil en long du Nyong.

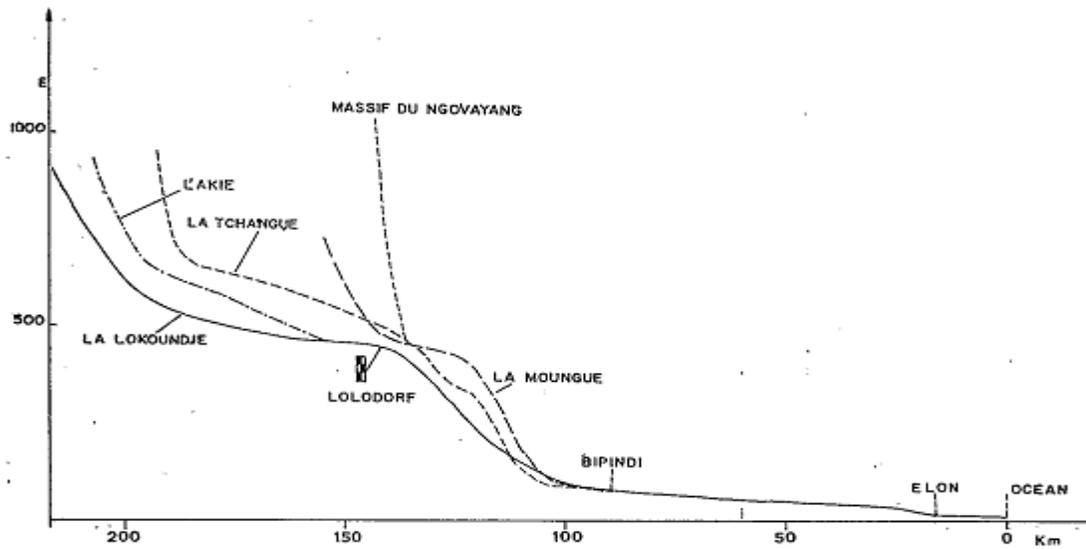


Figure 50: Profil en long de la Lokoundjé (Extrait de Olivry, 1986)

2.1.1.3 La Kienké

La Kienké se profile au Sud de la Lokoundjé. Elle se jette dans l'Océan par une succession de rapides dans le petit port de Kribi. La figure 51 dresse son profil en long.

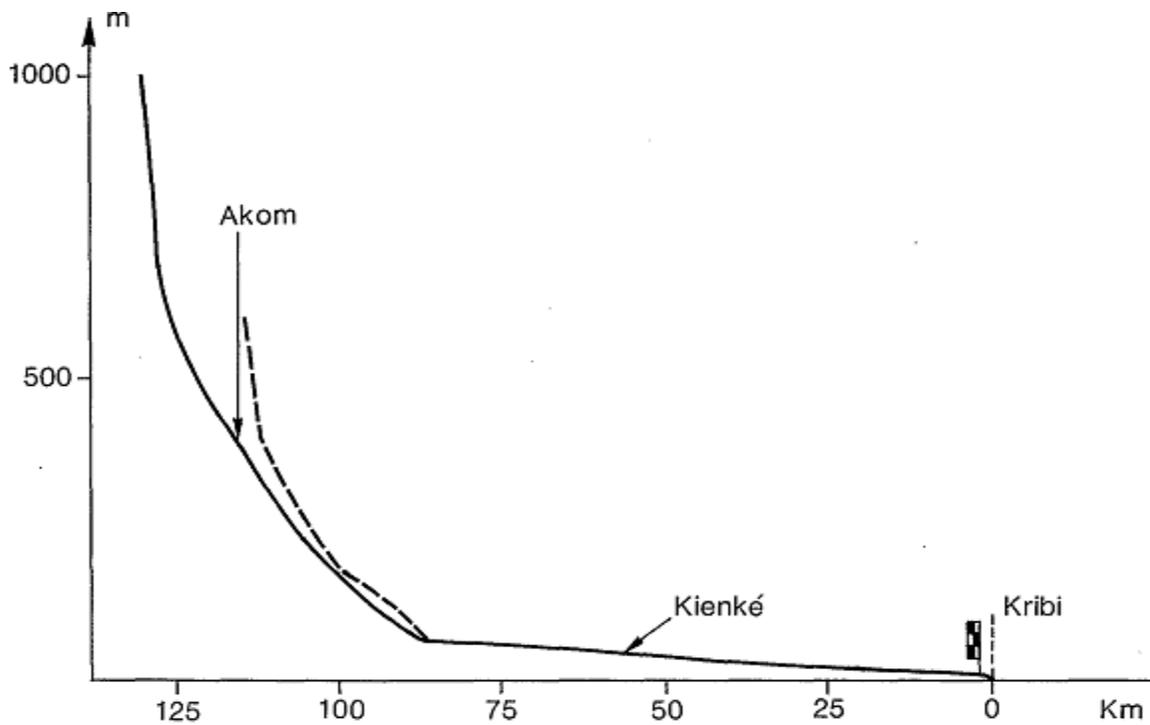


Figure 51: Profil en long de la Kienke (Extrait de Olivry, 1986)

2.1.1.4 La Lobé

La Lobé coule au Sud de la Kienké. Elle se jette dans l'Océan directement par une chute touristique d'une quarantaine de mètres. Son principal affluent est la Niété. La figure 52 dresse son profil en long.

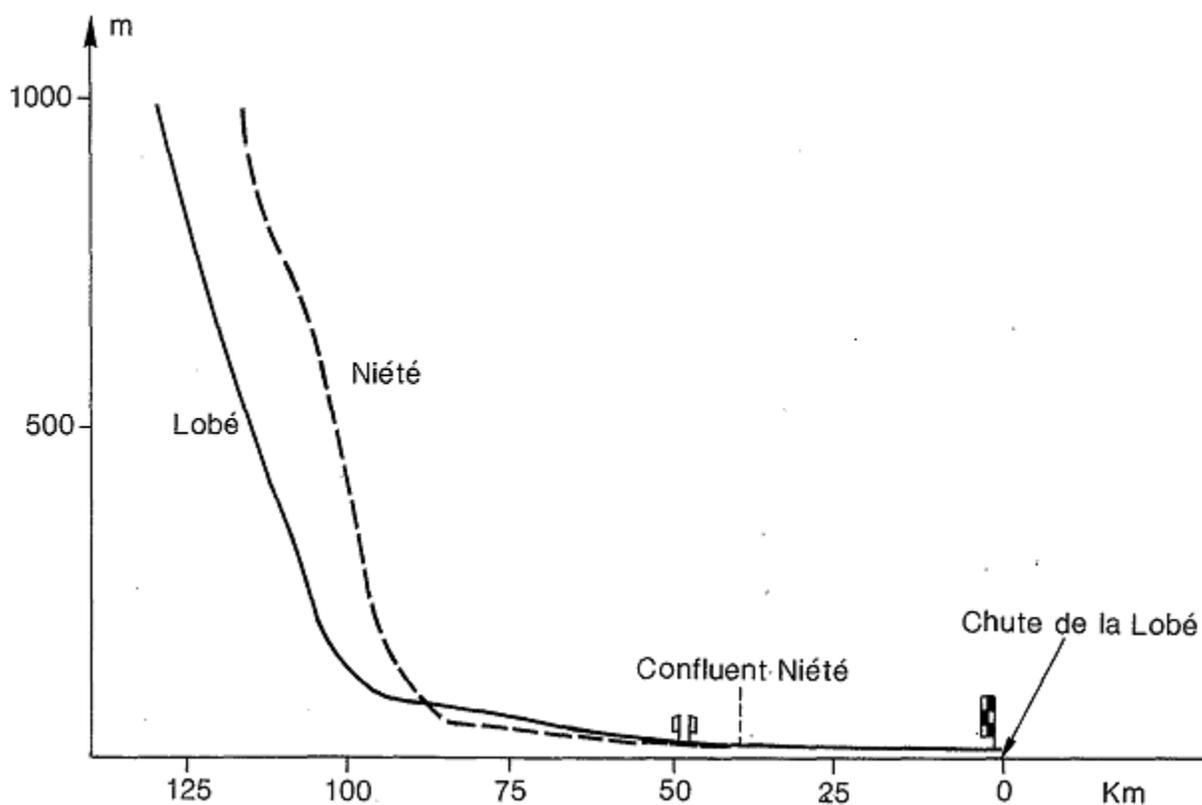


Figure 52: Profil en long de la Lobe (Extrait de Olivry, 1986)

2.1.1.5 Le Ntem

De l'Ouest vers l'Est côté Camerounais, le bassin du Ntem est limité par les bassins de la Lobé, de la Kienké, de la Lokoundjé et du Nyong. La branche majeure du Ntem a une direction Est - Ouest et une longueur d'environ 460 km. De l'amont vers l'aval, le Ntem reçoit des affluents dont les principaux sont: le Kom, la Mboro, la Mvila, la Ndjo'o et la Biwomé en rive droite. Ces deux derniers sont situés à l'aval immédiat du site de barrage de Memve'ele. En rive gauche les affluents du Ntem sont : la Nye, la Kye et le Rio Gouro. Ces affluents (excepté le Kom dont la pente suit à peu près la forme de celle du Ntem dans son haut bassin) ont en général une pente assez rapide dans leur bassin amont, mais se jettent dans le Ntem à pente très douce.

Le cours du Ntem, dans son haut bassin, est une suite de biefs à très faibles pentes, entrecoupées de rapides. Ces biefs sont souvent bordés de lits majeurs

marécageux. Les premiers rapides se situent en amont de la confluence Ntem - Kom, à la frontière entre le Cameroun et le Gabon. Avant Ma'an, le cours du Ntem se ramifie en une multitude de cours entrelacés et complexes qui couvre une bande de 8 km de large et de 25 km de long. Au niveau de cette limite, l'altitude du cours du Ntem passe de 518 m (à l'entrée de la région de Ma'an) à 405 m à sa sortie. Le cours converge ensuite à l'amont de Nyabessang (altitude 384 m) et forme un lit unique qui aborde les chutes de Memve'ele, 1 km environ à l'aval de Nyabessang. Là, au site prévu pour le barrage de Memve'ele, le Ntem se divise encore en plusieurs bras, chacun formant des chutes.

À la sortie des chutes de Memve'ele, les différents bras confluent dans une gorge, où le Ntem passe dans son bassin aval à pente rapide. Son lit traverse d'abord 40 km coupés de gorges et de rapides avec une pente moyenne de 5%. Il passe ensuite le verrou montagneux de la frontière Cameroun - Guinée Equatoriale, se subdivise en deux bras (Ntem et Bongola) qui isolent l'île Dipikar (longue de 40 km) et se rejoignent dans l'estuaire du Rio Campo, 8 km avant de se jeter dans l'Océan. La figure 53 présente son profil en long.

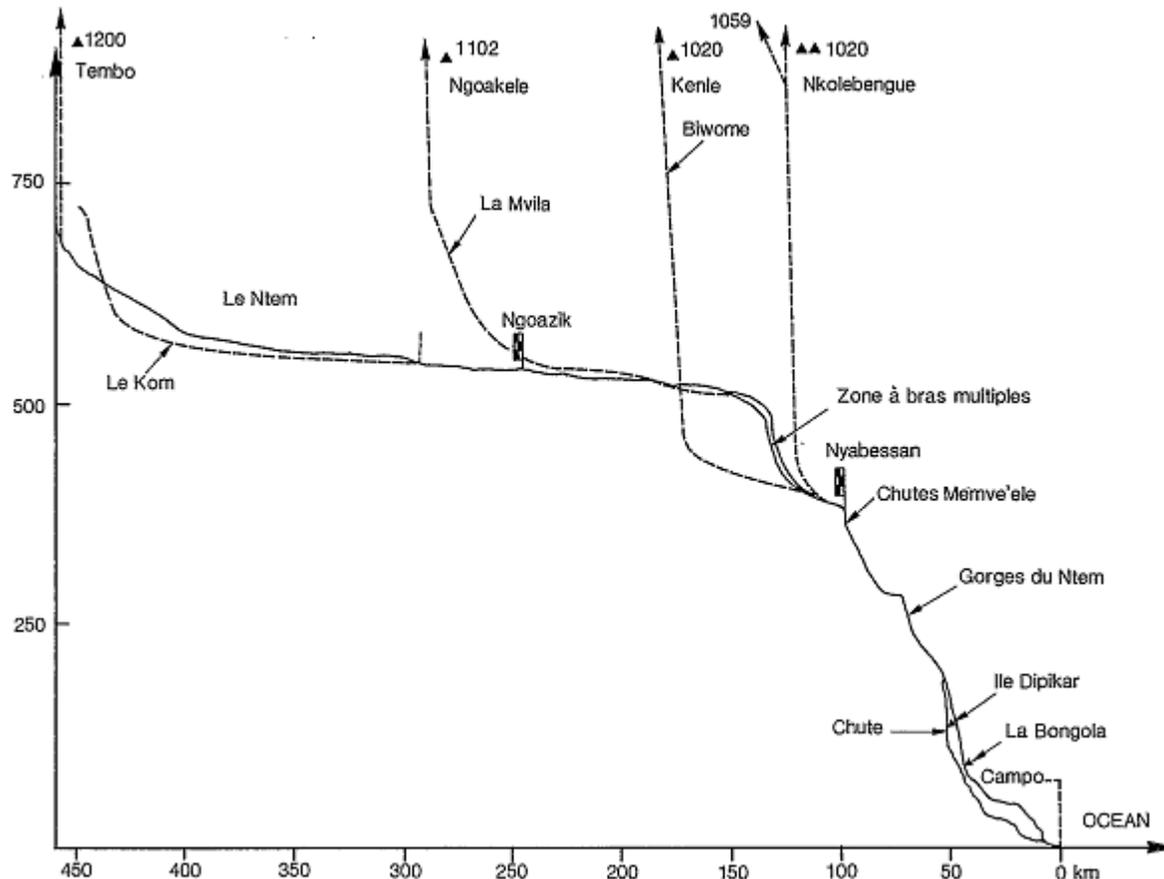


Figure 53: Profil en long du Ntem (Extrait de Olivry, 1986)

2.1.1.6 Cours d'eau de la zone 1

L'espace compris sur le front atlantique entre le bassin versant de la Lobé au nord et le bassin versant du Ntem au Sud, est occupé par la zone 1 est drainé par de tous petits cours d'eau qui se jettent le plus souvent dans l'Océan. Ils prennent leurs sources au pied des monts Mamelles. Du Nord vers le Sud on rencontre :

- **Dibete** : il prend sa source à l'Est et seul le cours inférieur est à l'extérieur de la zone 1
- **Mboro** : il prend sa source dans la DUP. Seul son cours inférieur est à l'extérieur de la zone 1

- **Etoubwe** ou **Grand Kobongwe** : il reçoit Na'Lambo comme affluent qu'il reçoit en rive gauche un peu avant de se jeter à l'océan
- **Na'lambo** : il est cité dans cet ouvrage par le fait qu'il est franchi séparément sur l'axe Kribi – Campo avant de se jeter dans Etoubwe
- **Bekogno** : c'est un cours d'eau saisonnier qui vidange le marécage dont il est issu
- **Mbobigwe** : il forme la limite Sud de la zone 1. Il est composé par plusieurs petits affluents, mais seul son cours principal est dans la zone d'étude.

Les caractéristiques physiques des cours d'eau rencontrés dans la zone d'étude ne peuvent pas être déterminées à cette étape des investigations (Tableau 22, 23). Le tracé des cours de ces rivières est restitué dans la figure 54, 55.

Rivière	Superficie du bassin versant		Observations
	Périmètre (Km)	Superficie (Km ²)	
Dibete	2,434	0,2222	En partie dans la zone 1
Mboro	3,411	0,3915	Inclus dans la zone 1
Etoubwe	4,208	0,7043	Grand Kobongwe
Na'Lambo			Affluent de Etoubwe
Bekogno	1,621	0,1223	Inclus dans la zone 1
Mbobingwe	2,836	0,4643	En partie dans la zone 1

Tableau 22: quelques caractéristiques physiques des cours d'eau rencontrés dans la zone 1

2.1.2 Principaux bassins versants

La superficie totale drainée par le Nyong et les fleuves côtiers représente 8.1% du Territoire National. Le Ntem couvre 3.9% de la superficie du Cameroun portant ainsi à 12% la portion totale du Cameroun couverte par la façade atlantique. Certaines caractéristiques de ces Bassins pris à leurs exutoires sont rassemblées dans le Tableau 24 .

Bassin versant	Exutoire	Coordonnées		Altitude (m)	Superficie (Km ²)
		Latitude	Longitude		
Nyong	Dehane	3°34'	10°07'	35 environ	26 400
Lokoundjé	Lolodorf	3°14'	10°44'	436.62	1 150
Kienké	Kribi	2°56'	09°54'	10 environ	1 435
Lobé	Kribi	2°52'	09°53'	07 environ	2 305
Bassin du Ntem					
Seng	Assosseng	2°50'	11°09'	570 environ	440
Ntem	Ngoazik	2°18'	11°18'	535 environ	18 100
Ntem	Nyabessang	2°24'	10°24'	385 environ	26 350

Tableau 23: Coordonnées géographiques des stations de la façade atlantique

Le front atlantique du Cameroun est drainé par les cours inférieurs du Nyong et des fleuves côtiers que sont la Lokoundjé, la Kienké et la Lobe. La superficie du bassin versant du Nyong (figure XXX) est présentée dans son entièreté de même que celle du bassin de la Lokoundjé et celle du bassin du Ntem (figure 23). La figure 55 montre les bassins versants de la Kienké et de la Lokoundjé qui sont entièrement compris dans la façade atlantique.

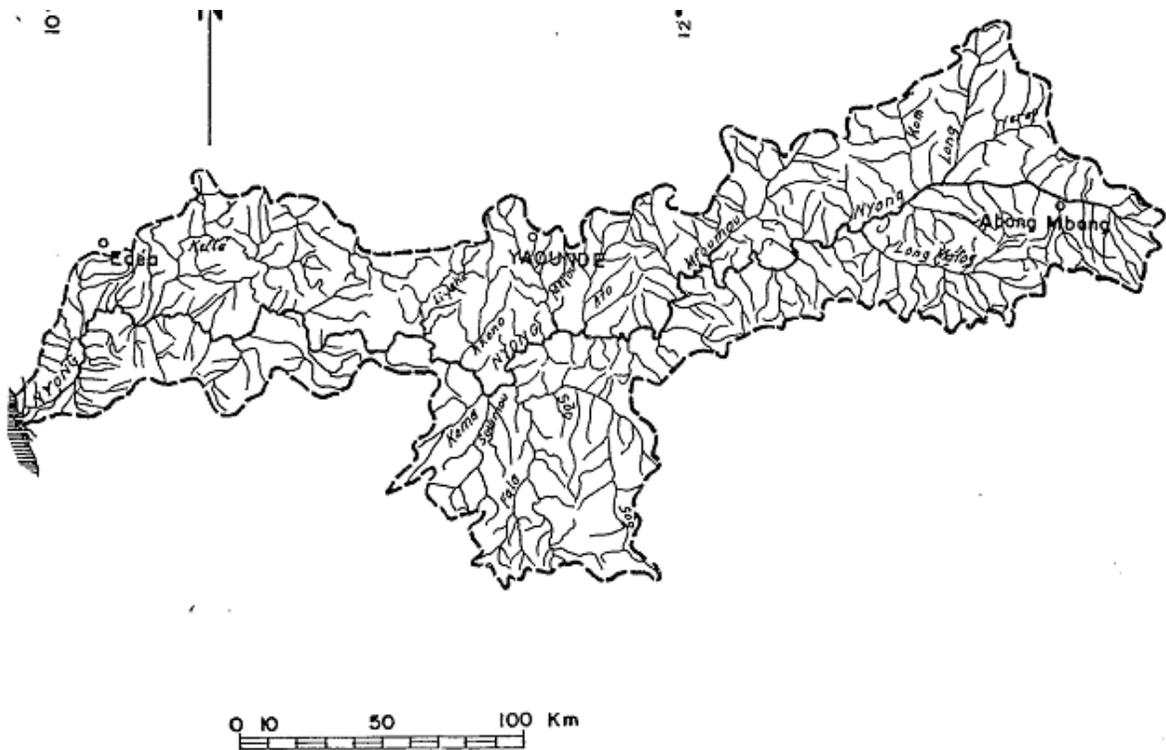


Figure 54: Le bassin versant du Nyong (Extrait de Olivry, 1986)

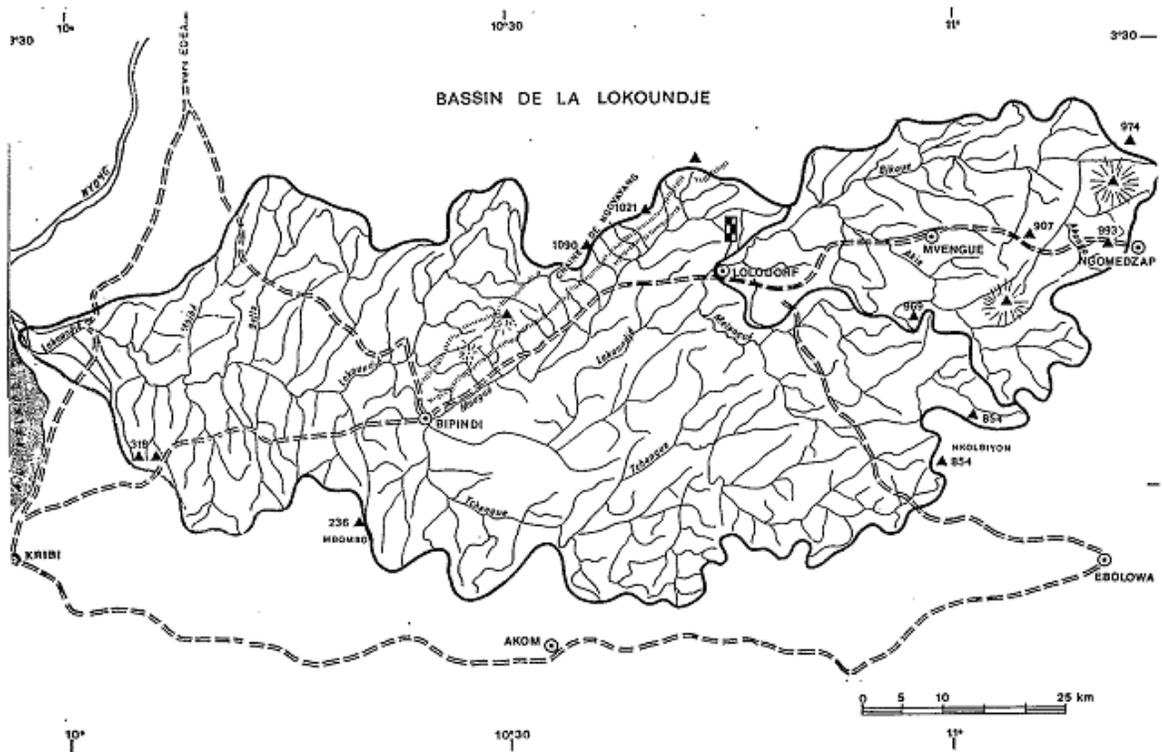


Figure 55: Le bassin versant de la Lokoundjé (Extrait de Olivry, 1986)

ETUDE HYDRAULIQUE, HYDROLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE DE LA ZONE AFFECTEE AU PROJET DE CONSTRUCTION DU PORT EN EAU PROFONDE DE KRIBI – Rapport 1

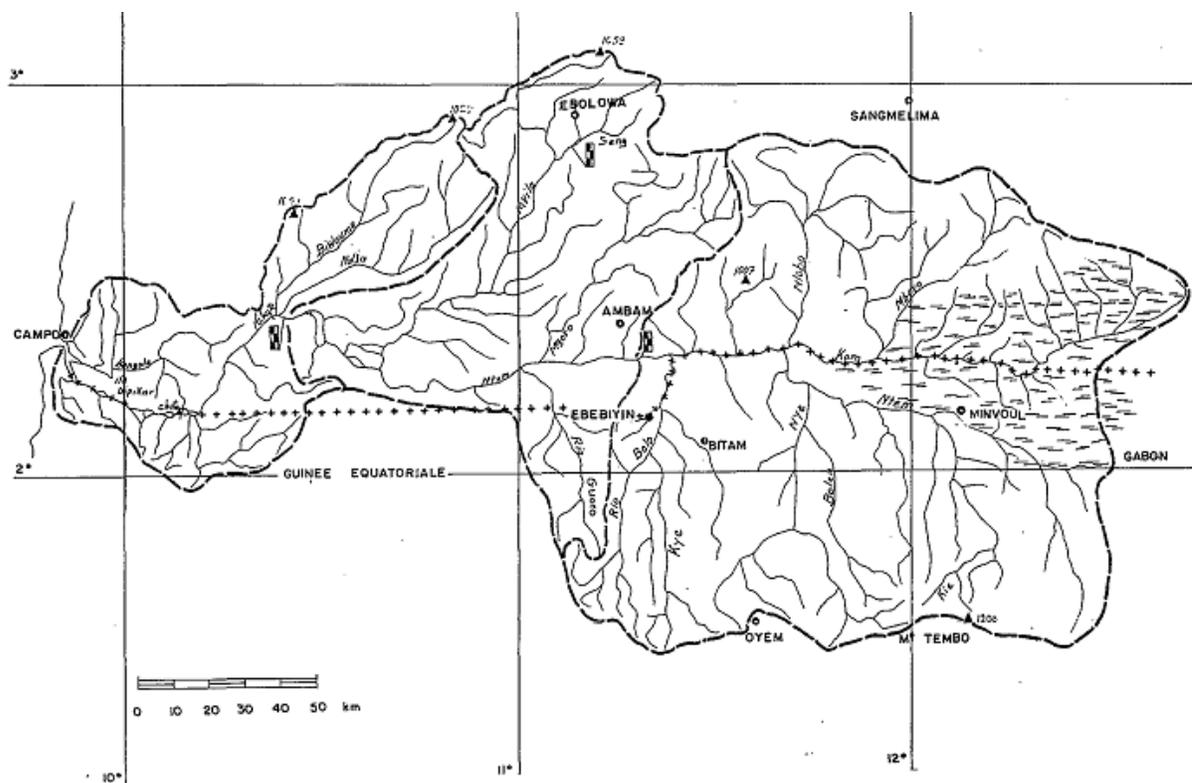


Figure 56: Le bassin versant du Ntem (Extrait de Olivry, 1986)

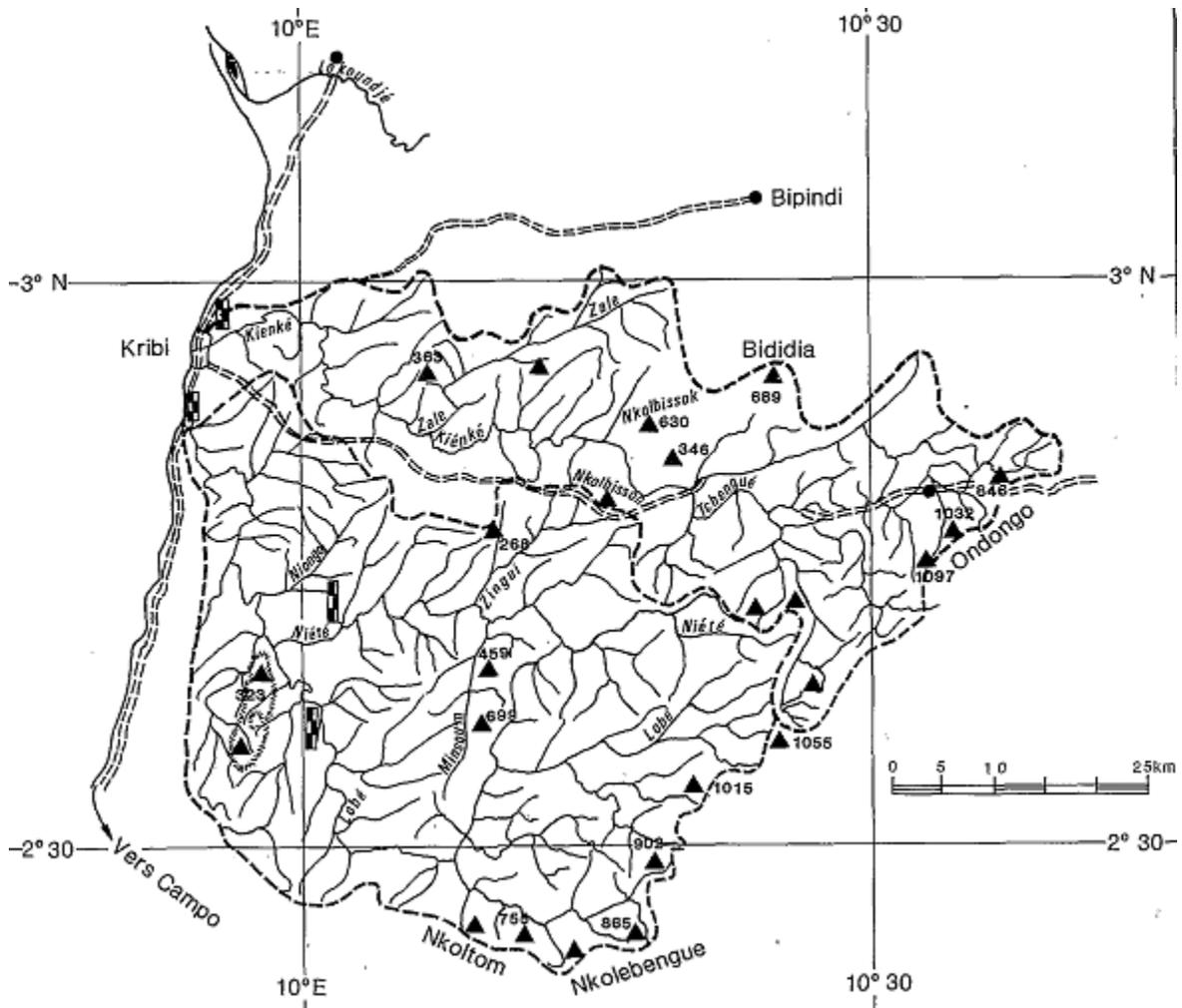


Figure 57: Les bassins versants de la Kienké et de la Lobe (Extrait de Olivry, 1986)

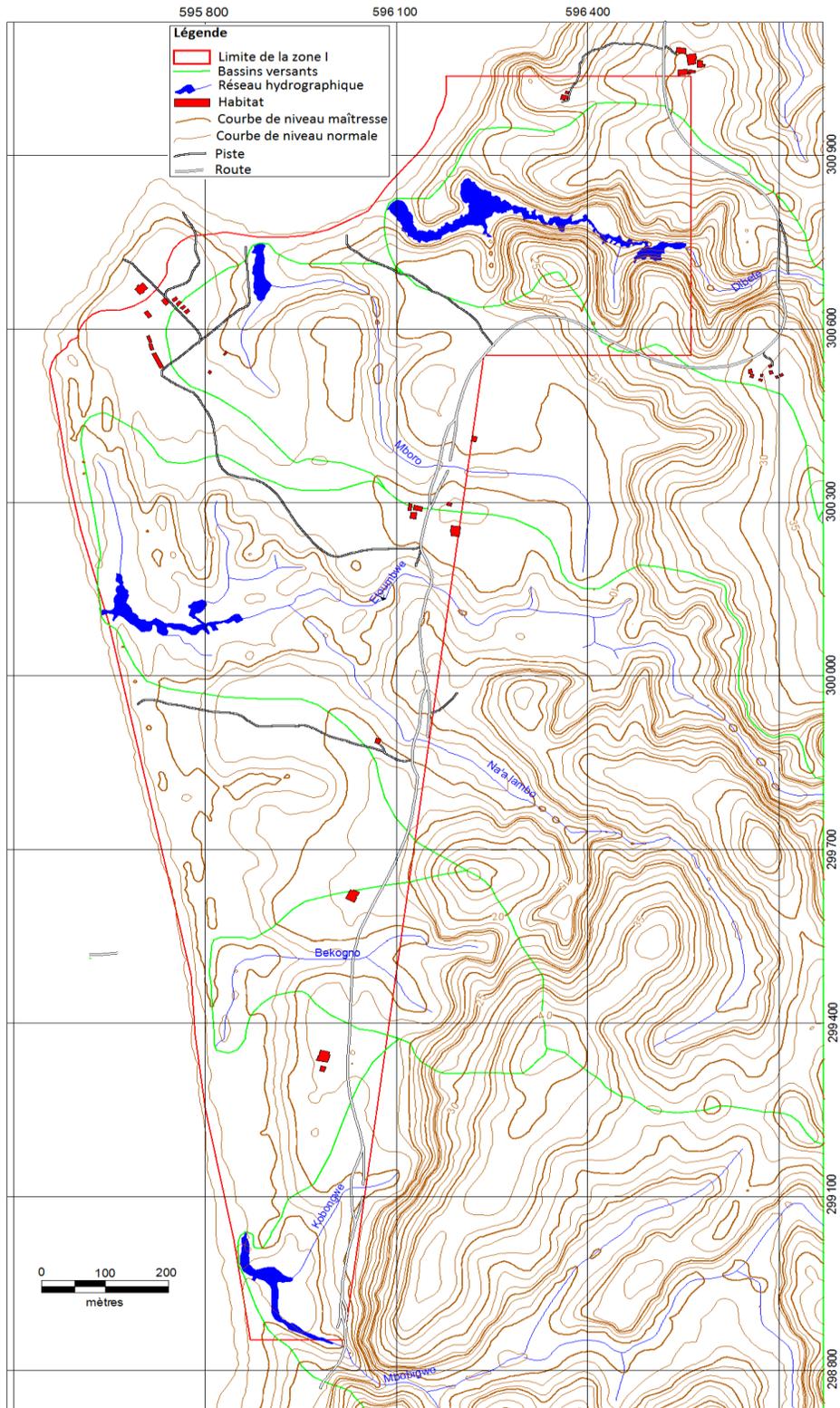


Figure 58: Les cours d'eau de la zone 1

2.1.3 Ouvrages d'hydraulique

Tatalé : il s'agit d'un cours d'eau saisonnier sur lequel est construit un dalot double et qui draine une zone d'inondation. Il représente la limite naturelle de la zone de terrassement objet de la phase I de cette étude.



Mboro (Mbodé) : c'est un cours d'eau de moindre importance qui draine une zone forestière en amont. Sur ce dernier un dalot double est en cours d'exécution et une déviation en matériaux provisoire a été également a été également aménagée pour rendre le franchissement continu pendant la durée des travaux.

Etoumbwé (grand) Kobongwé

C'est le plus important cours d'eau de la zone de terrassement. Un pont est en cours de construction sur ce cours d'eau qui draine la zone de forêt située en amont. Il a été également aménagé pour le franchissement pendant la période des travaux, un pont en matériaux provisoires en aval du pont en construction



Dibète (Mébéra) : c'est un cours d'eau sur lequel un pont dont les culées sont en maçonnerie de moellons est en cours de construction. Une déviation a été également aménagée pour permettre le franchissement pendant la durée des travaux.



Na'a Lambo

C'est un cours d'eau de moyenne importance sur lequel un dalot double est en construction. Une déviation en matériaux provisoire a été aménagée pour permettre le franchissement de ce dernier pendant la période des travaux.



Bekogno : c'est un cours d'eau saisonnier sur lequel on a construit une buse. Ce cours d'eau permet de drainer la zone inondable et marécageuse située en amont.



Kobongwé : Sur ce cours d'eau, un dalot double a été aménagé. Une déviation a également été aménagée pour le franchissement de ce cours d'eau pendant les travaux. Le cours d'eau qui été dévié pour permettre le déroulement des travaux n'est pas encore restitué dans son lit.



Petit Kobongwé : C'est un cours d'eau sur lequel un pont en maçonnerie de moellons est en cours d'exécution. Une déviation en matériaux provisoire est en cours d'aménagement, mais ne présente pas de bonnes garanties par rapport au passage des engins lourds tels que ceux destinés aux travaux de terrassement.



Bekandjo : Il y a ici un dalot en cours d'aménagement. Le cours d'eau qui a été dévié pour procéder à cet aménagement n'est pas encore retourné dans son lit habituel. Une déviation en matériaux provisoire a également été aménagée pour le franchissement de ce cours d'eau pendant les travaux.



Mbobingwé : C'est un cours d'eau permanent sur lequel un pont en maçonnerie de moellons est en cours d'exécution. Une déviation en matériaux provisoire a été aménagée pour le franchissement du talweg. Il représente la limite Sud de la zone de terrassement.



2.1.4 Zones inondables

Afin de cartographier ces zones inondables le calcul des pentes a été effectué à partir du MNT à l'aide du logiciel ArcGIS 9.3. Les résultats obtenus sont données par la figure 59. Cette figure donne les zones pour lesquelles les pentes sont inférieures ou égales à 3 %. Les zones susceptibles d'être inondées représentant 32 % de la zone I. Cette prédisposition à l'inondation s'explique par :

- Les faibles pentes ;
- Les faibles perméabilités des formations de surface (de l'ordre de 10^{-6} m/s) qui limitent l'infiltration ;
- La fréquence élevée des pluies en saison pluvieuse.

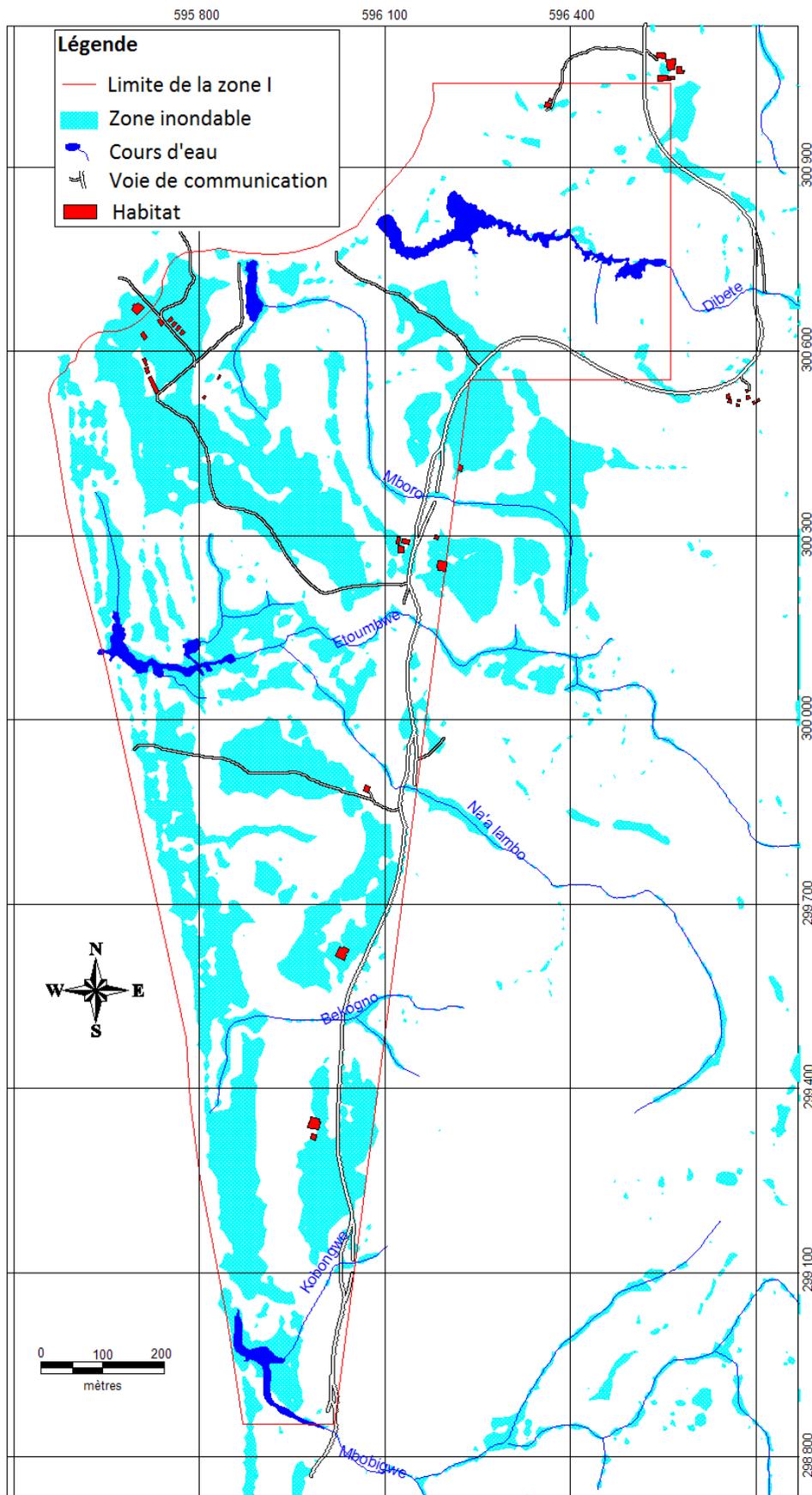


Figure 59: Zones susceptibles d'être inondées

2.2 Évaluation du potentiel en eau du site du Projet

2.2.1 Eaux météoriques

La pluviométrie reçue par les bassins versants de la région côtière est mal connue par suite de l'absence de postes pluviométriques sur les bassins autres que Kribi. Le bassin versant de la Kienke et celui de la Lobé tous deux pris avec Kribi comme exutoire, s'inscrivent cependant dans un quadrilatère Kribi, Campo, Nyabessan, Lolodorf qui a permis à Olivry (1986) d'esquisser un réseau de courbes isohyètes en considérant les marges montagneuses au vent à l'est des bassins.

À partir de ces courbes isohyètes, Olivry déduit la hauteur pluviométrique moyenne interannuelle reçue par les bassins. Elle est de 2 425 mm dans les deux cas. Cette détermination doit cependant être considérée avec réserves du fait de la position respective des bassins : celui de la Kienke ne présente qu'une petite pointe dans la zone littorale alors que pour la Lobe la proportion de bassins dans cette zone littorale est beaucoup plus grande.

La hauteur de précipitations annuelles moyennes reçue par la Lobe pourrait être plus élevée que sur la Kienke. Ceci pourrait expliquer l'anomalie qui existe entre les débits spécifiques de ces deux rivières. Nous utiliserons quant à nous, la pluviométrie de Kribi pour le transfert des données dans la zone 1, cette dernière étant totalement incluse dans le polygone de Kribi, puisque c'est la méthode de Thiessen qui est la plus adaptée dans ce cas. Les pluies ont été analysées pour des périodes de retour $T= 5, 10, 50$ et 100 ans. Les résultats obtenus sont rassemblés dans les tableaux qui suivent.

- **Pluies journalières**

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Moyenne	64, 1	86, 8	187	253	311	268	167	268	518	491	191	66,9
Max	169	257	397	524	645	648	679	100	871	111	338	205

								8		9		
Min	0,0 0	4,6 0	55, 9	92, 8	187	71, 0	10, 3	20,6	164	174	15,2	0,00
Médiane	53, 8	60, 2	181	248	333	185	103	283	506	515	162	53,4
Ecart type	47, 3	62, 0	70, 4	96, 6	83, 1	153	159	182	183	162	75,4	46,0

Tableau 24 : Caractéristiques de la pluviométrie journalière à tendance centrale

Méthode des moments	Période de retour T	5	10	50	100
	Probabilité de non dépassement	0,8	0,9	0,98	0,99
	Variable réduite de Gumbel	1,5	2,3	3,9	4,6
	Hauteur de la pluie	163,2	182,0	223,3	240,7
Méthode de Gumbel	Période de retour T	5	10	50	100
	Probabilité de non dépassement	0,8	0,9	0,98	0,99
	Variable réduite de Gumbel	1,5	2,3	3,9	4,6
	Hauteur de la pluie	163,5	182,4	223,9	241,5

Tableau 25: Hauteurs de la pluie journalière pour différentes périodes de retour

- Pluies mensuelles

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Moyenne	64,1	86,8	187	253	311	268	167	268	518	491	191	66,9
Max	169	257	397	524	645	648	679	1008	871	1119	338	205
Min	0,0	4,6	55,9	92,8	187	71,0	10,3	20,6	164	174	15,2	0,0
Mediane	53,8	60,2	181	248	333	185	103	283	506	515	162	53,4
Ecart type	47,3	62,0	70,4	96,6	83,1	153	159	182	183	162	75,4	46,0

Tableau 26: Caractéristiques de la pluviométrie mensuelle à tendance centrale

Méthode des moments	Période de retour T	5	10	50	100
	Probabilité de non dépassement	0,8	0,9	0,98	0,99
	Variable réduite de Gumbel	1,5	2,3	3,9	4,6
	Hauteur de la pluie	745,1	834,0	1029,8	1112,6
Méthode de Gumbel	Période de retour T	5	10	50	100
	Probabilité de non dépassement	0,8	0,9	0,98	0,99
	Variable réduite de Gumbel	1,5	2,3	3,9	4,6
	Hauteur de la pluie	746,6	836,5	1034,2	1117,7

Tableau 27: Hauteurs de la pluie mensuelle pour différentes périodes de retour

- **Pluies annuelles**

Méthode des moments	Période de retour T	5	10	50	100
	Probabilité de non dépassement	0,8	0,9	0,98	0,99
	Variable réduite de Gumbel	1,5	2,3	3,9	4,6
	Hauteur de la pluie	3261,3	3553,1	4195,4	4466,9
Méthode de Gumbel	Période de retour T	5	10	50	100
	Probabilité de non dépassement	0,8	0,9	0,98	0,99
	Variable réduite de Gumbel	1,5	2,3	3,9	4,6
	Hauteur de la pluie	3259,2	3548,5	4185,2	4454,4

Tableau 28: Hauteurs de la pluie annuelle pour différentes périodes de retour

2.2.2 Eaux de surface

L'évaluation du potentiel en eau de surface a été abordée sous plusieurs angles. Compte tenu du fait que les sites indiqués n'ont proprement bénéficié d'aucun suivi hydrologique et, étant donné que les bassins versants de la Lobé et du Ntem, qui sont les plus voisins mais de beaucoup plus grands, ont été suffisamment suivi pour permettre le transfert des données, il a paru plus opportun de combiner cette méthode à celle de l'estimation des bilans hydrologiques, les deux complétés par des mesures directes des débits sur le terrain.

2.2.2.1 Bilans hydrologiques

L'acquisition de la pluie seule ne suffit pas pour estimer les débits. Il faut tenir compte des autres paramètres que sont l'évapotranspiration potentielle (ETp), l'évapotranspiration réelle et l'infiltration par exemple pour dresser un bilan hydrique. Plusieurs formules permettent d'évaluer l'ETp à partir de différentes mesures climatologiques. La plus complète et la plus complexe est certainement la formule de Penman basée sur la notion de bilan énergétique. Cependant, le nombre de paramètres utilisés par cette formule (différentes températures, hygrométrie, rayonnement global, albédo, etc.) font que son emploi est rarement possible compte tenu des mesures disponibles. Le bilan simplifié de Thornthwaite semble le plus s'adapter à nos conditions.

Cette méthode est basée sur la notion de réserve en eau facilement utilisable (notée par la suite RFU). On admet que le sol est capable de stocker une certaine quantité d'eau (la RFU) ; cette eau peut être reprise pour l'évaporation par l'intermédiaire des plantes. La quantité d'eau stockée dans la RFU est bornée par 0 (la RFU vide) et RFU max (capacité maximale de la RFU qui est de l'ordre de 0 à 200 mm suivant les sols et sous-sols considérés, avec une moyenne de l'ordre de 100 mm). On admet que la satisfaction de l'ETp a priorité sur l'écoulement, c'est-à-dire qu'avant qu'il n'y ait d'écoulement, il faut avoir satisfait le pouvoir évaporant ($E_{tp} = E_{tr}$). Par ailleurs, la complétion de la RFU est également prioritaire sur l'écoulement. On établit ainsi un bilan à l'échelle mensuelle, à partir de la pluie du mois P, de l'ETp et de la RFU.

Si $P > E_{Tp}$, alors :

- $E_{Tr} = E_{Tp}$
- Il reste un excédent ($P - E_{Tp}$) qui est affecté en premier lieu à la RFU, et, si la RFU est complète, à l'écoulement Q.

Si $P < E_{Tp}$:

- On évapore toute le pluie et on prend à la RFU (jusqu'à la vider) l'eau nécessaire pour satisfaire l' E_{Tr} soit :
 - $E_{Tr} = P + \min(RFU, E_{Tp} - P)$
 - $RFU = 0$ ou $RFU + p - E_{Tp}$
- Si $RFU = 0$, la quantité ($Da = E_{Tp} - E_{Tr}$) représente le déficit agricole, c'est-à-dire sensiblement la quantité d'eau qu'il faudrait apporter aux plantes pour qu'elles ne souffrent pas de sécheresse.

Le tableau 30 donne les résultats obtenus avec la station de Kribi pour référence. La figure 60 illustre ces résultats.

Mois	Mar s	Avr il	Mai	Jui n	Juil	Ao ût	Sep t	Oct	Nov	Déc	Jan	Fé v	
F	1,0 2	1,1 5	1,3 2	1,3 3	1,3 3	1,2 4	1,0 5	0,9 1	0,7 5	0,7 0	0,7 3	0,7 8	
T	26, 60	26, 28	25, 96	24, 90	23, 75	24, 08	24, 74	24, 86	26, 03	26, 24	26, 65	26, 48	25,5 5
i	12, 56	12, 33	12, 11	11, 36	10, 58	10, 80	11, 25	11, 34	12, 16	12, 30	12, 60	12, 47	141, 88
P	191 ,35	241 ,18	397 ,32	209 ,57	96, 73	277 ,82	513 ,15	569 ,56	166 ,30	60, 65	56, 73	79, 82	2 860, 19
ETP	93, 06	101 ,50	112 ,61	101 ,06	88, 70	85, 87	78, 37	68, 87	64, 45	61, 51	66, 98	70, 27	993, 25

ETR	93,06	101,50	112,61	101,06	88,70	85,87	78,37	68,87	64,45	61,51	66,98	70,27	993,25
P-ETP	98,29	139,69	284,71	108,51	8,03	191,95	434,78	500,68	101,85	-0,86	-10,26	9,55	1866,93
Hm ((P-ETP)/ETP)	1,06	1,38	2,53	1,07	0,09	2,24	5,55	7,27	1,58	-0,01	-0,15	0,14	1,89
Lep (P-ETR)	98,29	139,69	284,71	108,51	8,03	191,95	434,78	500,68	101,85	-0,86	-10,26	9,55	1866,93
RFU	98,29	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	99,14	88,89	98,44	1184,75
Variation RFU	98,29	1,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,86	-10,26	9,55	98,44
S	0,00	68,99	176,85	142,68	75,36	133,66	284,22	392,45	247,15	123,57	61,79	30,89	1768,50

Tableau 29: Bilan hydrique selon Thornthwaite.

P (mm) : Précipitations ; ETP (mm) : Evapotranspiration potentielle ; ETR (mm) : Evapotranspiration réelle ;

Hm : Coefficient d'humidité ; Lep (mm) : Lane d'eau disponible après la pluie ;

RFU (mm) : Reserve facilement utilisable (max = 100) ; S (mm) : Surplus disponible pour les écoulements

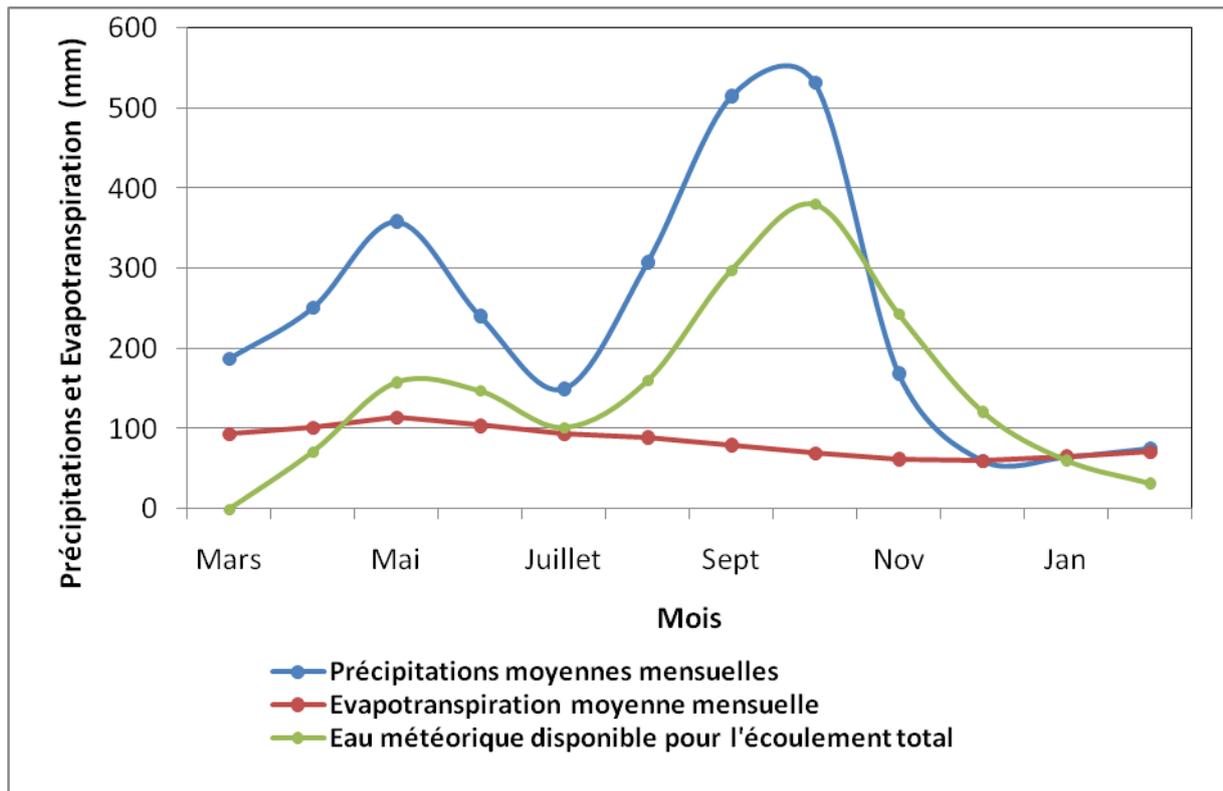


Figure 60: Bilan hydrique selon Thornthwaite

La station météorologique de Kribi a été choisie comme station de référence grâce à la fois à la proximité de cette station au site étudié et, à la continuité et à la qualité des observations qui y sont faites. Les quantiles des pluies et températures ont été calculés suivant la méthode dite des moments. Ces résultats ont été comparés à ceux obtenus par le calcul des mêmes quantiles par la loi de Gumbel. Les résultats sont similaires et, dans la suite des travaux, seule la loi de Gumbel dite loi des extrêmes sera utilisée. Le transfert des données se fera ensuite en ne tenant compte que de la taille des bassins versants.

2.2.2.2 paramètres pour des périodes de retour $T= 5, 10, 50$ et 100 ans

Les paramètres retenus dans ce chapitre sont la température et les débits. Ils ont été analysés pour des périodes de retour $T= 5, 10, 50$ et 100 ans. Les résultats obtenus sont rassemblés dans les tableaux qui suivent.

- **Températures**

- Températures journalières maximales

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Moyenne	30,8	31,2	31,3	30,8	30,3	28,8	27,6	27,8	28,3	28,7	30,0	30,2
Min	28,3	27,8	29,4	28,4	28,1	25,8	24,7	25,2	25,9	25,8	27,8	28,2
Max	33,2	33,9	33,8	33,5	33,3	32,2	31,6	30,9	30,6	31,0	31,3	31,9
Médiane	30,8	31,0	30,9	30,6	29,9	28,8	27,8	27,6	28,1	28,9	30,0	30,4
Ecart type	1,1	1,5	1,3	1,3	1,3	1,6	1,8	1,5	1,3	1,4	0,9	1,0

Tableau 30: Caractéristiques de journalière maximale à tendance centrale

Méthode des moments	Période de retour T	5	10	50	100
	Probabilité de non dépassement	0,8	0,9	0,98	0,99
	Variable réduite de Gumbel	1,5	2,3	3,9	4,6
	Valeur de la température maximale	32,5	33,2	34,8	35,4
Méthode de Gumbel	Période de retour T	5	10	50	100
	Probabilité de non dépassement	0,8	0,9	0,98	0,99
	Variable réduite de Gumbel	1,5	2,3	3,9	4,6
	Valeur de la température maximale	32,5	33,2	34,7	35,3

Tableau 31: Valeur de la température journalière maximale pour différentes périodes de retour

- Températures journalières minimales

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Moyenne	22,9	22,7	22,8	22,6	22,6	22,3	21,6	21,9	22,3	22,1	22,4	22,8
Min	19,0	19,0	18,0	16,5	15,3	14,7	14,2	14,5	14,7	15,8	16,0	18,8
Max	24,6	24,9	24,6	24,6	24,9	25,4	24,4	24,7	24,2	23,9	24,0	24,0
Médiane	23,1	22,9	23,1	23,0	23,0	22,7	22,0	22,0	22,5	22,4	22,8	23,0
Ecart type	1,2	1,3	1,2	1,5	1,6	1,7	1,8	1,8	1,5	1,4	1,4	1,0

Tableau 32: Caractéristiques de la température journalière minimale à tendance centrale

Méthode des moments	Période de retour T	5	10	50	100
	Probabilité de non dépassement	0,8	0,9	0,98	0,99
	Variable réduite de Gumbel	1,5	2,3	3,9	4,6
	Valeur de la température minimale	22,1	23,0	25,1	26,0
Méthode de Gumbel	Période de retour T	5	10	50	100
	Probabilité de non dépassement	0,8	0,9	0,98	0,99
	Variable réduite de Gumbel	1,5	2,3	3,9	4,6
	Valeur de la température minimale	21,9	22,7	24,4	25,2

Tableau 33: Valeur de la température journalière minimale pour différentes périodes de retour

- Températures journalières moyennes

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Moyenne	26,8	27,0	27,1	26,7	26,4	25,5	24,6	24,8	25,3	25,4	26,2	26,5
Min	23,9	23,9	24,0	24,0	23,4	22,0	21,4	21,4	22,1	22,0	22,5	23,7
Max	28,3	28,8	29,0	28,9	28,5	27,8	27,2	27,1	27,3	27,4	27,5	27,8
Médiane	27,1	27,2	27,0	26,7	26,5	25,7	24,5	24,6	25,3	25,6	26,4	26,7
Ecart type	0,9	1,2	1,0	1,0	1,1	1,3	1,5	1,4	1,1	1,1	1,0	0,8

Tableau 34: Caractéristiques de la température journalière moyenne à tendance centrale

Méthode des moments	Période de retour T	5	10	50	100
	Probabilité de non dépassement	0,8	0,9	0,98	0,99
	Variable réduite de Gumbel	1,5	2,3	3,9	4,6
	Valeur de la température moyenne	26,7	27,3	28,6	29,1
Méthode de Gumbel	Période de retour T	5	10	50	100
	Probabilité de non dépassement	0,8	0,9	0,98	0,99
	Variable réduite de Gumbel	1,5	2,3	3,9	4,6
	Valeur de la température moyenne	26,7	27,2	28,4	28,9

Tableau 35: Valeur de la température journalière moyenne pour différentes périodes de retour

- Ecart diurnes

Méthode des moments	Période de retour T	5	10	50	100
	Probabilité de non dépassement	0,8	0,9	0,98	0,99
	Variable réduite de Gumbel	1,5	2,3	3,9	4,6
	Valeur de l'écart diurne	11,9	12,8	14,8	15,7
Méthode de Gumbel	Période de retour T	5	10	50	100
	Probabilité de non dépassement	0,8	0,9	0,98	0,99
	Variable réduite de Gumbel	1,5	2,3	3,9	4,6
	Valeur de l'écart diurne	11,8	12,7	14,6	15,4

Tableau 36: Valeur de l'écart diurne pour différentes périodes de retour

- Débits

La chronique des débits disponible n'est pas suffisante pour le calcul des événements à grande occurrence. Elle donne cependant des valeurs de contrôle qui, faute d'être déterminantes, n'en servent pas moins de limites. Les tableaux 37 à 39 donnent les valeurs de débits sur la lobé pour différentes périodes de retour.

Méthode des moments	Période de retour T	5	10	50	100
	Probabilité de non dépassement	0,8	0,9	0,98	0,99
	Variable réduite de Gumbel	1,5	2,3	3,9	4,6
	Débit maximum	431,2	492,1	626,2	682,9
Méthode de Gumbel	Période de retour T	5	10	50	100
	Probabilité de non	0,8	0,9	0,98	0,99

	dépassement				
	Variable réduite de Gumbel	1,5	2,3	3,9	4,6
	Débit maximum	427,3	482,9	605,1	656,8

Tableau 37: débits maximums pour différentes périodes de retour

Méthode des moments	Période de retour T	5	10	50	100
	Probabilité de non dépassement	0,8	0,9	0,98	0,99
	Variable réduite de Gumbel	1,5	2,3	3,9	4,6
	Débit minimum	6,9	7,7	9,5	10,2
Méthode de Gumbel	Période de retour T	5	10	50	100
	Probabilité de non dépassement	0,8	0,9	0,98	0,99
	Variable réduite de Gumbel	1,5	2,3	3,9	4,6
	Débit minimum	6,9	7,7	9,4	10,2

Tableau 38: Débits minimums pour différentes périodes de retour

Méthode des moments	Période de retour T	5	10	50	100
	Probabilité de non dépassement	0,8	0,9	0,98	0,99
	Variable réduite de Gumbel	1,5	2,3	3,9	4,6
	Débit moyen	103,8	116,6	144,6	156,5
Méthode de Gumbel	Période de retour T	5	10	50	100
	Probabilité de non dépassement	0,8	0,9	0,98	0,99
	Variable réduite de Gumbel	1,5	2,3	3,9	4,6

Débit moyen	104,7	117,7	146,2	158,3
-------------	-------	-------	-------	-------

Tableau 39: Débits moyens pour différentes périodes de retour

2.2.2.3 Mesure directe des débits

Les débits dans les cours d'eau de la taille de ceux de la zone 1 varient rapidement en fonction du temps. La mesure instantanée de ces débits demande l'exécution des jaugeages aux instants choisis. Dans ces cas-ci, c'est l'évolution des débits en fonction du temps qui est intéressante. Il a donc fallu installer des stations hydrométriques (appelées également stations de jaugeage). Actuellement, il n'existe aucune technique opérationnelle qui permette de mesurer directement le débit en fonction du temps. Cette opération se fait généralement dans la pratique de la manière suivante :

- On enregistre en un point du cours d'eau (la station hydrométrique), la hauteur d'eau H en fonction du temps. Cet enregistrement $H(t)$ est appelé "limnigramme".
- A différents instants $t = t_1, t_2, \dots, t_n$, on pratique des mesures instantanées de débits $Q_{t1}, Q_{t2}, \dots, Q_{tn}$; ces mesures correspondent à des enregistrements de hauteur synchrone $H_{t1}, H_{t2}, \dots, H_{tn}$.
- Dans certaines conditions hydrauliques, comme le passage en "section critique", il existe une relation biunivoque entre la hauteur d'eau et les débits. Dans ces conditions, les différents jaugeages (Q_{ti}, H_{ti}) permettent d'établir la relation hauteur-débit appelée courbe de tarage : $Q(H)$.
- en combinant la courbe de tarage $Q(H)$ et le limnigramme $H(t)$, on obtient aisément l'évolution du débit en fonction du temps $Q(t)$ appelé hydrogramme.

Deux (02) stations limnimétriques ont été installées et un observateur formé pour le suivi de l'évolution du marnage des cours d'eau.

2.2.2.4 Installation des stations limnimétriques

La limnimétrie est la mesure des niveaux d'eau en fonction du temps. La station limnimétrique installée sur Etoubwe comporte deux (02) éléments d'échelle 0-1 et 1-2. Celle installée sur Na'lambo ne compte que l'élément 0-1.

Les éléments d'échelles proposés sont les mires limnimétriques MIST, de fabrication française, réalisées en tôle émaillée. Elles présentent une bonne résistance à la corrosion mais ne doivent pas être soumises à des chocs. Elles sont livrées en éléments de 1 mètre divisés en centimètres et chiffrés tous les décimètres. La lecture est facile grâce à la différence de taille entre le chiffre des mètres (m) et celui des décimètres (dm). L'émaillage est réalisé en noir sur fond blanc.

Chaque élément, de largeur 13cm et de poids 1,45kg, comporte 6 trous de fixation de 9mm de diamètre et une cambrure de 8mm sur les côtés. Les éléments de longueur 1m sont disponibles avec les chiffrations où les grands chiffres représentent les mètres et où les petits chiffres représentent les décimètres.

Les échelles limnimétriques en tôle émaillée offrent une lecture directe du niveau d'eau. Ces éléments standards permettent la constitution de **toute échelle à partir d'un stock minimal** et la réutilisation si nécessaire sur d'autres sites, leur démontage étant rapide.

Les mires sont fixées sur des supports de 2m UNP 080 battus dans le lit de la rivière, à l'aide des boulons et des plaquettes fabriquées en fer plat de 025. Ces supports sont enfoncés par battage et/ou scellés au sol à l'aide du ciment sur une longueur de 1m. C'est le m libre à la surface du sol qui accueillera la mire.

Le raccordement entre les différents éléments d'échelle d'une même station limnimétrique se fait par nivellement topographique. Les stations ont ensuite été rattachées à une borne qui servira de repère, si la station arrivait à être détruite.

2.2.2.5 Exécution des jaugeages

Un jaugeage est une mesure quasiment instantanée du débit d'un cours d'eau. Les techniques utilisées sont nombreuses et généralement complémentaires ; elles s'appuient sur des principes très différents selon les cas. La technique adoptée pour les cours d'eau de la zone 1 est celle des jaugeages par exploration du champ des vitesses.

Soit une section droite S d'un cours d'eau ; le débit dans cette section se définit comme le flux du vecteur vitesse à travers S ...

$$Q = \int \int_S V \cdot ds \quad \text{ou plus explicitement} \quad Q = \int \int_{RGRD} [0f(x)V(x,y) \cdot dy \cdot dx] \cdot dx \cdot dy \cdot V(x,y)RGRDf(x)xy$$

Les jaugeages par exploration du champ des vitesses consistent à étudier la fonction $V(x,y)$ en l'échantillonnant suivant différentes valeurs de x et de y . Généralement, on se fixe différentes abscisses (des "verticales") $x_1, x_2, \dots, x_i, x_n$ et sur chaque abscisse x_i , on échantillonne à différentes profondeurs $y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{ij} \dots y_{ip}$, la vitesse $V(x_i, y_{ij})$; cette technique est appelée jaugeage "point par point".

Le paramètre à mesurer est la composante normale à la section de la vitesse de l'eau. Le capteur utilisé est une hélice. Si on introduit cette hélice dans l'écoulement, la vitesse longitudinale de l'eau va provoquer la rotation de l'hélice. La relation entre la vitesse de rotation n (en tours/seconde) et la vitesse de l'eau V (en m/s) dépend du pas p de l'hélice, des frottements et des perturbations des vitesses dues au support de l'hélice. L'étalonnage est fait au laboratoire dans les conditions réelles d'emploi et la relation $V[f(n)]$ est du type : $V = a n + b$

Où a représenté le pas réel et b la vitesse de démarrage (ou vitesse de frottement). On a été amené à utiliser l'hélice 1 – 70944 dont l'étalonnage a deux formules, suivant les plages de vitesses : les formules d'étalonnage sont les suivantes :

$$\text{Si } n < 0.64, \text{ alors } V = 0.2455 n + 0.014 \text{ et si } n \geq 0.64, \text{ alors } V = 0.2595 n + 0.005$$

Le moulinet utilisé est le C 31 – 00 65852. Il a été monté sur une perche coulissante. Le moulinet transforme le mouvement de rotation de l'hélice en impulsions électriques aisément transférables et enregistrables. Le principe en est simple ; un axe auquel est fixée l'hélice est entraîné dans son mouvement de rotation. La partie arrière de cet axe porte, soit une vis sans fin qui par un système d'engrenage ferme un circuit électrique à chaque tour, soit un aimant dont la rotation provoque la fermeture d'un contacteur magnétique. L'axe du moulinet est porté par des paliers de haute précision à très faible frottement. Les éléments mécaniques sont dans un bain d'huile spécial dont les variations de viscosité avec la température sont négligeables. Des joints empêchent la pénétration des substances en suspension : il n'y a donc qu'une très faible usure des paliers.

Le moulinet est relié à un compteur qui totalise les impulsions électriques émises par le moulinet. Le compteur utilisé est un compteur Z210 à présélection permettant le choix de la durée Δt de la mesure (présélection du temps). Le temps présélectionné était de 50 secondes, compte tenu de la faiblesse des vitesses. Le compteur s'arrête alors automatiquement soit au bout de Δt en affichant le nombre d'impulsions enregistrées. Ce modèle comporte une alimentation électrique par piles sèches. La cadence maximale d'enregistrement est de 10 hHz (10 impulsions/seconde).

Le moulinet était monté sur une perche graduée cylindrique (d'un diamètre \varnothing 9 mm à \varnothing 30 mm) coulissante qui est maintenue verticalement dans l'écoulement. Un coulisseau coaxial permet de déplacer le moulinet suivant la verticale. Ce système ne permet que des jaugeages point par point et était le type d'appareil qui répondait le mieux aux besoins de ce jaugeage à gué encore appelé jaugeage en bottes. La mesure est aisée, plus rapide et plus précise.

L'opérateur est rentré dans le cours d'eau avec la perche moulinet, le compteur et le carnet de jaugeages. On conçoit aisément que cette technique se limite au cours d'eau peu profond ($h < 1$ m) et surtout à faible courant ($V < 2$ m/s). La section était matérialisée par un double décamètre tendu perpendiculairement à l'écoulement général. L'opérateur place la perche verticalement à la hauteur du décamètre, ce qui permet de repérer l'abscisse de la verticale. Dans la mesure du possible, il se tient le plus en aval et jambes écartées de façon à ne pas perturber l'écoulement au niveau du moulinet. La perche est tenue de manière que le moulinet soit bien dans le sens du courant. Le jaugeage est alors effectué point par point.

Le nombre de verticales a été dicté par les hétérogénéités de la section. Il a été chaque fois suffisant pour bien définir la section mouillée et la répartition des vitesses. Ce nombre est variable et il est bien difficile de fixer une règle stricte.

Les jaugeages ont été dépouillés suivant les règles de l'art avec le logiciel Excel.

2.2.3 Eaux souterraines

2.2.3.1 Contexte géologique

La zone 1 se situe en bordure nord du craton du Congo, (ou complexe du Ntem) sur la zone généralement appelé zone mobile, ayant subi l'influence du métamorphisme

Eburnéen (2400 à 1700 Ma). Les faciès pétrographiques importants pouvant servir à la caractérisation de la zone 1 sont : les gneiss granulitiques et les quartzites micacées. Les gneiss granulitiques sont des roches très dures, produisant un son sec au marteau, d'aspect gris sombre, souvent mouchetées et présentant une foliation gneissique très marquée. Il est peu altéré et sa grande dureté exige un équipement conséquent lors de la construction des digues d'approche.

Les quartzites micacés font partie du groupe de Yaoundé (série panafricaine : 625-530 Ma), chevauchante sur les gneiss feuilletés du complexe de base. C'est une nappe de couverture, peu épaisse surtout en bordure de l'océan, venant en discordance (contact anormal) sur le socle Eburnéen du complexe de base. Sont altération, assez poussée, libère un sable très fin. Cette unité pétrographique a subi un phénomène tectonique intense (tectonique cassante) et se débite en plaquettes. **Le potentiel hydraulique devrait y être très important, à cause de son état de fracturation intense.**

La région de Kribi et ses environs ont été soumis à une activité sismique modérée. Le plus fort tremblement de terre jusqu'alors rapporté est de magnitude 6 environ sur l'échelle de Richter. Au cours des 100 dernières années, 7 tremblements de terre ressentis par l'Homme ont été enregistrés. **Ce paramètre devrait être pris en compte dans la conception du projet, et en cas de construction de gros ouvrages, tenir compte des potentiels sismiques, quoique de faible amplitude, de Kribi et ses environs.** Le tremblement terre le plus important enregistré aux environs de Kribi étant de magnitude 6 environ (tremblement de terre du 26 Mars 1911 dans la région de Lolodorf à environ 100 km au Nord de Kribi).

2.2.3.2 Prospections géophysiques

Les distorsions à subir par les paramètres fondamentaux qui régulent les flux naturels des ressources hydriques dans la zone 1 auront une incidence quantitative et qualitative sur la disponibilité en eau et tout ce qui en dépend (vie terrestre et aquatique- activités humaine). Prévenir ces distorsions demande une description complète de l'état actuel des lieux en ressource hydrique, dont une des composantes stratégiques est emmagasinée dans le sous-sol de manière renouvelable. Cette

description contribuera à donner une bonne lisibilité de la géométrie souterraine, notamment sur l'importance et l'extension des aquifères dans le sous-sol objet de l'étude.

La phase d'acquisition des données sur le terrain a été marquée par la réalisation de levés géo électriques horizontaux (trainés) et verticaux (sondages) tel que prescrit par les TDR. Les trainés ont été réalisés avec un dispositif de type Schlumberger ($AB \geq 5mN$) de 100m de longueur. Cette longueur a été maintenue pendant toute la prospection compte tenu des contrastes marqués que n'auraient pu offrir une longueur plus importante, la zone d'étude étant caractérisée par l'existence d'un conducteur généralisé à une profondeur au-delà de 40 m.

En raison de l'importance de la surface à couvrir et des délais relativement courts, l'option choisie a été la réalisation d'une prospection stratégique consistant à mettre en évidence les linéaments majeurs de la zone d'Etude par l'exécution des trainés parallèles (Ouest-Est) au Nord, au Centre et au Sud de la zone d'étude et la densification des sondages verticaux dans la partie centrale. Les points de mesure pour les trainés étaient espacés de 10m tandis que pour les sondages verticaux le dispositif subissait une variation d'envergure du dispositif de mesure de $AB/2=4m$ à 150m.

Concernant la géo référenciation des sites prospectés, le recours aux coordonnées polaires a été fait sur les sites où la couverture forestière ne permettait pas une lecture confortable des coordonnées par le GPS. Ces stratégies ont été adoptées en vue de recueillir le maximum d'informations pertinentes dans le temps imparti. Le souci de couvrir stratégiquement toute la zone par des trainés pour en dégager une esquisse structurale a toutefois réduit la densité globale des sondages électriques verticaux bien que ceux réalisés dans la portion centrale du site offre néanmoins une densité satisfaisante.

En rapport aux mesures géo électriques, les équipements suivants ont été utilisés :

- Un transmetteur IPC-8/250w de type générateur de tension à signal primaire de type rectangulaire avec inversion automatique de polarité et durée de pulsion réglable à 1 ; 2 ou 4 secondes. Les tensions de sorties sont réglables

à 150 ; 212 ; 300 ; 425 ; 600 ou 850v selon la nature des terrains à investiguer ;

- Un receveur IPR-10A avec une impédance d'entrée de $3M\Omega$, doté d'un filtre de rejet de signaux électriques parasites de 50 à 60 Hz et d'une échelle de mesure de tension allant de $30\mu v$ à 30v étalée sur 12 positions ; sa précision de lecture étant de $\pm 3\%$ et une résolution de 0,1% ;
- Des accessoires de mesures constitués de deux grandes bobines, deux petites bobines, des massettes et des pièces de rechange.

En rapport à la navigation sur le terrain, les instruments suivants ont été utilisés :

- Une boussole de type SUNTO'O qui a surtout servi aux opérations de layonage et des mesures azimutales des linéaments ;
- Un GPS de marque GARMIN Etrex pour la géo référenciation des sites particuliers tels que les points de sondages électriques verticaux.

Au total 366 points de mesures ont été réalisés et la fiabilité des données acquises était systématiquement vérifiée par traçage graphique in situ et contrôle de l'impédance d'entrée du récepteur à un seuil très inférieur à $1 M\Omega$. D'autres opérations telles que la vérification de l'absence de fuite sur les câbles et la qualité des connecteurs étaient faites sur une base régulière pour maximiser le rendement des levés.

Ainsi, 5 profils de longueur totalisant 1230 m ont été réalisés.

Il s'agit de :

- L1 au niveau du campement MBORO ; il y a été réalisé un sondage électrique vertical SEV 01 ;
- L2 recoupant la route qui joint le campement MBORO au village MBORO au niveau du point 576 ; il y a été réalisé deux sondages électriques verticaux SEV 02 et SEV 15 (figure 61) ;
- Les layons L4 et L5 qui, juxtaposés forment le plus important layon occupant la partie centrale de la zone 1 et débouche sur un hameau abandonné ; il y a

été réalisé 8 sondages électriques verticaux SEV 06, 07, 08, 09, 10, 11, 12 et 13; et enfin

- Le layon L6 qui occupe la partie sud de la zone I ; il y a été réalisé 3 sondages électriques verticaux SEV 03, 04 et 05.

Les mesures de résistivité apparente des sondages électriques verticaux ont fait l'objet d'un traitement de conversion par le logiciel Géo-Elect.Mod aux fins d'obtenir pour chacun des sondages verticaux une stratigraphie géo électrique mettant en évidence les couples résistivité spécifique/épaisseur des terrains soumis à investigation.

Les données brutes et résultats intermédiaires des sondages électriques verticaux sont représentés sur Tableau et sur les graphiques dans les fiches ci-jointes. Quant aux mesures de résistivités apparentes des trainés, elles ont fait l'objet d'une représentation graphique qui offre une image visuelle sur la présence de corps résistants ou conducteurs dans l'horizontalité et permettent de choisir de façon optimale les sites pour sondages verticaux.

L'ensemble de ces résultats intermédiaires a permis de construire une coupe géo électrique Ouest-Est de la partie centrale de la zone 1. Ces mêmes données contribueront à l'élaboration, en tant que produit final, d'un modèle 3D des aquifères majeurs de la zone par spatialisation des données des sondages.

Autre résultats bruts collectées sur le terrain, les données sur la localisation satellitaire des points de mesures. Celles-ci ont fait l'objet d'un enregistrement sur un SIG (Système d'Information Géographique) développé dans le cadre de l'Etude et leur affichage automatique contribuera sur support cartographique offrira une bonne précision sur la source des informations géophysiques récoltées.

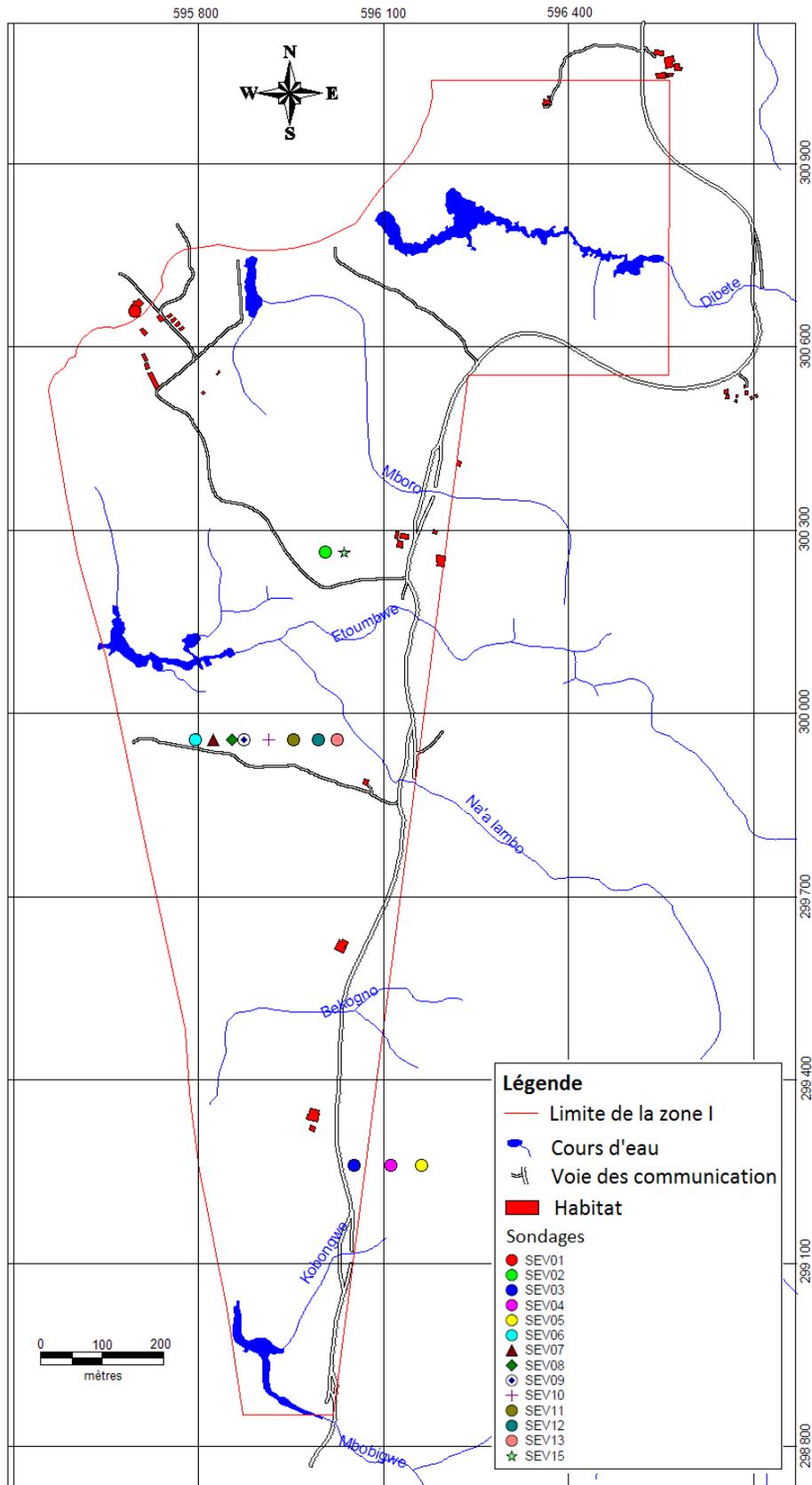


Figure 61: Disposition spatiale des sondages géophysiques

2.2.3.3 Identification, description et cartographie de l'aquifère à nappe libre

- **Identification et inventaire des ouvrages hydrauliques existants**

Cette étape a consisté à faire un recensement des ouvrages existants dans la zone d'étude (puits, sources d'émergence aménagées ou non, adduction d'eau potable,...). En effet les informations relatives à des ouvrages hydrauliques existants permettent de se faire une première idée de l'hydrogéologie de la zone. Malheureusement ces ouvrages sont très peu représentés dans le site d'intérêt. Nous avons néanmoins retrouvé certains anciens forages de Geofor qui contiennent encore de l'eau. Les informations relatives à ces ouvrages ont été collectées et seront suivies avec les piézomètres exécutés lors de la présente campagne.



- **Implantation, réalisation et suivi des piézomètres**

- **Implantation des piézomètres**

Les critères suivants ont guidé l'implantation des piézomètres :

- ✚ La représentativité spatiale des piézomètres par une occupation assez significative de la zone d'étude ; ils sont disposés selon un maillage déterminé en fonction de la précision recherchée pour la carte piézométrique à établir ;
- ✚ L'accessibilité sur le site : certains layons ont donc été choisis pour servir d'accès aux zones d'implantations des piézomètres et ensuite des aménagements manuels pour faciliter la lecture, le suivi et les manipulations diverses ont été effectués ;

✚ La morphologie du site : les piézomètres ont été positionnés préférentiellement en zone de rupture de pente et à la zone de limite avec la mer. En effet, les pentes élevées caractérisant le site d'intérêt ont fortement orienté l'implantation des piézomètres dans la zone de rupture de pente et ceci pour plusieurs raisons : il est difficile de réaliser, dans les formations plus ou moins meubles, un fonçage manuel des puits à plus 15 mètres. L'aquifère de nappe phréatique n'est pas généralement très étendu et c'est à ces zones qu'on peut atteindre facilement la nappe des aquifères superficiels.

- Réalisation des piézomètres

A l'issue des implantations des piézomètres conformément aux critères ci-dessus présentés, des piézomètres ont été réalisés à l'aide d'une tarière manuelle de diamètre 63 mm avec rallonge de 4 mètres. Lors du fonçage des piézomètres, les cuttings (échantillons de sols) collectés tous les 50 cm, ont servi à la description des sols et ont été disposés selon l'évolution du fonçage. La profondeur de chaque venue d'eau est systématiquement identifiée, puis le fonçage est poursuivi sur une profondeur de 0,50 à plus de 1,00 mètre avant tout équipement. Au total 15 piézomètres ont été réalisés. 10 piézomètres ont été équipés pour le suivi et 05 ne l'ont pas été. En effet parmi ces derniers, 02 piézomètres non équipés ont atteint le socle, les 03 autres exécutés dans la zone sableuse vers la mer ne permettent pas son équipement. Il faut ajouter à ces ouvrages de suivi, les deux forages de Geofor placés à côté de P3Z1 et P4Z1.





Ces piézomètres sont ensuite équipés des tuyaux en PVC crépinés sur toute la hauteur mouillée. le piézomètre ainsi réalisé est bouché pour éviter toute entrée de l'eau ou chute d'objet à l'intérieur du tubage (Photo). Pour chaque piézomètre implanté, les informations suivantes sont notées :

- ✚ Coordonnées géographiques ;
- ✚ Profondeur totale ;
- ✚ Profondeur de la venue d'eau ;
- ✚ Diamètre du piézomètre ;
- ✚ Hauteur de la margelle.

Les logs lithologiques sont ensuite établis pour chaque piézomètre.



Piézomètres	Date de fonçage	X	Y	Z (m)	Venue d'eau (m)
	Puits				
P1 Z1	campement	595810	300530	6.76	0.85
P2 Z1	31/10/2010	596050	300741	6.1	1.70
Trou P3Z1	Trou Geofor	595830	300351	8.37	-
P3Z1	03/11/2010	595830	300351	8.37	1.70
Trou P4Z1	Trou Geofor	596130	300259	10.77	-
P4Z1	03/11/2010	596130	300259	10.77	1.80
P5Z1	01/11/2010	596201	299893	8.99	2.04
P6Z1	01/11/2010	596078	300004	7.57	1.70
P7Z1	01/11/2010	595798	299940	6.36	1.20
P8Z1	02/11/2010	596096	299418	11.27	0.70
P9Z1	02/11/2010	596082	299568	10.54	2.40
P10Z1	02/11/2010	595995	299551	10.63	2.50
P11Z1	02/11/2010	595829	299605	5.43	1.20
P12Z1	02/11/2010	595627	300324	4.21	1.50
P13Z1	03/11/2010	595994	299023	6.68	1.20

Tableau 40: Ouvrages suivis en Novembre 2010

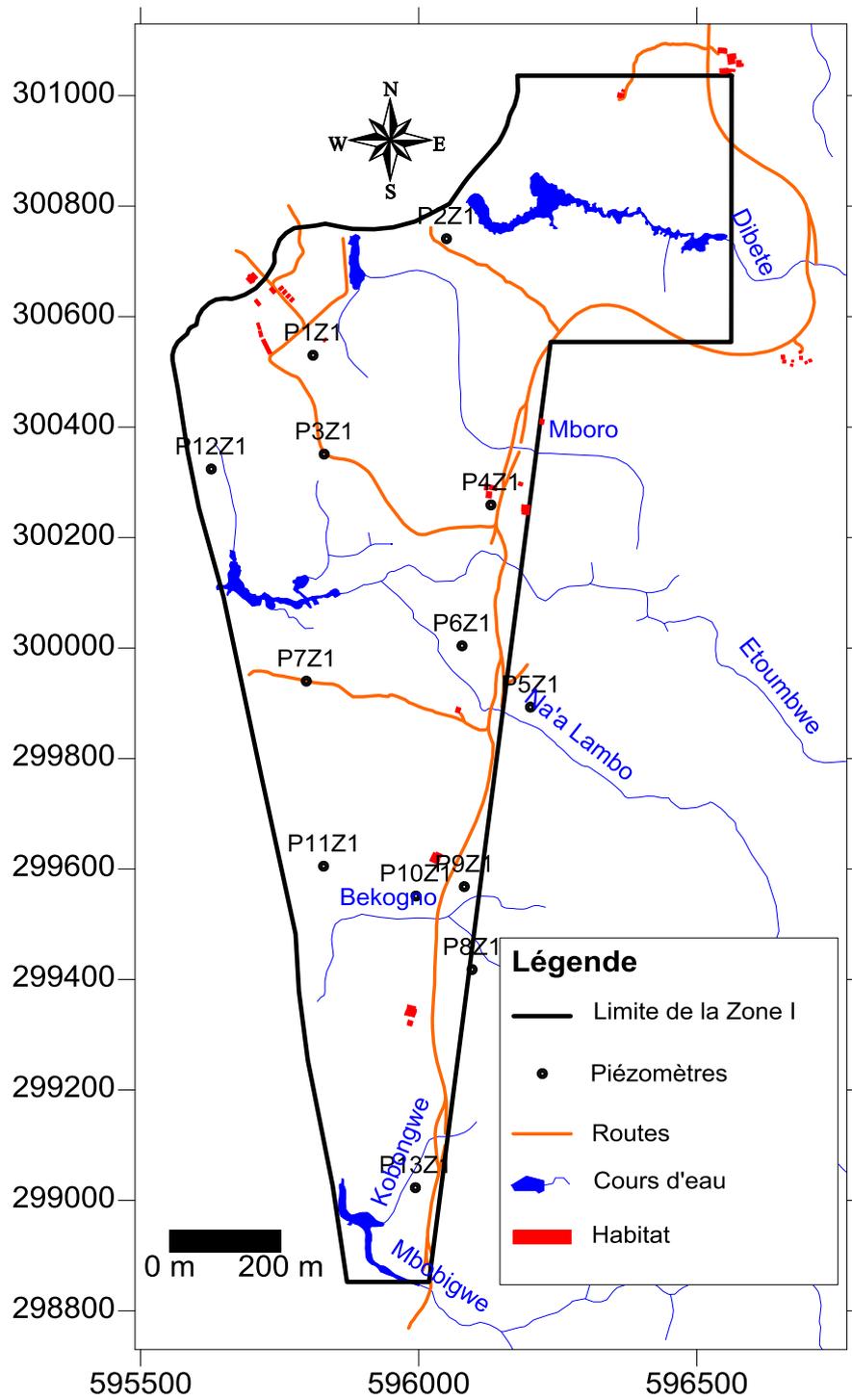


Figure 62: Disposition spatiale des piézomètres

- Suivi piézométrique

Le suivi piézométrique a consisté à mesurer les niveaux piézométriques tous les jours pendant notre séjour sur le site. Toutefois, il faut signaler que le suivi piézométrique s'effectuera à une cadence hebdomadaire. Le niveau piézométrique est l'altitude du plan d'eau dans un piézomètre. Il est calculé par différence entre la cote du sol (repère sur l'ouvrage) Z , et la profondeur P :

$$H = Z - p$$

- H : niveau piézométrique (en m) ;
- Z : altitude du repère sur l'ouvrage (en m) ;
- p : profondeur du plan d'eau dans le piézomètre (en m).

Dans les ouvrages artésiens, $H = Z +$ élévation du niveau d'eau au-dessus du sol. La profondeur du niveau d'eau, dans l'ouvrage, est mesurée par une sonde électrique lumineuse et sonore. L'altitude du repère sur l'ouvrage est calculée en ajoutant la hauteur de la margelle à la cote du sol extraite du MNT :

$$Z = Z_{\text{sol}} + h$$

- Z : altitude du repère sur l'ouvrage (en m) ;
- Z_{sol} : altitude du sol (en m) ;
- h : hauteur de la margelle (en m).

La liste des ouvrages ayant fait l'objet d'un suivi piézométrique est présentée dans le 40 et leur distribution spatiale est donnée par la 62.

- **Elaboration de la carte piézométrique de la nappe libre**

Les cartes piézométriques sont des cartes construites en courbes d'isovaleurs et qui représentent, à une date donnée, la distribution des charges et des potentiels hydrauliques. Ces cartes schématisent d'une part les fonctions capacitive et conductrice du réservoir, et d'autre part le comportement hydrodynamique de

l'aquifère (Castany, 1982). Trois méthodes sont généralement utilisées pour le tracé des courbes d'isovaleurs :

- La méthode d'interpolation approximative des niveaux piézométriques ;
- La méthode d'interpolation des triangles ;
- La méthode d'interpolation des données piézométriques par des programmes informatiques.

Cette dernière méthode est celle qui a été utilisée car elle est rapide et donne une meilleure interpolation. Leur établissement se fait par synthèse et interpolation des données sur les niveaux piézométriques. Dans le cas de la cartographie piézométrique de la nappe libre, les données piézométriques sont spatialisées par krigeage après une étude géostatistique. Cette dernière se fait par construction et interprétation des variogrammes comme dans le cas de la modélisation 3D de l'aquifère. Les cartes piézométriques obtenues se présentent alors sous forme de courbes isohypses d'isovaleurs à une date ou pour une période donnée. Sur ces cartes, les principales directions d'écoulement souterrain sont matérialisées. Les aires d'alimentation et les zones favorables aux captages sont également situées.



- **Elaboration de la carte des aquifères**

La méthode de spatialisation retenue pour la cartographie des différents aquifères est également le krigeage. Elle est précédée d'une étude géostatistique des données de sondage électrique qui se fait par construction et interprétation des variogrammes.

La spatialisation permet alors d'établir les cartes suivantes :

- Cartes du toit en courbes d'altitude et en courbe isobathes ;
- Carte du mur en courbes d'altitude et en courbe isobathes ;
- Carte de l'épaisseur en courbes isopaches ;
- Carte de profondeur en courbes isobathes

2.2.3.3 Détermination des paramètres hydrodynamiques

Les paramètres hydrodynamiques conditionnent l'écoulement et l'emmagasinement de l'eau dans un aquifère. Les principaux paramètres hydrodynamiques d'une formation aquifère sont la transmissivité (ou la perméabilité) et le coefficient d'emmagasinement (ou la porosité efficace dans le cas d'une nappe libre). Dans le cas de cette étude, la perméabilité en zone non saturée et en zone saturée ont été déterminées.

- **Essais de perméabilité in situ en zone non saturée (essai d'infiltration de Porchet)**

Le processus de recharge des aquifères par les précipitations est conditionné par la perméabilité des formations superficielles traversées. De ce fait des essais de perméabilité ont été effectués à l'emplacement des différents piézomètres du site afin d'établir une carte de perméabilité pour les formations superficielles.

La méthode retenue pour ces essais est celle de Porchet qui consiste à suivre, en fonction du temps, l'infiltration d'une quantité d'eau versée dans un trou circulaire (Banton et Bangoy, 1997). Ce dernier est rempli d'eau et on mesure la vitesse d'infiltration dans le trou par le relevé du niveau de l'eau en fonction du temps sur une fiche préconçue. La méthode est simple et rapide. Sur le site, cet essai a consisté à réaliser les trous d'une profondeur moyenne de 0,60 m à l'aide d'une tarière manuelle. Le trou ainsi réalisé est d'abord saturé en eau une première fois. C'est lors du deuxième remplissage du trou que les mesures sont effectuées à l'aide d'un chronomètre et d'un décimètre.



Les données ainsi collectées sont traitées à partir du logiciel Excel préalablement programmé pour effectuer les calculs résultant des formules empiriques développées par Porchet suivant la loi de Darcy. Dans cette méthode, le gradient hydraulique de l'infiltration est assimilé à l'unité, et il est alors possible d'appliquer la loi de Darcy pour calculer la conductivité hydraulique. La surface d'infiltration est constituée par les parois et le fond du trou. La perméabilité, K , s'obtient en traçant la courbe $\log(h+R/2)$ en fonction du temps à l'échelle semi-logarithmique. Une fois le régime stabilisé, on obtient une droite de pente $p = -2K/(2,3R)$. La conductivité hydraulique est obtenue par la relation :

$$K = -p \left(2,3 \frac{R}{2} \right)$$

- K : perméabilité (en m.s-1) ;

- R : rayon du trou (en m) ;

- p : pente de la droite représentative de l'essai d'infiltration $\log(h+R/2) = f(t)$.

- **Essais de perméabilité in situ en zone saturée**

En absence d'un essai de pompage qui consiste à enregistrer l'abaissement du niveau de la nappe ou la remontée dans le piézomètre en fonction du temps au cours d'un pompage. Cet essai a consisté à prélever de l'eau dans les différents piézomètres à l'aide d'un téflon et à suivre leur remontée en fonction du temps. On mesure ainsi la vitesse de l'eau dans le piézomètre par le relevé du niveau de l'eau (sonde piézométrique et sonore) en fonction du temps sur une fiche préconçue (annexe 2).



- **Détermination de la porosité efficace**

Pour déterminer la porosité efficace, des échantillons non remaniés de sol sont prélevés par la méthode de carottage dans la zone saturée, sur le plancher des fosses pédologiques préalablement creusés. Cette méthode consiste à enfoncer dans le sol, de façon mécanique, un tube cylindre de volume connu. Le tube est ensuite dégagé en creusant autour. Des précautions sont prises pour que le volume, V_t , du sol prélevé soit égal au volume intérieur du cylindre. Au laboratoire, ces échantillons de sol sont immergés dans de l'eau pendant quatre jours, la base et le sommet de chaque cylindre étant fermés par un grillage fin. Ensuite, chaque échantillon de sol est posé sur un récipient. L'eau commence à s'égoutter sous l'action de la gravité. L'égouttage dure au moins 24 h. Le volume d'eau recueilli est mesuré grâce à une éprouvette.



La porosité efficace, notée n_e , est le rapport du volume d'eau gravitaire, V_ω , que peut contenir un réservoir saturé, au volume total, V_t , du réservoir. Elle exprime la fonction capacitive du réservoir (Castany, 1982).

$$n_e = \frac{V_\omega}{V_t} \cdot 100$$

- n_e : porosité efficace (en %) ;
- V_ω : volume d'eau gravitaire libéré (en cm^3) ;
- V_t : volume de l'échantillon de sol (en cm^3).



2.3 Dynamique des écoulements de surface et souterrains

2.3.1 Dynamique des écoulements de surface

2.3.1.1 Morphologie des bassins et des différentes lignes de courant

Dibète (Mébéra)

C'est un cours d'eau qui prend sa source à plus de 800 mètres de la côte, à une altitude de 17 mètres environs. La portion de ce cours d'eau interceptée par la zone de terrassement a un profil en pente douce avec des berges assez stables. Cette rivière présente un régime fluvial dans cette portion de son cours.

Dibete se jette dans une zone de marécage à quelques dizaines de mètres de l'embouchure et le parcourt jusqu'à l'océan. Une coupe réalisée au droit de la section jaugée met en évidence une profondeur de 63 centimètres environ.

From Pos: 596094.571, 300819.693

To Pos: 596770.185, 300674.061

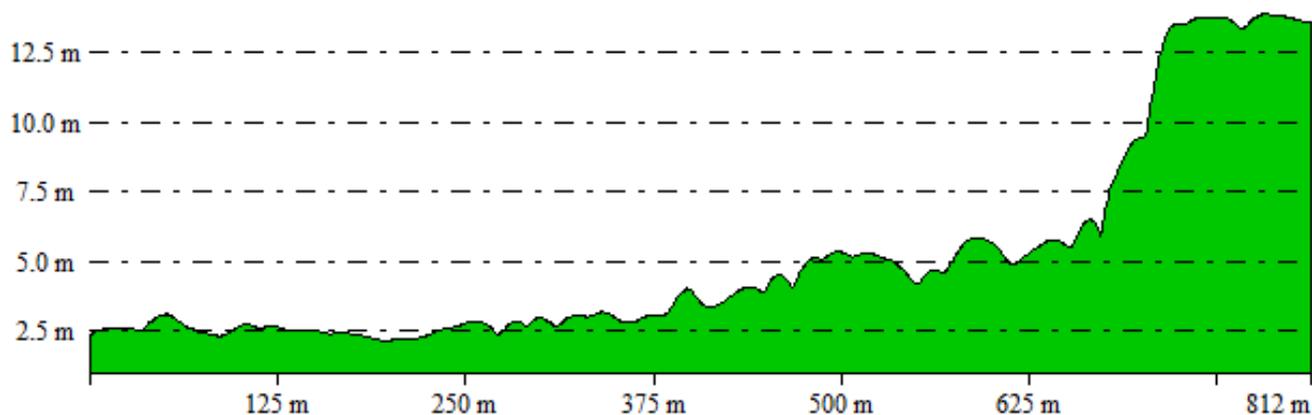


Figure 63: Profil en long du cours d'eau Dibète (Mébéra)

Etoumbwé (grand) Kobongwé

From Pos: 595932.343, 300121.296

To Pos: 596767.756, 299795.211

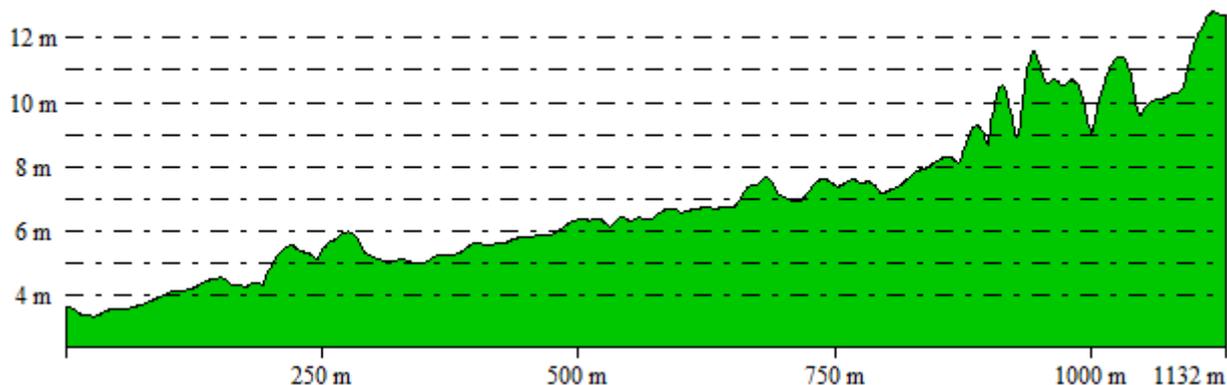


Figure 64: Profil en long du cours d'eau Etoumbwé Kobongwé

Ce cours d'eau prend sa source à 1 kilomètre environ de l'embouchure et est le plus important de la zone de terrassement. La dénivelée entre la source principale de ce cours d'eau et l'embouchure est d'environ 12 mètres. Une coupe réalisée au droit de la section jaugée de ce cours d'eau nous présente une profondeur de 32 centimètres environ. C'est un cours d'eau méandreux dont le profil en long de la portion interceptée par la zone de terrassement présente des cascades qui lui confèrent un régime torrentiel.

Na' Lambo

Il prend sa source à plus de 1600 mètres de l'embouchure à une altitude de plus de 25 mètres. Une coupe réalisée au droit de la section jaugée de ce cours d'eau présente un lit de forme curviligne d'environ 50 centimètres de profondeur.

Le profil en long de la portion concernée par les terrassements présente une pente plus ou moins douce avec des berges enherbées et peu stables. Il est un affluent rive gauche de Etoumbwé (grand) Kobongwé qu'il rejoint à quelques dizaines de mètres de l'embouchure. il se présente également en méandre.

From Pos: 595661.020, 300176.846

To Pos: 596504.505, 299360.224

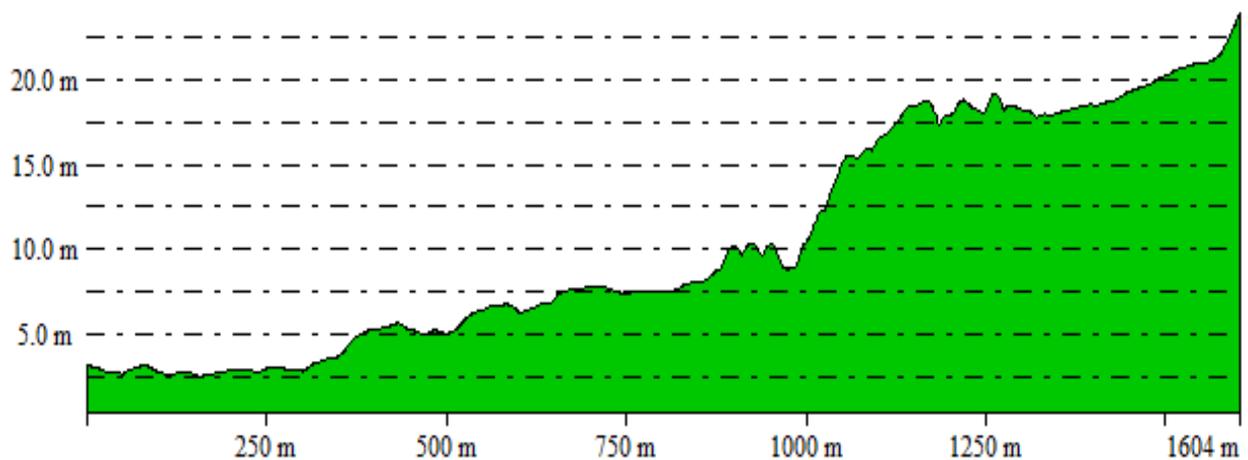


Figure 65: Profil en long du cours d'eau Na'Lambo

Petit Kobongwé

Ce cours d'eau prend sa source à 300 mètres environ de son embouchure avec une dénivelée d'environ 12 mètres. Une coupe réalisée au droit de la section de jaugeage réalisée sur ce cours d'eau met en évidence un lit de forme irrégulière encombré par des enrochements qui affleurent tout le long du profil et présentant par endroit des cascades.

Le profile en long de ce cours d'eau présente un lit en pente lorsqu'il intercepte la zone de projet, avant de voir son énergie se dissiper rapidement par le relief avant qu'il ne se jette à la mer.

From Pos: 595937.273, 298958.692

To Pos: 596104.515, 299142.159

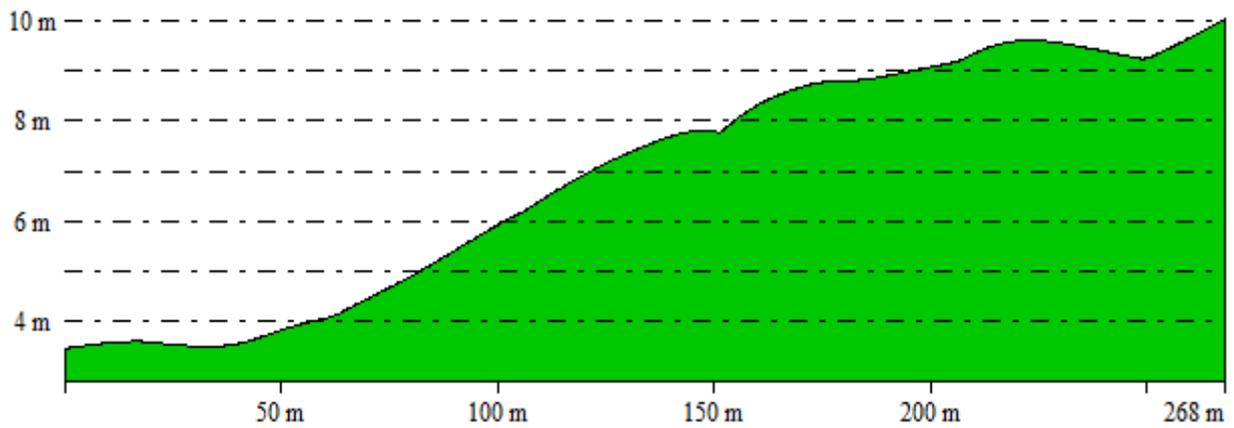


Figure 66: Profil en long du cours d'eau petit Kobongwé

N°	Paramètres	Etoumbwé Bokongwé	Na'Lambo	Petit Kobongwé	Dibète
	Date	02/11/10	01/11/10	05/11/10	03/11/10
01	Hauteur de début "HD" (m)	0,30	0,44	/	/
02	Hauteur de fin "HF" (m)	0,30	0,43	/	/
03	Débit "Q" (m ³ /s)	0,224	0,033	0,122	0,117
04	Section Mouillée "S _m " (m ²)	1,30	1,078	3,58	1,86
05	Périmètre Mouillé "P _m " (m)	0,90	1,77	2,52	1,80
06	Vitesse Moyenne "V _m " (m/s)	0,17	0,300	0,034	0,063
07	Largeur Utile "l _u " (m)	0,31	0,36	7,0	0,083
08	Profondeur Moyenne "P _m " (m)	1,37	0,61	0,51	1,03

09	Vitesse Maximale « V_M » (m/s)	0,24	0,053	0,068	0,47
10	Rayon Hydraulique "R H" (m)	5,35	0,031	1,42	4,00

Tableau 41: principales caractéristiques des cours d'eau

No	Echantillon	MES (mg/l)
01	Grand Kobongwé (Amont)	4,8
02	Grand Kobongwé (Aval)	6
03	Petit Kobongwé (Amont)	3,4
04	Petit Kobongwé (Aval)	7,6
05	Na'Lambo (Amont)	1,2
06	Na'Lambo (Aval)	1,8

Tableau 42: Quelques valeurs du transport solide

2.3.2 Cartographie piézométrique

2.3.2.1 Données piézométriques

Les données et paramètres qui ont permis le suivi et l'élaboration de la carte piézométrique sont présentés sur le 43. Il s'agit des coordonnées géographiques, de l'altitude, de la margelle et des niveaux statiques de l'eau. En général les niveaux statiques ou plans d'eau sont compris entre 0 m pour les zones marécageuses subaffleurantes et 3 m pour les piézomètres situés au niveau des versants (Tab 43). Ceux-ci correspondent à des niveaux piézométriques compris grosso modo entre 2 m et 10 m.

Piézomètres	X	Y	Z (m)	Profondeurs du plan d'eau (m)	Hauteurs margelles (m)	Niveaux piézométriques (m)
P1Z1	595810	300530	6,76	1,28	0,18	5,48
P2Z1	596050	300741	6,1	1,75	0,5	4,35
P3Z1	595830	300351	8,37	2,41	0,5	5,96
P4Z1	596130	300259	10,77	2,48	0,5	8,29
P5Z1	596201	299893	8,99	1,92	0,5	7,07
P6Z1	596078	300004	7,57	0,77	0,48	6,8
P7Z1	595798	299940	6,36	1,86	0,74	4,5
P8Z1	596096	299418	11,27	1,285	0,65	9,985
P9Z1	596082	299568	10,54	2,58	0,76	7,96
P10Z1	595995	299551	10,63	3,14	0,54	7,49
P11Z1	595829	299605	5,43	1,2	0	4,23
P12Z1	595627	300324	4,21	1,5	0	2,71
P13Z1	595994	299023	6,68	1,72	0,65	4,96
Nappe subaffleure					0	
ante	596442	300636	7,9	0		7,9
Nappe subaffleure					0	
ante	595931	299016	3,61	0		3,61

Tableau 43: Données piézométriques de la zone I (Novembre 2010).

2.3.2.2 Cartes piézométriques

La carte piézométrique qui schématise le comportement hydrodynamique de l'aquifère à nappe libre pour le début du mois de novembre (fin de la saison de pluie) est présentée sur la figure 67.

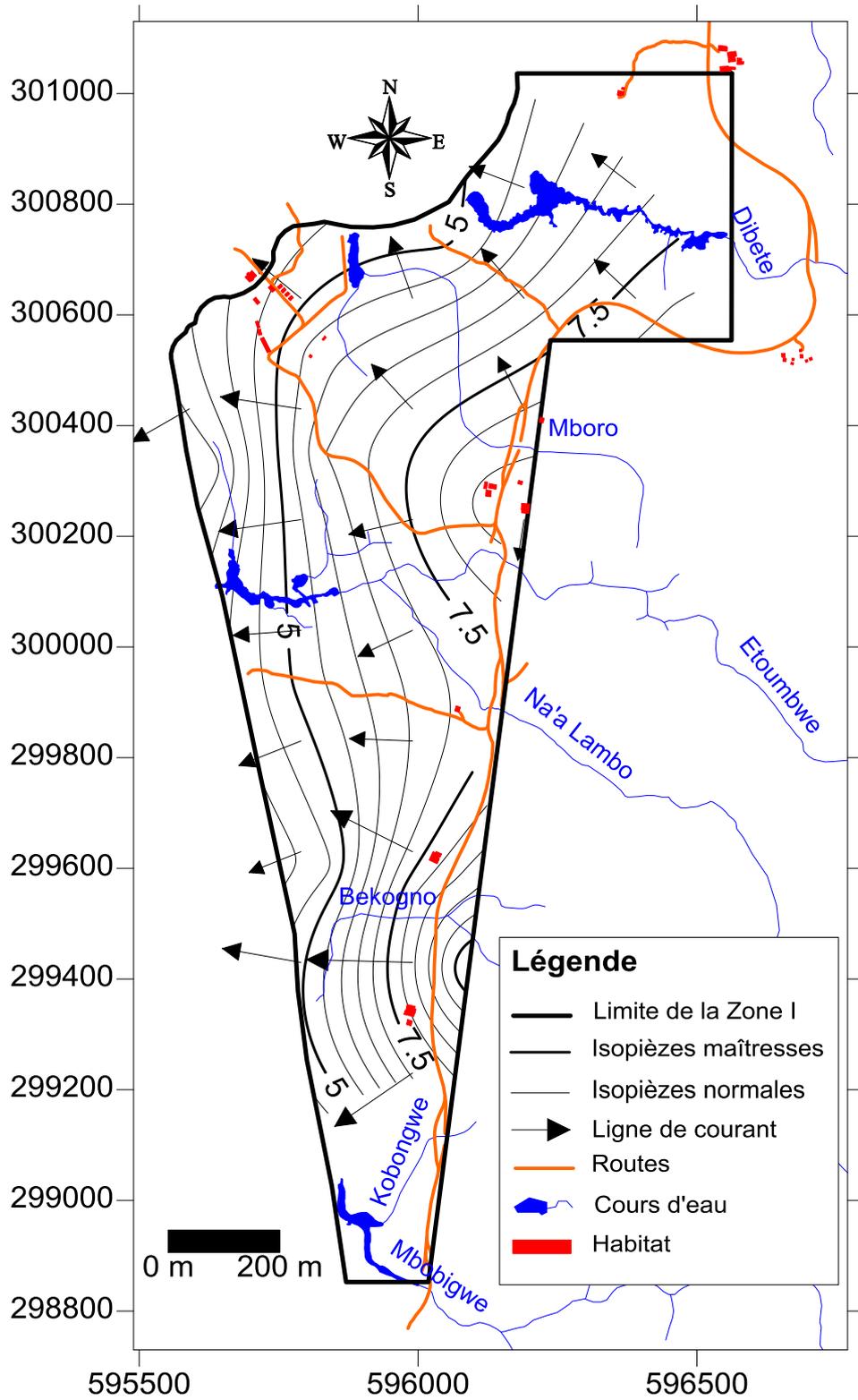


Figure 67: Carte piézométrique de l'aquifère à nappe libre de la zone 1 (début novembre 2010)

2.3.2.3 Cartes isopaches et isobathes

Les données piézométriques et géophysiques (trainés et sondages) ont permis d'élaborer les cartes isopaches et isobathes représentées sur les figures 68 et 69. Les épaisseurs des altérites sont inférieures à 25 m alors que les profondeurs des plans d'eau n'excèdent pas 3,20 m.

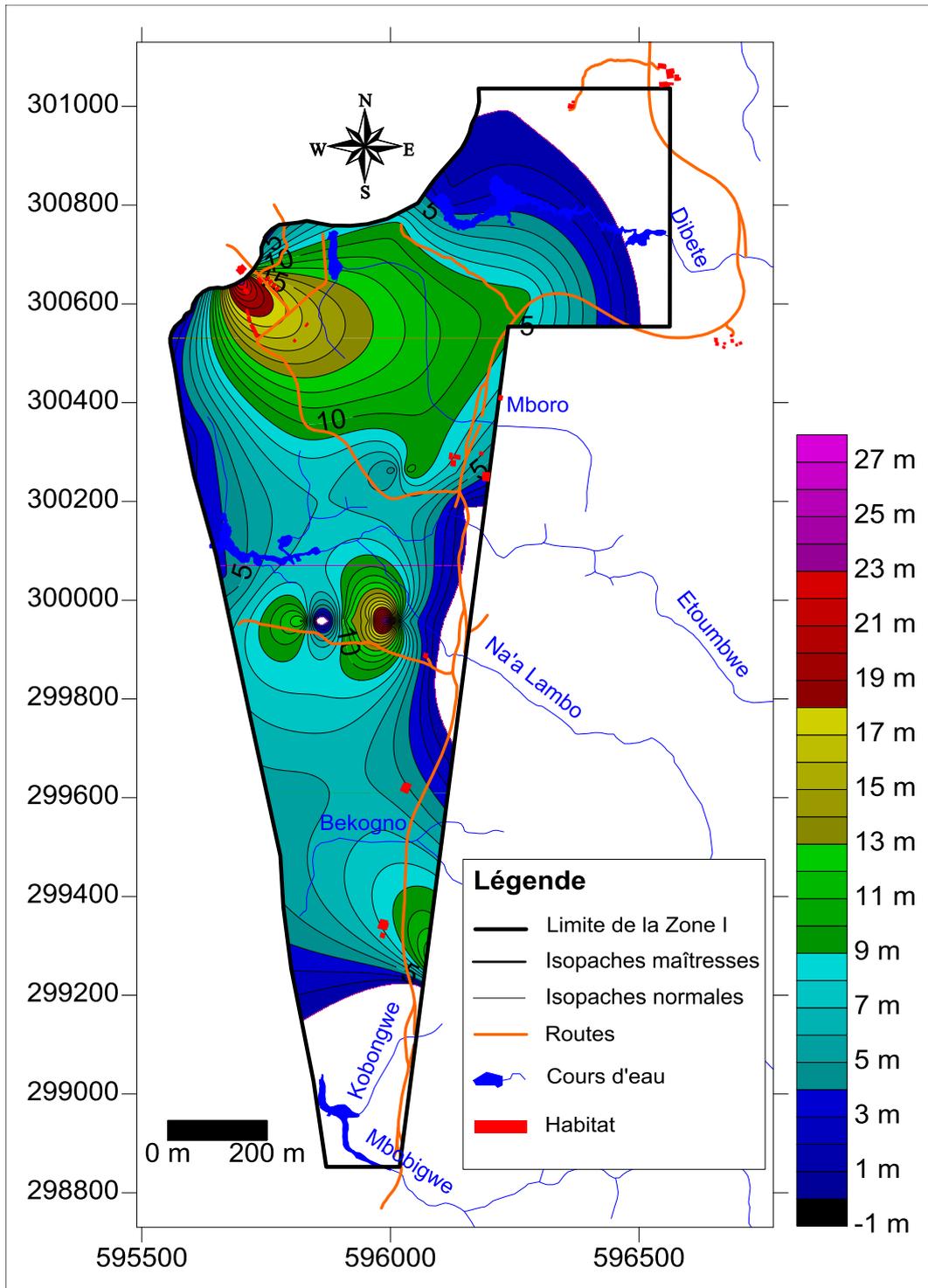


Figure 68: Carte isopache du réservoir d'altérites de la zone 1 (début novembre 2010)

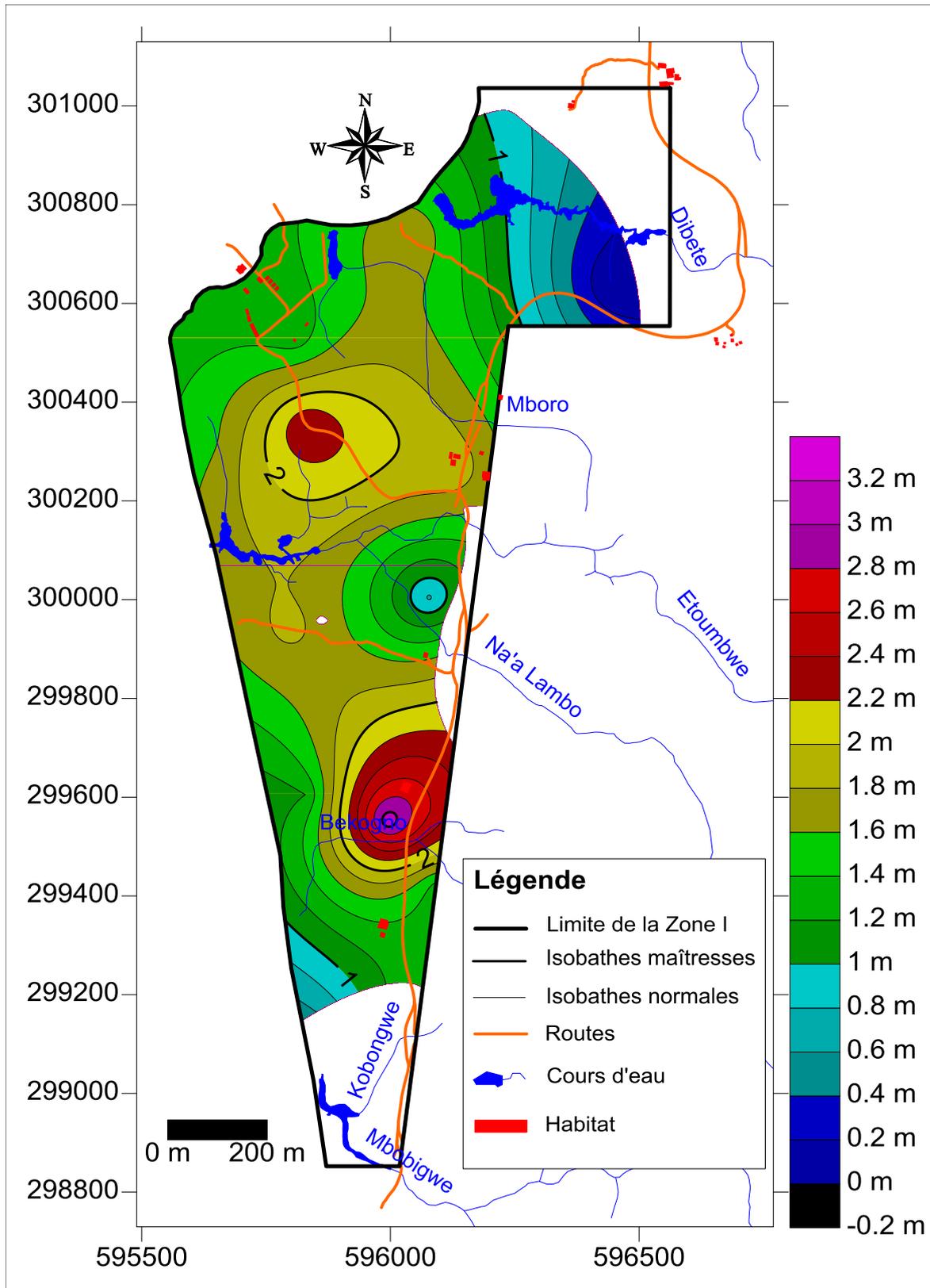


Figure 69: Carte isobathe du réservoir d'altérites de la zone 1 (début novembre 2010)

2.3.2.4 Analyse des cartes

L'analyse de la carte piézométrique (Fig.67) à partir de la configuration des courbes hydroisohypses fait ressortir les informations suivantes :

- Le module d'espacement dans la zone est constant dans les parties Nord et Sud et décroissant de l'Est vers l'Ouest. Ceci permet de dire que la nappe a un profil linéaire avec un gradient hydraulique et un débit constant dans ses parties Nord et Sud.
- L'écoulement y est uniforme. Il a un profil hyperbolique avec décroissance du gradient hydraulique et du débit dans les sens des écoulements qui sont préférentiellement E-W et SE-NW.
- L'aire d'alimentation est située dans la partie Est au niveau du continent et les lignes de courant sont divergents. La nappe ne présente pas de zone de stockage et est dans son ensemble drainée par la mer qui est située à l'ouest.

La configuration des courbes isopaches (Fig. 68) montre que les épaisseurs des altérites varient de 0 m à environ 23 m témoignant respectivement d'un socle subafleurant à certains endroits et une altération assez poussée dans d'autres. Toutefois, les épaisseurs comprises entre 7 et 9 m se retrouvent majoritairement dans le site d'intérêt alors que celles situées au-delà de 20 m ne sont localisées qu'au NW.

Quant aux courbes isobathes (Fig. 69), les profondeurs maximales sont rencontrées beaucoup plus dans la partie sud. La zone d'étude est néanmoins dominée par des niveaux statiques compris entre 1 et 1,6 m donc assez proches de la surface du sol.

2.3.3 Paramètres hydro dynamiques

2.3.3.1 Perméabilités en zone non saturée et en zone saturée dans le site I

Les résultats des essais de perméabilité en zone non saturée (Porchet) sont présentés dans le tableau 44. Les valeurs sont comprises entre 4.35×10^{-8} et 8.98×10^{-6} pour une moyenne de 3.05×10^{-6} . De manière générale, les sols de la région sont de perméabilité mauvaise (degré de perméabilité) et correspondent à la catégorie des formations semi perméables.

Ouvrages	X	Y	K (m/s)
P1Z1	595810	300530	1.38x10⁻⁶
P13Z1	595994	299023	1.96x10⁻⁶
P3Z1	595830	300351	1.76x10⁻⁶
P4Z1	596130	300259	7.71x10⁻⁶
P9Z1	596082	299568	4.35x10⁻⁸
P8Z1	596096	299418	1.59x10⁻⁶
P5Z1	596201	299893	8.98x10⁻⁶
P6Z1	596078	300004	1.01x10⁻⁶
Moyenne			3.05x10⁻⁶

Tableau 44: Perméabilités des formations d'altération en zone non saturée

2.3.3.2 Perméabilités en zone saturée

Les perméabilités obtenues après avoir vidé les piézomètres et suivi leurs remontées dans le temps sont également faibles. Elles sont comprises entre 8.27×10^{-7} et 1.14×10^{-4} pour une moyenne de 1.49×10^{-5} (Tab 45). Elles sont d'un ordre de grandeur plus élevées que les perméabilités obtenues en zone non saturée.

Ouvrages	X	Y	K (m/s)
P3Z1	595830	300351	1.14x10⁻⁴
P4Z1	596130	300259	1.70x10⁻⁶
P5Z1	596201	299893	3.00x10⁻⁷
P6Z1	596078	300004	8.27x10⁻⁷
P8Z1	596096	299418	1.42x10⁻⁷
P9Z1	596082	299568	2.29x10⁻⁷
P10Z1	595995	299551	6.66x10⁻⁷
P13Z1	595994	299023	1.34x10⁻⁶
			1.49 x 10⁻⁵
Moyenne			5

Tableau 45: Perméabilités des formations d'altération en zone saturée

2.3.3.3 Porosité efficace ou coefficient d'emmagasinement

Les porosités efficaces ou coefficient d'emmagasinement obtenu sont compris entre 3.01 % et 4.34 % soit un coefficient d'emmagasinement moyen de 3.65 % (Tab. 46). Ces résultats qui ne sont effectués que sur quelques échantillons de sol sont encourageants mais doivent être considérés avec attention car ces porosités ne prennent pas en compte les vides des zones fracturées de la roche mère sous-jacente.

	Sol 1	Sol 2	Sol 3	Sol 4	Sol 5	Sol 6
Volume échantillon (cm ³)	415	415	415	415	415	415
Volume d'eau (cm ³)	15	17	12,5	15	18	13,5
Porosité efficace (%)	3,61	4,10	3,01	3,61	4,34	3,25
Porosité efficace moyenne						3,65

Tableau 46: Porosités efficace (ou Coefficient d'emmagasinement) des formations d'altération de la zone saturée du site I

2.4 Cartographie des facteurs influençant la variabilité spatiale et temporelle des processus hydrologiques, ainsi que la disponibilité des ressources en eau

Les facteurs qui contrôlent la variabilité spatiale et temporelle des processus hydrologiques ainsi que la disponibilité des ressources en eau sont :

- La topographie ;
- L'état d'occupation des sols ;
- Le réseau hydrographique ;
- La pédologie ;
- La géologie.

Le réseau hydrographique ayant déjà été abordé ci-dessus, seuls les quatre facteurs seront abordés dans cette partie.

2.4.1 Topographie

2.3.3.1 Elaboration du MNT

Le Modèle Numérique de Terrain (MNT) est la meilleure méthode de représentation de la topographie. Dans le cadre de cette étude, un MNT de la zone I a été élaboré à partir d'une banque de données comportant des dizaines de milliers de semis. Les étapes suivantes ont été suivies pour l'élaboration du MNT :

- Importation des semis de points dans une application SIG (Système d'Information Géographique) ;
- Application d'un filtre à la banque de données des semis de point afin de ne retenir que les ceux correspondant à une fenêtre longitude – latitude de la zone I ;
- Exportation des semis de points filtrés dans un fichier texte ;
- Interpolation du semis de point dans l'application Surfer 9.11 qui permet la modélisation spatiale.

La méthode d'interpolation retenue est le krigeage qui donne d'excellents résultats. L'opération de krigeage a été précédée d'une étude géostatistique, laquelle a guidé le choix du modèle à retenir pour le variogramme. Les semis de point ont été interpolés avec un modèle linéaire pour le variogramme. Compte tenu de la taille de la zone d'étude et de la densité des semis de points disponibles (résolution spatiale de 20 m), la résolution spatiale du résultat de la modélisation a été fixée à 1 m. Le résultat du krigeage a permis de représenter la topographie de la zone d'étude en 3D (figure 70).

2.3.3.2 Analyse du MNT

La représentation 3D du MNT mets en évidence l'existence de zone :

- L'est de la fenêtre longitude – latitude dont les altitudes sont plus hautes avec de fortes pentes atteignant 85 % ;
- L'ouest de la fenêtre longitude – latitude, correspond à la zone I propre dite dont les altitudes sont faibles avec des pentes inférieures à 10 %.

Entre les deux zones, les différences de pente sont très grandes. Les pentes sont si faibles dans la zone I que l'eau a tendance à stagner. C'est une zone favorable aux inondations. Ceci est confirmé par les observations de terrain ; les levés GPS révèlent que les zones d'inondation sont observées pour des pentes inférieures ou égales à 3%. Ces zones ont été cartographiées et ont déjà été présentées ci-dessus..

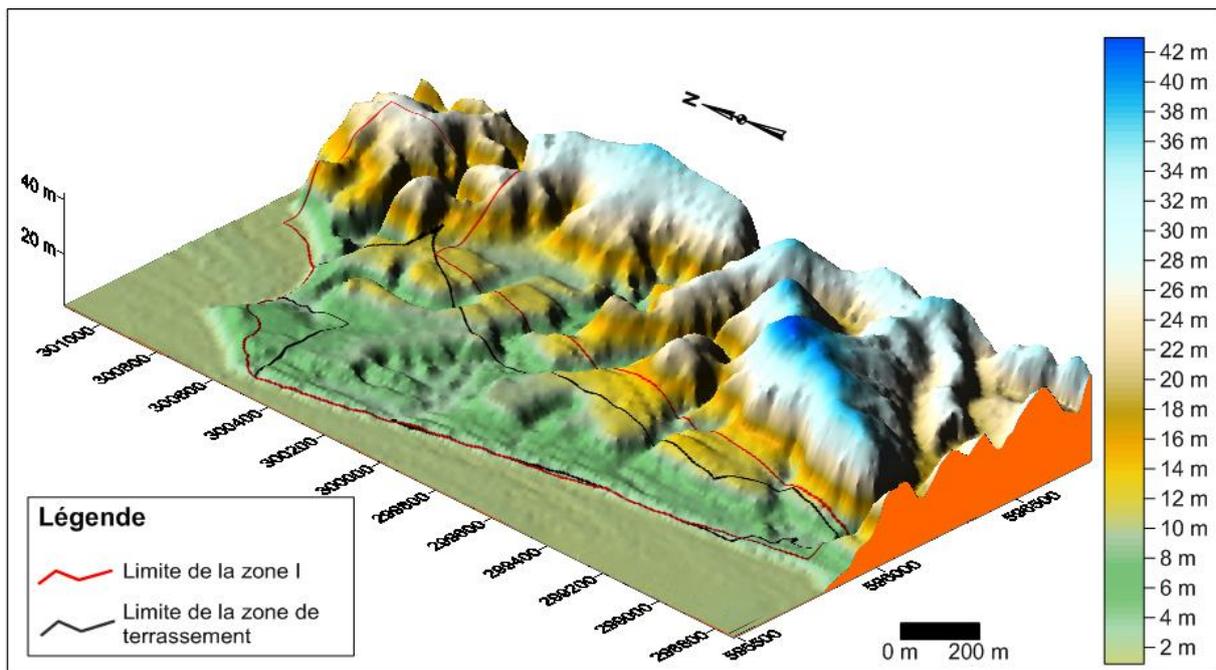


Figure 70: Modèle Numérique de Terrain de la zone I et ses environs

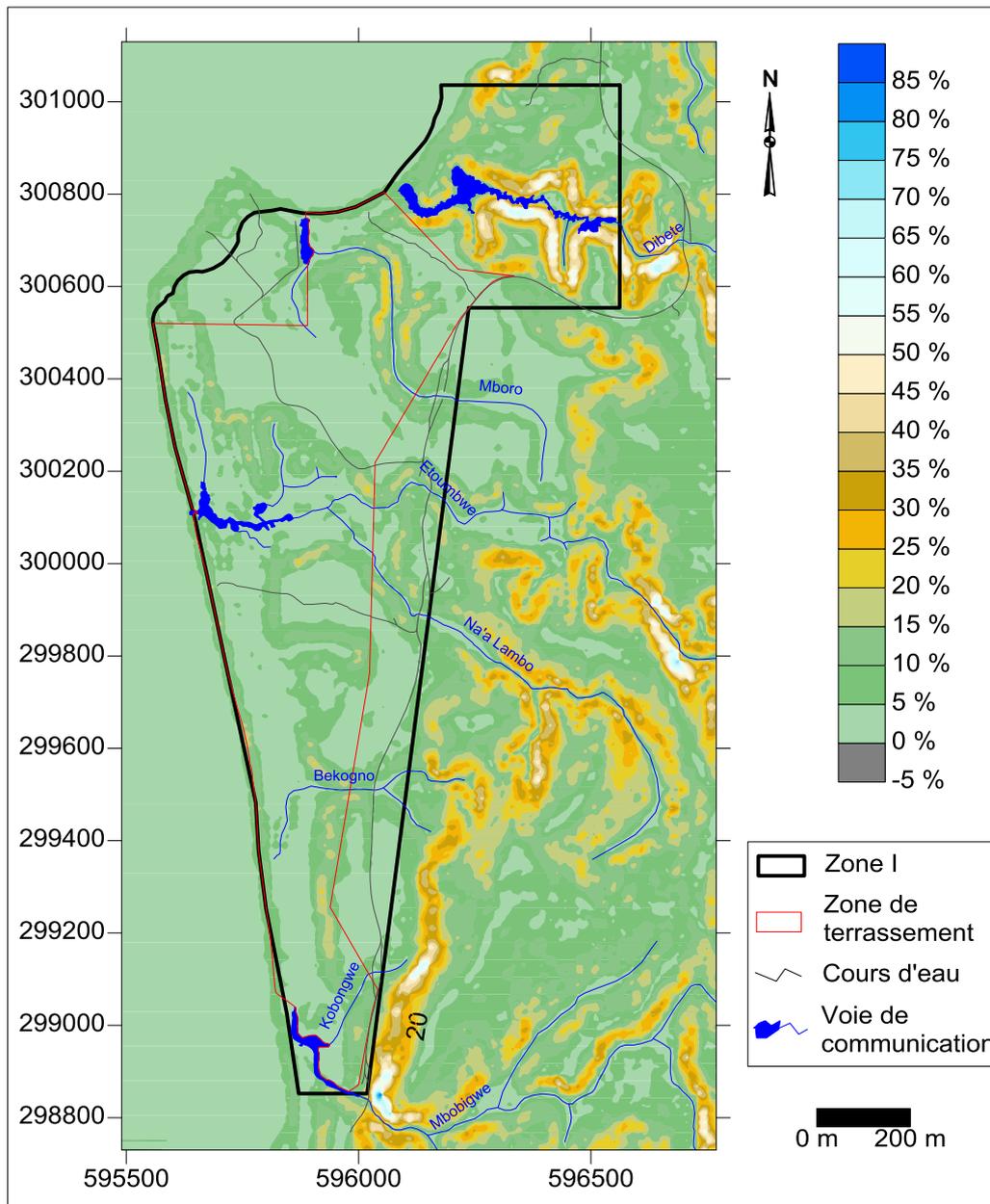


Figure 71: Distribution spatiale des pentes dans la zone I et ses environs

2.4.2 Carte d'occupation des sols

2.4.2.1 Elaboration de la carte d'occupation des sols

Le cycle de l'eau est fortement tributaire de l'état d'occupation des sols. La carte d'occupation des sols de la zone I a été élaborée par photo-interprétation des photographies aériennes suivants trois étapes :

- Descente de terrain afin d'identifier les différentes formations spatiales qui constituent des interfaces de la carte d'occupation des sols ;
- Interviews avec les populations locales afin de faire un inventaire des activités passées susceptibles d'avoir influencées l'état d'occupation actuelle ;
- Analyse visuelle des photographies aériennes ;
- Digitalisation des différentes interfaces avec une application SIG.
- Saisie des données relatives à chaque interface dans les tableaux attributaires.

2.4.2.2 Etat actuel de l'occupation des sols

L'état actuel de l'occupation de l'espace est donné par la figure 72. Le tableau 47 et la figure 73 donnent les proportions relatives de chaque interface. La classe la plus représentée est la forêt dense humide sempervirente de forte densité qui occupe près de 29 % de la zone I. A l'opposé, on a la mangrove qui n'occupe qu'une très faible proportion de la zone I (0,24 %). De façon générale, la végétation est très majoritairement de type forestier (68 %) avec des nuances introduites par des activités anthropiques ; à titre illustratif les couches herbeuses observées résultent du déboisement pour créer l'habitat.

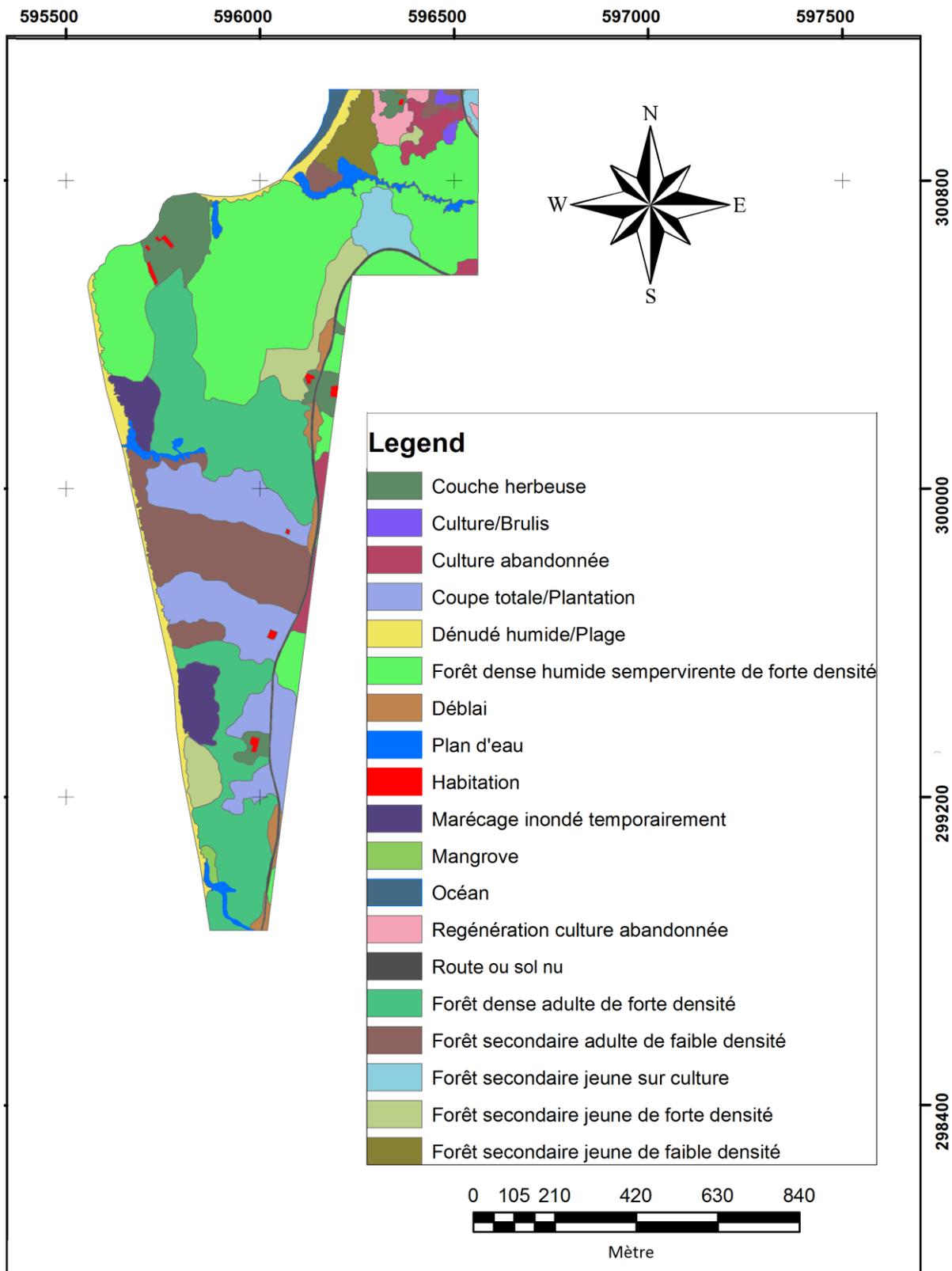


Figure 72: Carte d'occupation des sols de la zone I

Classes	Pourcentage
Cultures abandonnées	2.02
Couche herbeuse	4.41
Coupe totale/Plantation	12.09
Culture/Brulis	0.34
Déblai	1.27
Dénudé humide/Plage	3.11
Forêt dense humide sempervirente de forte densité	29.50
Plan d'eau	1.85
habitation	0.38
Mangrove	0.24
Marécage inondé temporairement	3.31
Océan	0.55
Régénération cultures abandonnées	1.08
Route ou sol nu	1.06
Forêt secondaire adulte de forte densité	20.67
Forêt secondaire adulte de faible densité	9.84
Forêt secondaire jeune de forte densité	4.21
Forêt secondaire jeune sur culture	2.15
Forêt secondaire jeune de faible densité	1.93

Tableau 47: Proportion relative de chaque classe d'occupation des sols

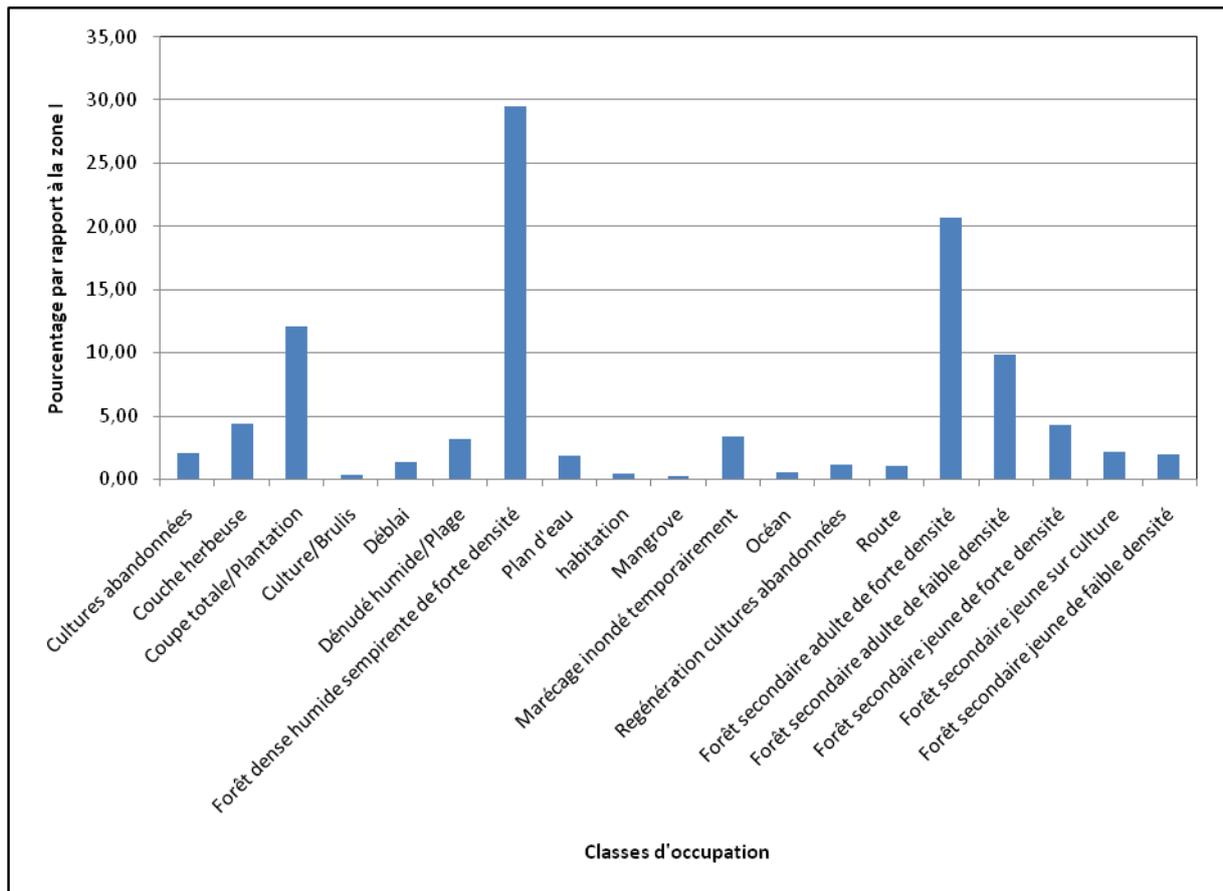


Figure 73: Histogramme de la répartition des classes d'occupation des sols

2.4.2 Géologie

La méthodologie relative à l'élaboration de la carte géologique ayant été présentée plus haut, seuls les résultats seront abordés dans cette partie. La carte géologique établie pour la zone I est donnée par la figure 74. Les principales formations géologiques sont les suivantes :

- Les gneiss feuilletés du complexe de base situés sur la bordure est de la zone I et qui représente près de 25 % du site ;
- Les quartzites micacés de la série de Yaoundé très majoritaire dans la zone (72,5 % de la superficie de la zone I ;
- Un ensemble de roches basiques associées au groupe de Yaoundé, minoritaire, qui n'occupe que 5 % du site.

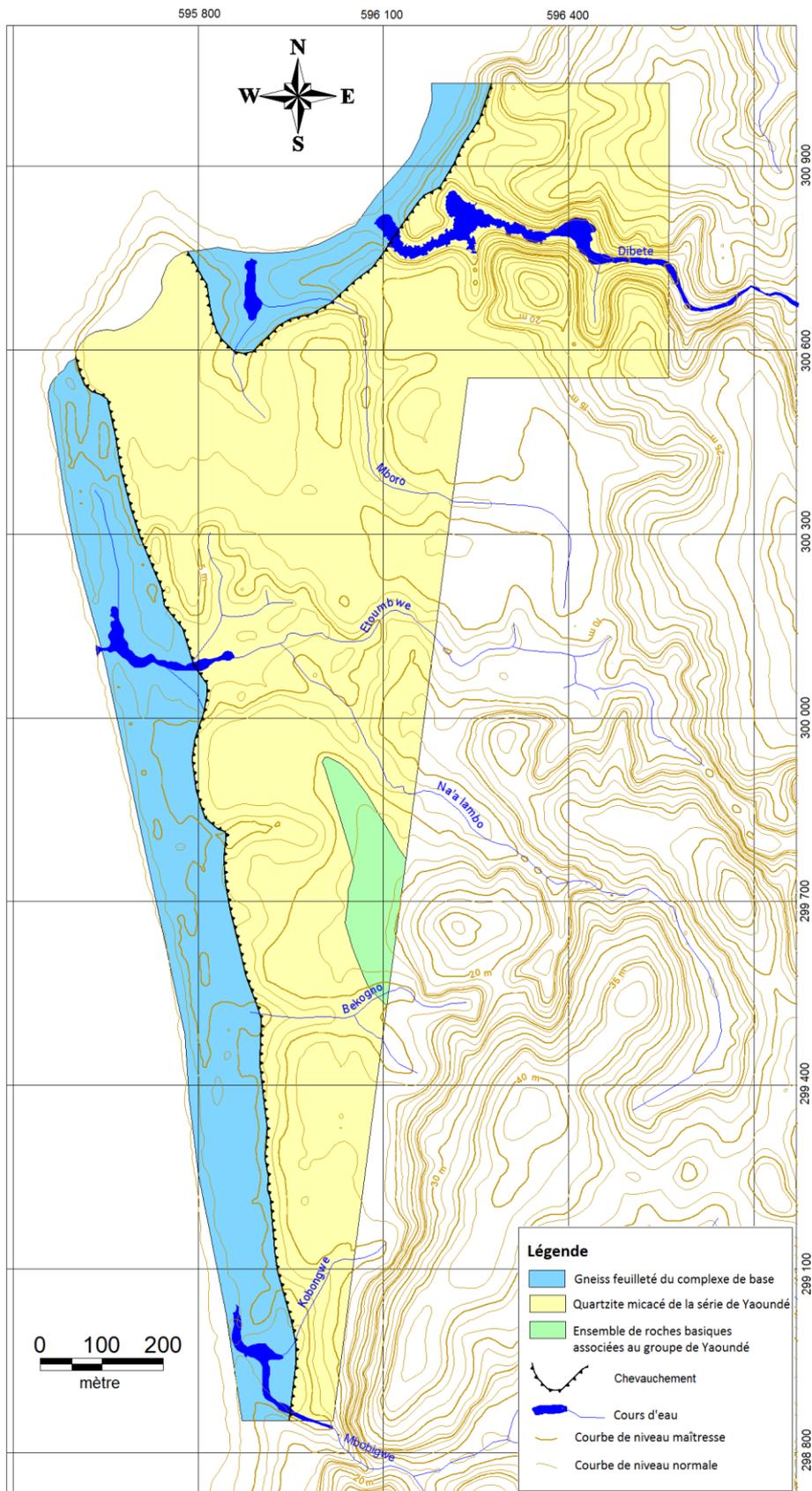


Figure 74: Carte géologique de la zone I

2.4.3 Pédologie

L'ensemble de la zone est constituée de sols ferrallitiques. Aucune cartographie n'est par conséquent nécessaire.

2.5 Présentation quantitative et qualitative des ressources en eau

2.5.1 Ressources en eaux de surface

2.5.1.1 Présentation quantitative

Dans le chapitre 2.2 qui a traité des différentes méthodes d'évaluation des ressources en eau. Il a été question entre autres du transfert des données. Ce transfert a pour base la station hydrométrique sur la Lobe à Kribi.

À cette étape de l'étude où les bassins versants des cours d'eau de la zone1 n'ont pas encore été déterminés, par ce que leur cours supérieur de leur lit se situe hors de la zone, seuls les résultats des jaugeages figurent avec la liste des jaugeages dans le tableau 48. L'hydrogramme de la Lobe ainsi que celui qui résultera pour la zone feront l'objet d'une publication ultérieure. Les indications régionales de base sont rassemblées dans le tableau 49.

Cours d'eau	Date	Heure		Hauteur (cm)		Débits (m ³ /s)
		Début	Fin	Début	Fin	
Dibète	03/11/2010	11H25	11H55	-	-	0.117
Etoumbwe	02/11/2010	10H10	10H40	030	030	0.224
Na'Lambo	01/11/2010	15H35	16H00	044	043	0.033
Na'Lambo	02/11/2010	11H30	11H43	045	045	0.041
Petit Kobongwé	05/11/2010	14H30	15H05	-	-	0.122

Tableau 48: Liste des jaugeages réalisés

Cours d'eau Stations	Lokoundje Lolodorf	Kienke Kribi	Lobe Kribi	Ntem Ngoazik
S km ²	1150	1435	2305	18100
Pm	1880	(2425)	2425	1640
He mm	773	(1082)	1397	482
De = Er	1107	(1345)	1025	1158
<u>Débits spécifiques :</u>				
Module moyen	24.5	34.3	44	15.3
Décennal sec	17.6	27.0	37	10.9
Décennal humide	32.6	41.5	52	19.6
Etiage moyen	3.04	4.8	4.8	2.81
Etiage décennal sec	2.22	3.4	3.4	1.49
Crue moyenne	109	124	167	43.9
Crue décennale humide	156	152	207	56.0

Tableau 49: Valeurs significatives des régimes hydrologiques de la façade atlantique

2.5.1.2 Présentation qualitative

Des mesures de paramètres ont été faites *in situ* ainsi que des prélèvements pour des analyses en laboratoire. Les résultats sont rassemblés dans le tableau 50.

Sample ID	pH	EC	Ca	Mg	K	Na	Zn
		uS/cm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Nalambo Aval	5,21	29,30	0,00	0,23	0,00	1,87	0,00
Nalambo Amont	4,87	21,70	0,00	0,07	0,00	1,87	0,00
Petit Kobongoue Aval	4,77	17,55	0,00	0,07	0,00	1,56	0,00
Petit Kobongoue Amont	4,47	19,13	0,00	0,00	0,00	1,09	0,00
Grand Kobongoue Aval	4,96	16,30	0,00	0,00	0,00	1,72	0,00
Grand Kobongoue Amont	4,82	16,86	0,00	0,00	0,00	1,72	0,00
Mer	8,07	31,80	205,46	951,67	237,05	135530,63	0,07
Pluie	6,10	80,90	0,00	0,00	0,00	0,22	0,03

Tableau 50: Caractéristiques physico chimiques des eaux des rivières, de la pluie et de la mer dans la zone 1

Sample ID	Cu	Mn	Fe	PO4-P	NH4-N	Total P	Total N	Total Alkalinity	Total Acidity
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	mg/liter	mg/liter
Nalambo Aval	0,00	0,08	0,00	0,01	0,00	0,03	0,24	3,3	98,5
Nalambo Amont	0,00	0,08	0,00	0,01	0,19	0,03	0,01	1,1	96
Petit Kobongoue Aval	0,00	0,08	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0	87
Petit Kobongoue Amont	0,00	0,08	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0	92
Grand Kobongoue Aval	0,00	0,08	0,00	0,01	0,00	0,03	0,01	1,1	57
Grand Kobongoue Amont	0,00	0,08	0,40	0,01	0,25	0,03	0,01	0	120
Mer	0,03	0,08	0,79	0,01	0,00	0,03	0,01	83,6	30
Pluie	0,00	0,08	0,00	0,01	0,37	0,03	0,01	5,5	18

Tableau 51: Caractéristiques physico chimiques des eaux des rivières, de la pluie et de la mer dans la zone 1 (suite et fin)

2.5.2 Ressources en eaux souterraines

2.5.2.1 Présentation quantitative

- **Modèle 3D et évaluation des réserves en eau de l'aquifère en nappe libre du site I**

Les données piézométriques et les différentes cartes ont permis d'établir le modèle 3D de l'aquifère à nappe libre de la zone 1 (Tab. 52 et Fig 75).

Pour une porosité efficace d'environ 3.65% et un volume estimé à 6196226.93 m³, le volume d'eau souterraine du site 1 de la zone d'étude est de 226448.45 m³ d'après l'équation ci-dessous.

$$V_{eau} = \frac{V_{aq} \cdot n_e}{100}$$

- V_{eau} : volume d'eau gravitaire de l'aquifère (en m^3) ;
- V_{aq} : volume total de l'aquifère (en m^3) ;
- n_e : porosité efficace de l'aquifère (en %).

Porosité efficace moyenne	3,65 %
Volume de l'aquifère (m^3)	6196226,9
Volume d'eau souterraine (m^3)	226 448,45

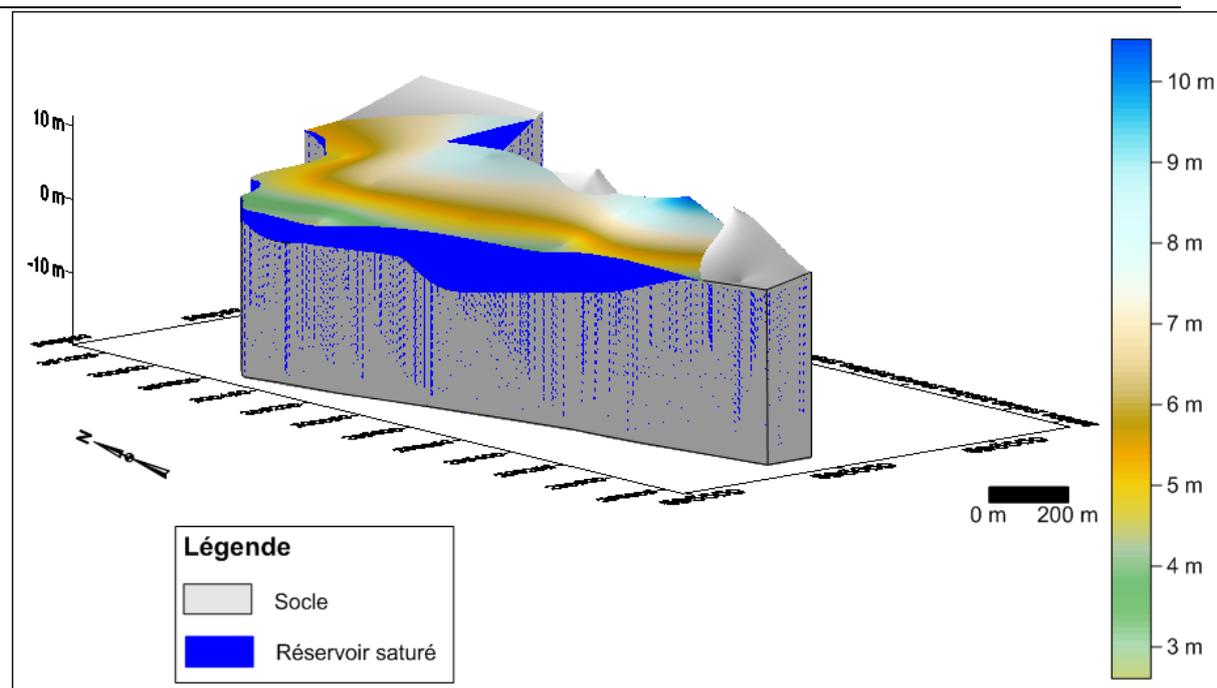


Figure 75 : Modèle 3D du réservoir d'altérites

Tableau 52: Volume d'eau souterraine de la nappe libre du site 1

- **Mécanismes de recharge de la nappe**

La recharge de la nappe libre est fonction de la perméabilité des formations traversées et des échanges entre l'aquifère et la rivière.

Les formations lithologiques du site présentent des perméabilités faibles situées dans la gamme des aquifères médiocres à mauvais (Collin 2004). En effet :

- Si $K \leq 10^{-8}$ m/s, la formation est très peu perméable à imperméable, et non aquifère ;
- Si 10^{-7} m/s $\leq K \leq 10^{-6}$ m/s la formation est peu perméable l'aquifère est médiocre à mauvais ;
- Si $K = 10^{-5}$ m/s la formation est assez perméable, l'aquifère est bon ;
- Si 10^{-4} m/s $\leq K \leq 10^{-2}$ m/s la formation est perméable est l'aquifère est très bon à bon.

Ces formations sont constitués par des sables moyens à fins argileux et très peu perméables (k (m/s) = 3×10^{-6}). Ceci peut s'expliquer par un mélange de grains à granulométrie très hétérogène constitués des sables moyens à fins mélangés aux argiles qui ne facilitent pas l'infiltration des eaux à l'instar des grains homogènes. Cette faible perméabilité couplée à la morphologie plane du site à certains endroits est à l'origine de la stagnation des eaux de surface observée dans la zone d'étude. Cependant, les observations de terrain ont montré que l'eau s'infiltré dans le sol mais avec des vitesses très lentes.

Par ailleurs, l'analyse de la carte piézométrique a montré que les lignes de courant étaient sub parallèles à la direction des cours d'eau. Ceci suppose donc une alimentation préférentielle de la nappe libre par les eaux météoriques au détriment des cours d'eau. Toutefois, un suivi pendant une longue période qui prendrait en compte la saison sèche, l'exécution des essais de pompage et de traçages géochimiques sont indispensables pour mieux appréhender les paramètres hydrodynamiques et les mécanismes de recharge de la nappe.

En absence de données hydropluviométriques sur une longue période sur le petit site d'étude, le bilan hydrique établi dans la région d'après la méthode de Thornthwaite (1954) en prenant en compte les données hydrométriques de la Lobé et les données pluviométriques de la station météorologique de Kribi montre que pour une pluie moyenne interannuelle de 2860.19 mm, 993.25 mm/an soit 34.7% s'évaporent et 1866.94 mm sont disponibles pour l'écoulement de surface et souterrain (Tab.22).

La lame moyenne annuelle d'eau écoulee dans le bassin de la Lobé qui est déduite des débits enregistrés dans la Lobe ($99.9 \text{ m}^3/\text{s}$ et Surface = 2305 km^2) est de 1366.8 mm/an, soit 47.8 % des précipitations moyennes annuelles. Si l'évapotranspiration réelle est de 993.25 mm, la lame d'eau infiltrée est alors de 500.14 mm, soit 17.48 % des précipitations. Cette valeur est du même ordre de grandeur que celle donnée par Kalla Mpako (2007) qui trouve 15,7%. Elle est par contre supérieure aux valeurs obtenues par Zidjom (2008); Fouepé Takoundjou (2010) et Taboue Youmbi (Communication personnelle) qui trouvent respectivement des infiltrations de 10,5 % ; 6 % et 4.5% dans les altérites développés sur socle granito-gneissique de la région de Yaoundé et de ses environs.

La période de recharge de l'aquifère à nappe libre a été également déterminée à partir du bilan hydrique de Thornthwaite (1954). Elle montre que la réserve facilement utilisable (RFU) commence à se constituer à partir du mois de mars et atteint sa valeur maximale (100 mm) 1 mois après, c'est à dire au mois d'avril. Dès ce moment l'excédent des précipitations est disponible pour l'écoulement de surface et pour la percolation. Cette situation dure jusqu'au mois de novembre. La période d'étiage qui correspond au tarissement et à la vidange de la nappe ne dure que 03 mois. Elle commence du mois de décembre à Mars.

2.5.1.2 Présentation qualitative

Il est important de rappeler que les paramètres physico-chimiques qui ont été retenus dans le cadre de ce travail sont : le pH, la conductivité, les éléments majeurs (cations et anions) et certains éléments en traces indésirables. Les résultats de cette analyse sont consignés dans le tableau 53.

	p			M				C	M		PO	NH	Tot	Tota	Alk	Acid
Ech	H	EC	Ca	g	K	Na	Zn	u	n	Fe	4-P	4-N	al P	I N	Tot	Tot
		uS/ cm	pp m	ppm	ppm	mg/l	mg/l									
P1	7,	138	22,	0,	5,	5,5	0,	0,	0,	0,	0,0	0,3				
21	17	,50	03	55	37	9	00	00	08	00	1	1	0,03	0,01	58,3	53
P3	4,	31,	0,0	0,	1,	1,6	0,	0,	0,	0,	0,0	0,0				
21	84	60	0	23	23	4	00	00	08	99	1	0	0,05	0,32	n.d	n.d
P4	5,	63,	2,8	0,	5,	2,5	0,	0,	0,	0,	0,1	0,0				
21	75	10	9	00	77	1	00	00	08	40	1	0	0,03	0,01	4,4	56
P5	5,	34,	0,5	0,	0,	33,	0,	0,	0,	0,	0,0	0,1				
21	52	40	0	00	00	06	00	00	08	00	1	9	0,03	0,01	4,4	168
P6	5,	27,	2,1	0,	0,	2,5	0,	0,	0,	0,	0,0	0,7				
21	01	70	0	55	00	8	00	00	08	00	5	8	0,03	0,01	1,1	50
P8	5,	58,	2,8	0,	0,	7,1	0,	0,	0,	0,	0,0	0,2				
21	76	00	9	00	27	7	03	00	08	00	1	5	0,03	0,01	8,8	173
P9	5,	30,	0,5	0,	0,	2,0	0,	0,	0,	0,	0,0	0,0				
21	38	40	0	00	99	3	00	00	08	00	1	2	0,03	0,01	3,85	210
P10	5,	10,	0,0	0,	0,	1,5	0,	0,	0,	0,	0,0	0,1				
21	89	26	0	00	00	6	00	00	08	00	1	3	0,03	0,01	n.d	57

Tableau 53: Paramètres physico chimiques du site I de la zone d'étude

2.5.3 Analyse et commentaires des résultats d'analyse des eaux

Dans l'ensemble, les eaux de la nappe libre du site I sont acides ($4.84 \leq \text{pH} \leq 5.89$) à l'exception des eaux prélevées dans le piézomètre P1Z1 ($\text{pH} = 7.17$) qui est un puits aménagé servant d'alimentation en eau potable aux habitants du campement.

Ce sont des eaux caractérisées par des minéralisations très faibles à faibles car les conductivités électriques sont dans l'ensemble inférieures à $65 \mu\text{S}/\text{cm}$ (Detay, 1993 ;

(Tab. 54) sauf pour le puits P1Z1 qui enregistre une conductivité électrique de 138.50 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Conductivité électrique ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Minéralisation
<100	Très faible
100 à 200	Faible
200 à 400	Peu accentuée
400 à 600	Moyenne
600 à 1000	Importante
>1000	Excessive

Tableau 54: Relation entre conductivité et minéralisation (Detay 1993).

En ce qui concerne les cations majeurs, les ions sodium sont les éléments les plus représentés ; ils sont suivis par les ions calcium. Le magnésium et le potassium sont peu significatifs. La forte teneur en calcium observée dans le piézomètre P1Z1 provient du béton (ciment) qui a permis l'aménagement de ce puits.

Tous les anions majeurs n'ont pas été analysés dans leur totalité. L'alcalinité totale mesurée dans ces eaux représente majoritairement les bicarbonates (HCO_3^-) qui sont bien représentés. Ils proviennent de la relation gaz carbonique atmosphérique avec de l'eau et de l'oxydation de la matière organique des sols. L'azote total et le phosphate total sont inexistantes. Il en est de même pour l'azote sous forme ammoniacal et nitrates.

Les éléments en traces représentés ici par le zinc et le cuivre sont quasi inexistantes dans les eaux de la nappe libre du site I. On trouve un peu du fer dans les piézomètres P3Z1 et P4Z1.

Dans l'ensemble, la qualité des eaux de nappe du site répond aux normes de qualité des eaux de consommation fixées par l'OMS (1982) sauf pour le pH et le fer (Tableau 55).

Paramètres	Unités	Valeurs OMS	Normes
Température	T°	non fixée	
Turbidité	Turb NTU	5	
PH	-	6,5 à 8,5	
Dureté totale	TH °F	non fixée	
Dureté calcique	TH Ca °F	non fixée	
Dureté magnésienne	TH Mg °F	non fixée	
Chlorures	Cl	35	
Oxygène dissous	O ² mg/l	non fixée	
Silice	SiO ₂ mg/l	non fixée	
Sulfates	(SO ₄) ²⁻ mg/l	400	
Nitrates	NO ³⁻ mg/l	40	
Nitrites	NO ²⁻ mg/l	non fixée	
Ammonium	NH ₄ ⁺ mg/l	non fixée	
Calcium	Ca ²⁺ mg/l	500	
Magnésium	Mg ²⁺ mg/l	500	
Manganèse	Mn ²⁺ mg/l	0,1	
Fer	Fe ²⁺ mg/l	0.3	
Aluminium	Al ³⁺ mg/l	0,2	
Sodium	Na ⁺ mg/l	200	
Potassium	K ⁺ mg/l	non fixée	
Résidu sec à 100°c	mg/l	1000	

Tableau 55: Normes des eaux de consommation fixées par l'OMS (1982)

III-1-3-2- Paramètres bactériologiques

Les paramètres bactériologiques qui ont fait l'objet de cette étude sont les germes aérobie à 37°C ; les coliformes totaux ; les streptocoques fécaux (SF) et les coliformes fécaux (CF).

Les résultats des analyses sont consignés dans le tableau 56.

L'analyse bactériologique de l'eau a pour but de mettre en évidence la présence des bactéries qui modifie l'aptitude d'une eau à une utilisation donnée. Ces organismes intègrent plusieurs caractéristiques telles que :

- la provenance exclusive des matières fécales des animaux à sang chaud ;
- la résistance aux antiseptiques voisins de ceux des bactéries pathogènes ;
- leur non-prolifération anarchique dans la nature ;
- la production des réactions simples et spécifiques au cours de leur étude ;
- leur apparition en très grand nombre dans le milieu par rapport aux germes pathogènes.

La présence de germes aérobie, des coliformes totaux, des streptocoques et des coliformes fécaux dans tous les eaux de la nappe libre du site témoignent ainsi d'une contamination fécale.

2.5.4 Paramètres bactériologiques

	Lieu	Date de Prélèvement (effectué)	Date de Prélèvement (reçu)	Méthode utilisée	Germes recherchés	Résultats en unités formatrices de colonies (UFC)	Critères Microbiologiques	Conclusions
RESULTATS D'ANA	P1Z1	08/11/2010	09/11/2010	Norme AFN	Germes aérobies à 37°C	>300/ml	<20/ml	EAU DE QUALITE NON

LYSE N°192 6				OR NF T90- 420	Coliformes Totaux	>2000/ 100ml	0/100ml	SATISFAIS ANTE AUX CRITERES MICROBIO LOGIQUES ANALYSES . Ref: NF du 5 Avril 2007
					Coliformes fécaux	>2000/ 100ml	0/100ml	
					Streptocoques fécaux	>100/ 100ml	0/100ml	
RESULTATS D'ANALYSE N°192 3	P4Z 1	08/11/ 2010	09/11/2 010	Norme AFNOR NF T90- 420	Germes aérobies à 37°C	>300/ ml	<20/ml	EAU DE QUALITE NON SATISFAIS ANTE AUX CRITERES MICROBIO LOGIQUES ANALYSES . Ref: NF du 5 Avril 2007
					Coliformes Totaux	100/10 0ml	0/100ml	
					Coliformes fécaux	<1/100 ml	0/100ml	
					Streptocoques fécaux	30/100 ml	0/100ml	
RESULTAT D'ANALYSE N°193 0	P5Z 1	08/11/ 2010	09/11/2 010	Norme AFNOR NF T90- 420	Germes aérobies à 37°C	>300/ ml	<20/ml	EAU DE QUALITE NON SATISFAIS ANTE AUX CRITERES MICROBIO LOGIQUES ANALYSES . Ref: NF du 5 Avril
					Coliformes Totaux	>2000/ 100ml	0/100ml	
					Coliformes fécaux	<1/100 ml	0/100ml	
					Streptocoques	<1/100 ml	0/100ml	

					fécaux			2007
RESULTAT D'ANALYSE N°1927	P10Z	08/11/ 2010	09/11/2 010	Norme AFNOR NF T90- 420	Germes aérobies à 37°C	>300/ ml	<20/ml	EAU DE QUALITE NON SATISFAIS ANTE AUX CRITERES MICROBIO LOGIQUES ANALYSES . Ref: NF du 5 Avril 2007
					Coliformes Totaux	>2000/ 100ml	0/100ml	
					Coliformes fécaux	60/100 ml	0/100ml	
					Streptocoques fécaux	50/100 ml	0/100	

Tableau 56: Paramètres bactériologiques du site I de la zone d'étude

3. IMPACTS LIÉS AU TERRASSEMENT PRÉVU SUR LE SITE

3.1 Impacts prévus sur l'hydraulique

Le terrassement prévu affectera en premier les lits des cours d'eau qui de ce fait entraîneront des modifications des régimes hydrauliques de ces derniers et ce faisant, leurs caractéristiques originales. Si l'évidente obstruction des drains n'est pas accompagnée d'une artificialisation des lits, il est à craindre que le remblai mis en place ne s'engorge d'eau.

Ce chapitre ne peut cependant être convenablement développé que lorsque la désignation des travaux et l'affectation des sols seront faites.

Les terrassements prévus dans la zone 1 impacteront les ressources en eau de la façon suivante :

- Augmentation de la turbidité de certains cours d'eau du fait du foisonnement des terres pendant les travaux ;

- Possibilités pollution des ressources en eau par lessivage des hydrocarbures dans les eaux de surface et infiltration dans les eaux souterraines ;

3.2 Impacts prévus sur l'hydrologie

Les impacts sur l'hydrologie ne peuvent être valablement évalués à cette étape de l'étude. Ceci se fera dans la suite des travaux après l'exploration des biefs amont des cours d'eau.

Il est cependant à craindre une pollution des eaux qui va entraîner des maladies d'origine hydriques du fait des pollutions diverses qui affectent les ressources en eau de surface (Tous les riverains ne s'approvisionnent en eau de boisson qu'à partir des cours d'eau).

La stagnation des eaux en surface accentuera la prolifération des insectes.

3.3 Impacts prévus sur l'hydrogéologie

Les grands ouvrages de terrassement perturberont la perméabilité des sols de la zone, compte tenu de la compaction qui s'en suivra.

L'important potentiel en eaux souterraines du site investigué le prédispose à une exploitation intensive dans un proche avenir d'autant plus que la zone 1 abritera des établissements de type industriels et commerciaux. Le risque d'intrusion des eaux saumâtres de la mer dans ces aquifères pour cause d'excès de pompage doit être envisagé avec force et des études minutieuses devront être menées en vue de prescrire d'avance les seuils autorisés de pompage.

La vulnérabilité des premiers niveaux du sous-sol en termes de diffusion de contaminations anthropiques devra être prise en considération dans les plans d'aménagement du site, surtout en matière d'assainissement et de drainage.

4. MESURES D'ATTÉNUATION ET DE BONIFICATION

4.1 Propositions d'aménagement des cours d'eau

Compte tenu de la dynamique fluviale des différents cours d'eau de la zone, il est recommandé que deux des cours d'eau servent comme drains principaux de l'Est vers l'Ouest. Il s'agit des cours d'eau Dibètè et Etoumbwé. Les autres ruisseaux intermédiaires devraient être orientés vers ces deux drains principaux par des collecteurs réalisés en amont de la zone de terrassement. Les deux drains principaux seront ainsi aménagés pour les rendre compatibles avec l'objectif recherché. Sommes toutes, des actions de recalibrage seront nécessaires. Celles-ci devront être réalisées dans le strict respect des fonctions desdits cours d'eau.

4.2 Mesures de protection et de gestion des eaux

La zone de terrassement est drainée par plusieurs cours d'eau. Ces ressources en eau seront affectées par les travaux de terrassement qui sont programmées dans la phase 1 des travaux. En vue d'assurer une bonne protection de ces ressources contre les pollutions éventuelles générées par l'activité qui prendra naissance sur ce site, il est nécessaire de prendre un minimum de mesures notamment :

- Prendre en compte les niveaux statiques de l'aquifère à nappe libre du site pendant les terrassements ;
- Prendre en compte les courbes isopaches et isobathes du site pendant la phase de terrassement ;
- Aménager des sources d'eau alternatives pour les populations riveraines ;
- Prendre en compte les principales directions de failles, de fractures et du sens des écoulements des eaux pendant les phases de terrassement et d'aménagement du site ;
- Eviter les déversements des hydrocarbures sur le site des travaux et prévoir les mesures d'urgences en cas de déversement accidentels ;

- Mettre en place des dispositifs de traitement des déchets solides et liquides générés par les activités du projet ;
- Mettre en place des infrastructures d'assainissement pour garantir l'hygiène du milieu ;
- Faciliter la circulation des eaux pluviales et d'écoulement ;
- Eviter la sédimentation et l'assèchement des lits de cours d'eau,
- Stabiliser des berges des lits de cours d'eau ;
- Mettre en place des mesures de prévention et de protection des nappes aux pollutions diverses (Géo membrane, argiles, bâches,...) ;
- Sensibiliser et éduquer des populations riveraines aux risques liés à la gestion et à la protection des ressources en eau ;

Les résultats d'analyses géochimique et bactériologique des eaux de surface et de la nappe libre du site ont mis en évidence des eaux acides, très peu minéralisées et vulnérables à la pollution biologique (contamination fécale). Cette acidité des eaux est due à la présence d'un socle granito gneissique couvert par des épaisses couches de sols ferralitiques qui sont tous acides. Le bassin est également couvert par une forêt dense qui libère dans les eaux les acides humiques et fulviques qui sont à l'origine de la complexation du fer libre et de la coloration brune des eaux d'écoulement du site d'étude.

Quant aux faibles minéralisations des eaux de la nappe libre, elles sont dues à la nature lithologique silicatée du substratum rocheux (granito gneissique), à son âge (archéen ; 2600 millions d'années) et aux épaisses couches de sols qui le couvrent et qui empêchent l'altération de cette roche sous-jacente. Par ailleurs les rapports caractéristiques des ions inférieurs à 1 mettent en évidence les processus d'échange ionique, d'adsorption et d'hydrolyse des argiles responsables de la faible minéralisation des eaux de nappe.

En absence de sources de pollutions ponctuelles ou diffuses (rejets et effluents des industries, intrants agricoles, hôpitaux, villes, mines, etc.) en amont et dans le site

d'étude, les pollutions chimiques (organiques et minérales) n'ont pas été détectées pour le moment dans le site I de la zone d'étude.

La vulnérabilité de ces eaux est liée à la présence des germes pathogènes dans toutes les eaux de nappes analysées qui sont à l'origine de leur contamination biologique. Ces bio indicateurs de contamination fécale sont représentés par les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux dont les représentants les plus connus sont *Escherichia Coli* et *Streptococcus faecalis*. Les sources de ces contaminations fécales dans le site d'étude sont la présence des latrines à fond perdu, le manque d'assainissement individuel, le manque de toilettes, la divagation des animaux domestiques tels que chats, poulets, chèvres, porcs, etc.

Compte tenu des résultats précédents, il est indispensable d'observer quelques précautions

4.3 Base de données des ressources en eau SIG (Système d'information Géographique)

Un SIG (Système d'Information Géographique) est un système informatique permettant, à partir de diverses sources, de rassembler et d'organiser, de gérer, d'analyser et de combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement, contribuant notamment à la gestion de l'espace. Dans le cadre du projet de construction du port en eau profonde de Kribi, c'est un outil indispensable pour la gestion efficace des différentes ressources.

Le développement de la base de données s'est fait en plusieurs étapes :

- La conception de l'architecture de la base de données ;
- La collecte des données ;
- La mise au format des données.

4.3.1 Conception de l'architecture de la base de données

Pour ce qui est de la conception de l'architecture de la base de données, il a fallu :

- Identifier les différentes interfaces ou couches thématiques ;
- Concevoir la structure des tableaux attributaires de chaque interface ;
- Choisir un format qui puisse être utilisé par un grand nombre d'applications.

4.3.2 Collecte des données

Une fois l'architecture de la base de données conçue, il a fallu recueillir des informations de natures diverses (géologie, pédologie, végétation, hydrographie, démographie, organisation administrative, etc.) en établissant des procédures rigoureuses pour le contrôle de la qualité des données. Certaines données ont été collectées au cours des travaux de terrain. Il s'agit notamment des données hydrogéologiques, des données botaniques, hydrologiques, hydrauliques.

4.3.3 Mise en format

La mise au format a consisté en

- La numérisation des cartes ;
- Le géoréférencement des cartes dans un référentiel géodésique commun : UTM WGS84 ;
- La digitalisation de ces cartes afin d'obtenir des couches thématiques au format vecteur ;
- La spatialisation des données par krigeage pour les couches thématiques au format raster.

4.3.4 Interfaces de la base de données SIG

Les différentes interfaces de la base de données SIG sont les suivantes :

- Le Modèle Numérique de Terrain ;
- La distribution spatiale des pentes ;
- Les niveaux piézométriques ;
- La morphologie du toit du socle ;
- L'état d'occupation des sols ;
- Les zones inondables ;
- Le réseau hydrographique ;
- Les bassins versants ;
- L'habitat ;
- Les voies de communication ;
- Les ouvrages de franchissement des cours d'eau ;
- La géologie ;
- La zone I ;

- La zone de terrassement.

Les quatre premières couches sont au format raster d'ESRI, cependant toutes les autres couches sont au format vecteur. Cette base de données est disponible sur un CD ROM avec des informations relatives aux différentes couches.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Il ressort des investigations menées au terme de la première phase de l'Étude hydraulique, hydrologique et hydrogéologique de la zone affectée au Projet de construction du port en eau profonde de Kribi qu'elles ont été conduites dans souci de double conformité contractuelle et professionnelle. Il a fallu tenir les délais impartis, sans pour autant sacrifier les règles de l'art.

La zone 1 est comprise dans un espace plus vaste dont la géologie dévoile deux faciès pétrographiques importants pouvant servir à la caractérisation de la zone 1 sont : les gneiss granulitiques et les quartzites micacées. Ce dernier faciès a un potentiel hydraulique très important, à cause de son état de fracturation intense. Par ailleurs, la sismicité enregistrée dans la zone demande que ce paramètre soit pris en compte dans la conception du projet, et en cas de construction de gros ouvrages. Les sols de la zone présentent des caractéristiques physiques pauvres. Cet aspect appelle l'attention des projeteurs et leur présence d'une nappe perchée ou temporaire, indiquant que malgré la vitesse d'écoulement réduite, le sol parvient à drainer les eaux de surface.

Bibliographie

- B. Lepoutre (1951). Etudes pédologiques dans la région de Kribi. Institut de Recherches

BANTON O., BANGOY MULONGO L., (1996). A new method to determine storage coefficient from pumping test recovery data. GROUND WATER, vol. 34 N° 5, pp 775 – 777.

BANTON O., BANGOY MULONGO L., (1997). HYDROGÉOLOGIE, multi science environnementale des eaux souterraines. Press. Univ. Québec. AUPELF. UREF, 460 p.

BUCREP (2010), Rapport de présentation des résultats définitifs du 3^e RGPH,

Carte géologique de l'Afrique Equatoriale Française et du Cameroun, Feuille Sud-ouest , au 1 / 2 000 000 ; M. Nikles, 1952

Carte géologique de reconnaissance du Cameroun au 1 / 500 000, feuille Yaoundé-Ouestest; G. Champetier de Ribes, 1957.

Carte géologique du Cameroun au 1 / 1 000 000, J. Gzel, 1952.

Carte géologique du Sud-ouest Cameroun au 1 / 500 000; P. Maurizot, 1986.

CASTANY G., (1982). Principes et méthodes de l'hydrogéologie. Éd Bordas, Paris, 236 p.

CASTANY G., (1998). Principes et méthodes de l'hydrogéologie. Éd. Dunod, Paris V, 236 p.

CHAPUIS R.(2007). Guide des essais de pompage et leurs interprétations, bibliothèque et archives nationales du Québec, 163 p.

COLLIN J.J., (2004). Les eaux souterraines. Connaissance et gestion. Éd. BRGM, 174 p.

DETAY M. (1993). Forage d'eau (réalisation, entretien, minéralisation). Ed. Masson, Paris, 380p + annexes

DJEUDA TCHAPNGA H.B., TANAWA E., TEMGOUA E., SIAKEU J., NGO MASSANA B., (1999). Modèles de circulation, mécanismes de recharge et temps de séjour des eaux souterraines des altérites en milieu cristallin : cas du bassin versant de l'Anga'a, Yaoundé – Cameroun. Collect. GÉOCAM, 2/1999, Éd. Sci. : VICAT J.P., BILONG P., Éd. Press. Univ. de Yaoundé, pp 117 – 126.

FOUEPE A.T.; KENGNI; L. GURUNADHA RAO V.V.S.; NDAM NGOUPAYOU J.R. (2009). Transfer of moisture through the unsaturated zone in the tropical forest using the neutron probe. International Journal of Environmental Science & Technology (IJEST), 6, (3), 379-388

GWP-CRM/MINEE (2009), Etat des lieux du secteur de l'eau, volet financier, économique et social, P. XI.

<http://www.culturevive.com/cameroun/economie/kribi.htm> du 15 novembre 2010,

« **Kribi aura son port en eau profonde à l'Horizon 2013** » ;

<http://www.kribiport.cm/fr> du 15 novembre 2010, Prévission du Trafic portuaire .

INS/ECAM3 (2008) Conditions de vie des populations et profil de pauvreté au Cameroun en 2007, P. 17.

J. Vivien et J. J. Faure (1985). Les Arbres des forets denses d'Afrique Centrale Espèces du Cameroun. Ministère des relations extérieur Coopération et Développement. ACCT. 563 p.

J.Embrechts, F. Ninane & M. Franc (1976). Les sols à palmier de Kribi. SOCAPALM
KALLA MPAKO FELIX (2007). Caractérisation physique et hydrodynamique de l'aquifère à nappe libre du bassin versant du Ntem à Yaoundé Cameroun). Mém. DEA, Fac. Sci. Dép. Sciences de la Terre. Univ. Yaoundé I, 97p.

M. G. P.Tchouto, J J F E. DE Wilde, W F de Boer, L. J G vander Moesen et A. M. Clef (2009). Bio indicator species and Central African rain forest refuges in the Campo Ma'an area Cameroon. Systematics and Biodiversity 7 (1). 21-31

MINEE (2007), « La desserte en eau urbaine au Cameroun : alimentation en eau urbaine au Cameroun », Rapport d'étude, 8 pages.

MINEE (2007), « Politique nationale d'approvisionnement en eau potable et d'assainissement en milieu rural », Rapport d'étude, 50 pages

MINEE (2007), Lettre de politique sectorielle de l'hydraulique urbaine.

MINEPAT(2009), DSCE, P.54

MINMEE (2007), Politique d'AEPA en milieu rural – Plan d'action 2008-2015, 63 pages.

Munsell Soil Color charts (Edition 1975).

MUSY A., (2004). Cours d'hydrologie générale. Section SIE et GC. 4e semestre. Laboratoire d'Hydrologie et Aménagement (HYDRAM) ; Institut des Sciences et Technologies de l'Environnement (ISTE) ; Ecole Polytechnique Fédérale (EPFL).

MUSY A., SOUTTER M., (1991). Physique du sol. Press. Polytech. et Univ. Romandes, Lausanne, 331 p.

OLIVRY J.C., (1986). Fleuves et rivières du Cameroun. Monographies hydrologiques, MESRES/ORSTOM, n° 9, 733 p.

PORCHET M., (1931). Hydrodynamique des puits. Ann. du Génie Rural, fasc. 60.

R. Letouzey (1983) Manuel de Botanique Forestière Afrique Tropicale Tome 2 B. Familles 2^e Partie Centre Technique Forestier Tropical 45 bis Av. de la Belle-Gabrielle, 94130 Nogent-sur- Marne (France).

R. Letouzey (1985) Notice de la carte phytogéographique du Cameroun

R. Letouzey (1986) Manual of Forest Botany Tropical Africa vol. 2 A. Familles 1st Part. Centre Technique Forestier Tropical 45 bis Av. de la Belle-Gabrielle, 94130 Nogent-sur- Marne (France).

R. Schnell (1971) Introduction a la Phytographie des pays tropicaux les problèmes généraux vol. II les milieux les groupements végétaux Gautier-Villars Editeurs 55, quai des Gtands-Augustins, Paris 6^e

RÉMÉNIÉRAS G., (1972). Hydrologie de l'ingénieur. 3e Éd. Eyrolles, Paris, 454 p.

Scientifiques du Cameroun (IRCAM). Report P 9.

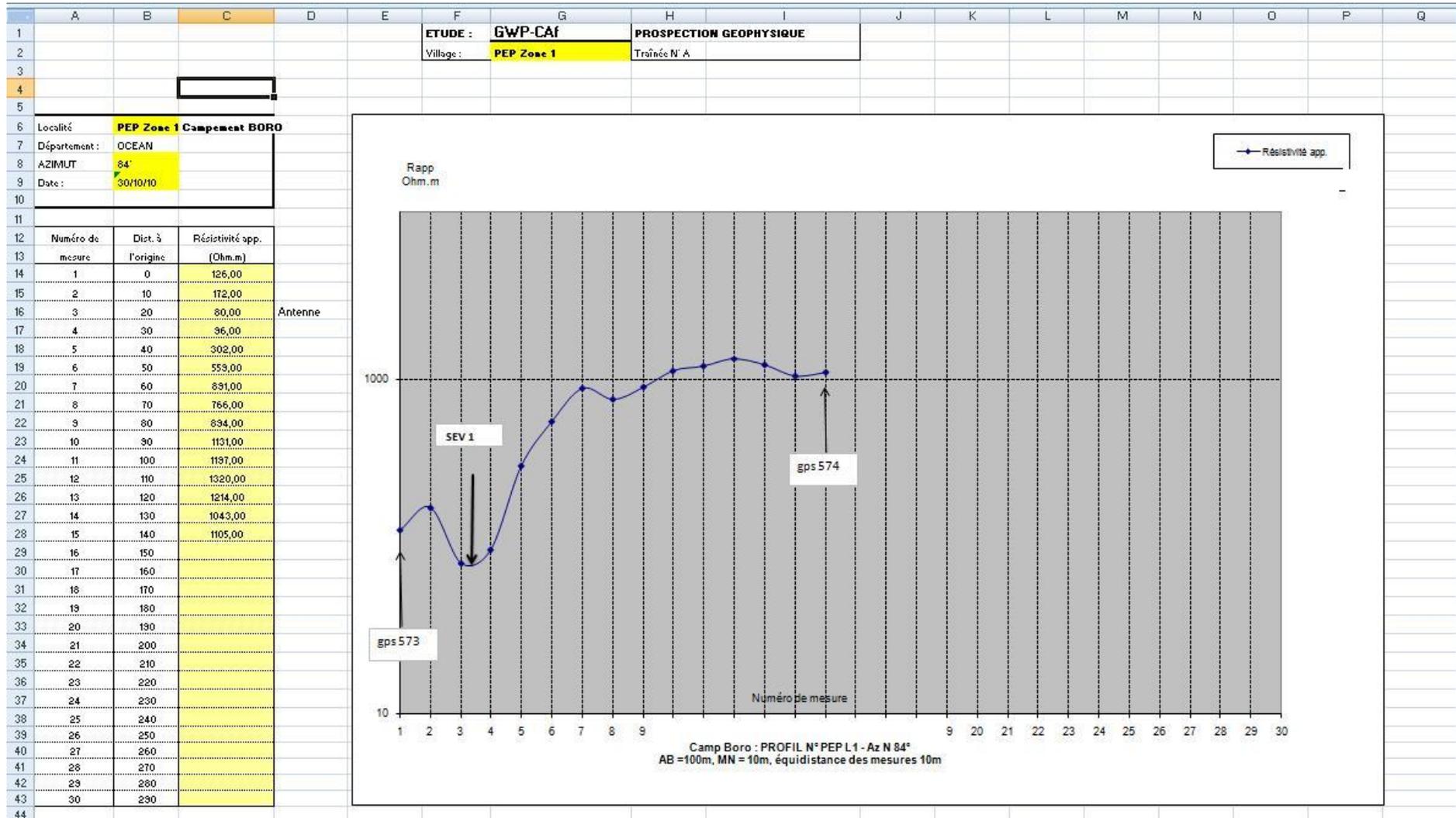
Terry C. H. Sunderland, Christopher Ros, James A. Comiskey et Augustin Njimnshin (1996). The Vegetation of the Campo faunal Reserve and Ejagham Forest Reserve, Cameroon. International Cooperative Biodiversity Group (ICBG). Associate Program I

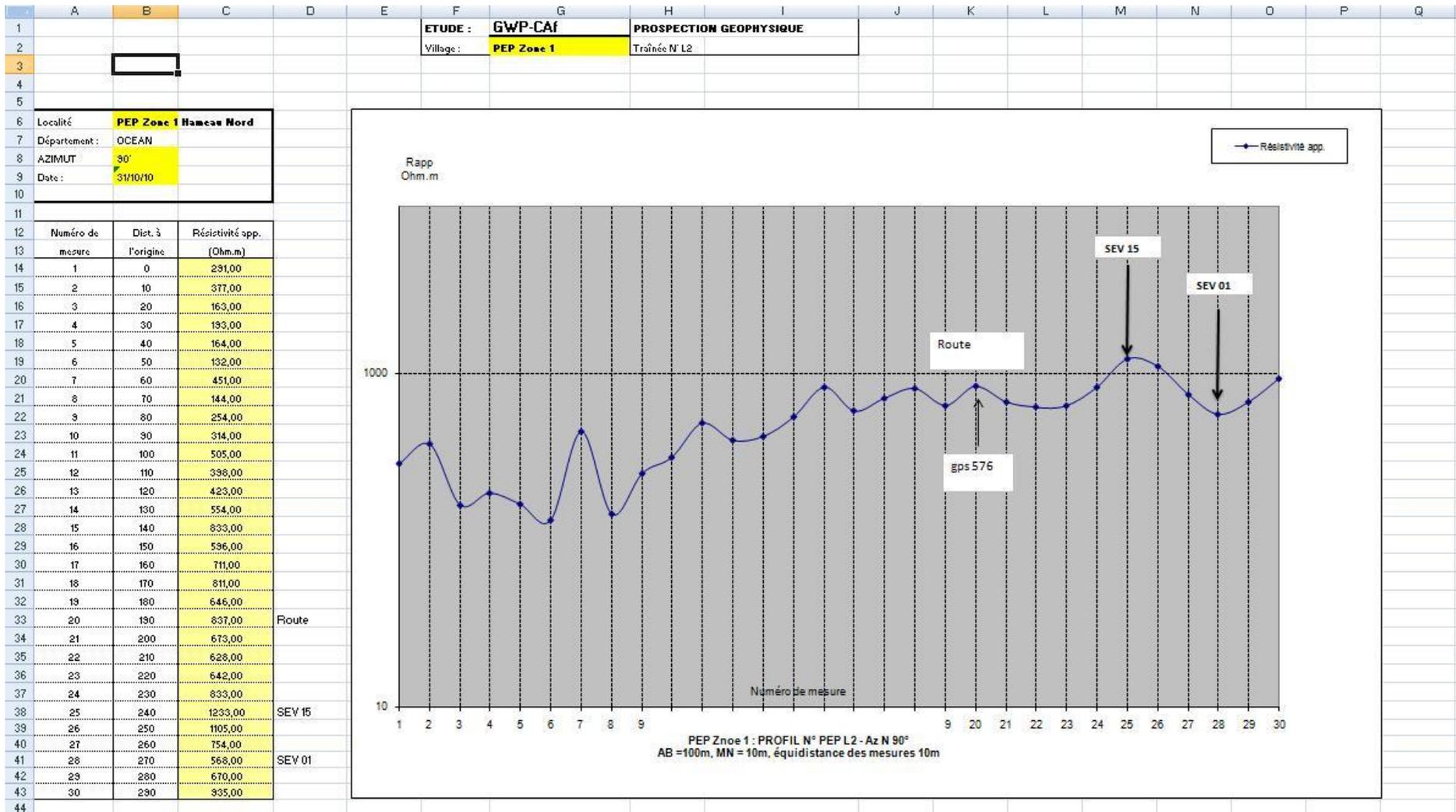
THORNTHWAITE C. W., (1954). The measurement of potential evapotranspiration, John P. Mather Seebrook, New Jersey, 222 p.

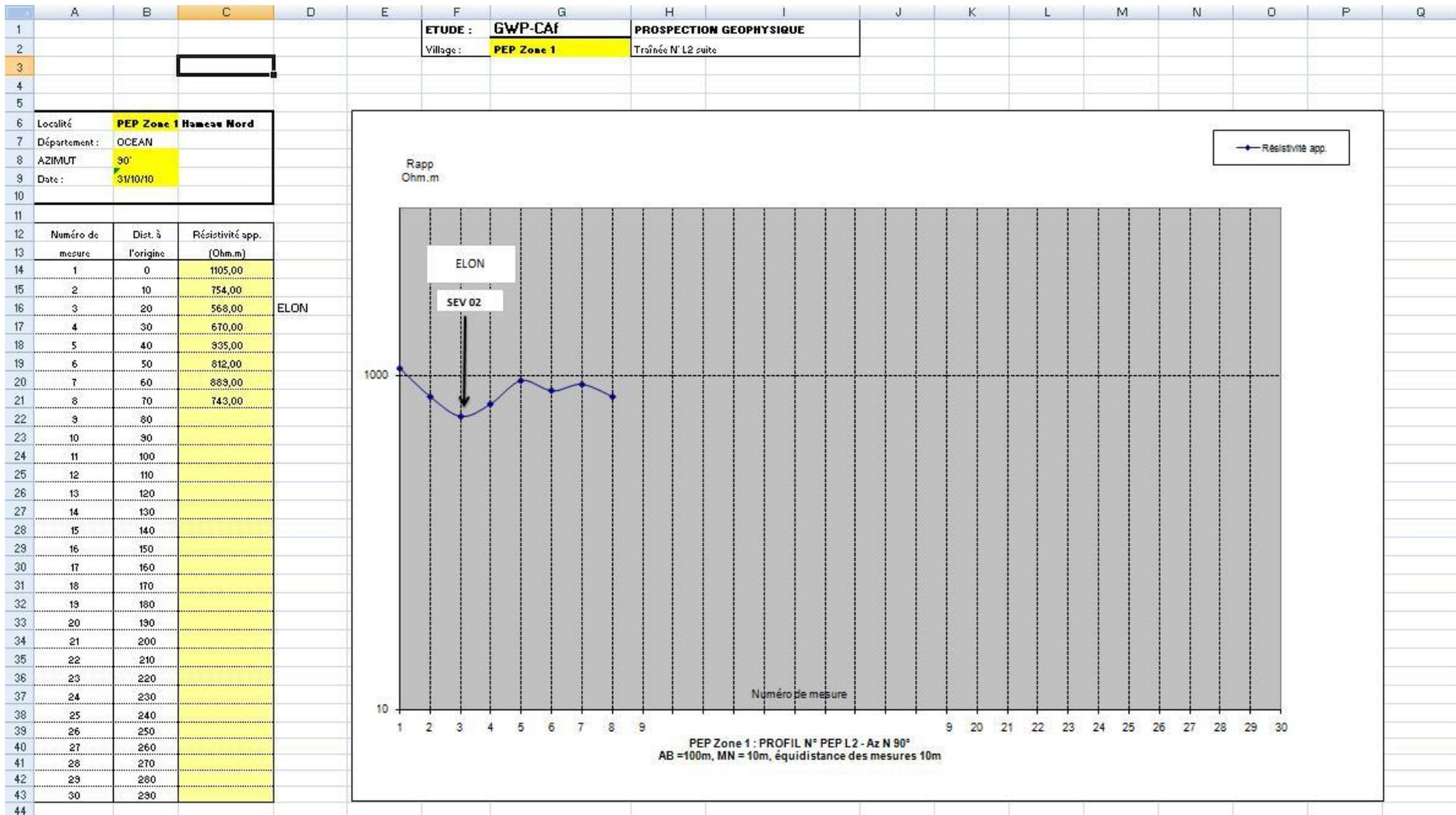
ZIDJOM PIERRE. G., (2008). Hydrodynamique et qualité des eaux des nappes dans le bassin versant du Mfoundi Amont : secteur Nord de la ville de Yaoundé - Cameroun. Mém. DEA. Univ Yaoundé I, Fac Sci. Dpt Sciences de la Terre. 96p.

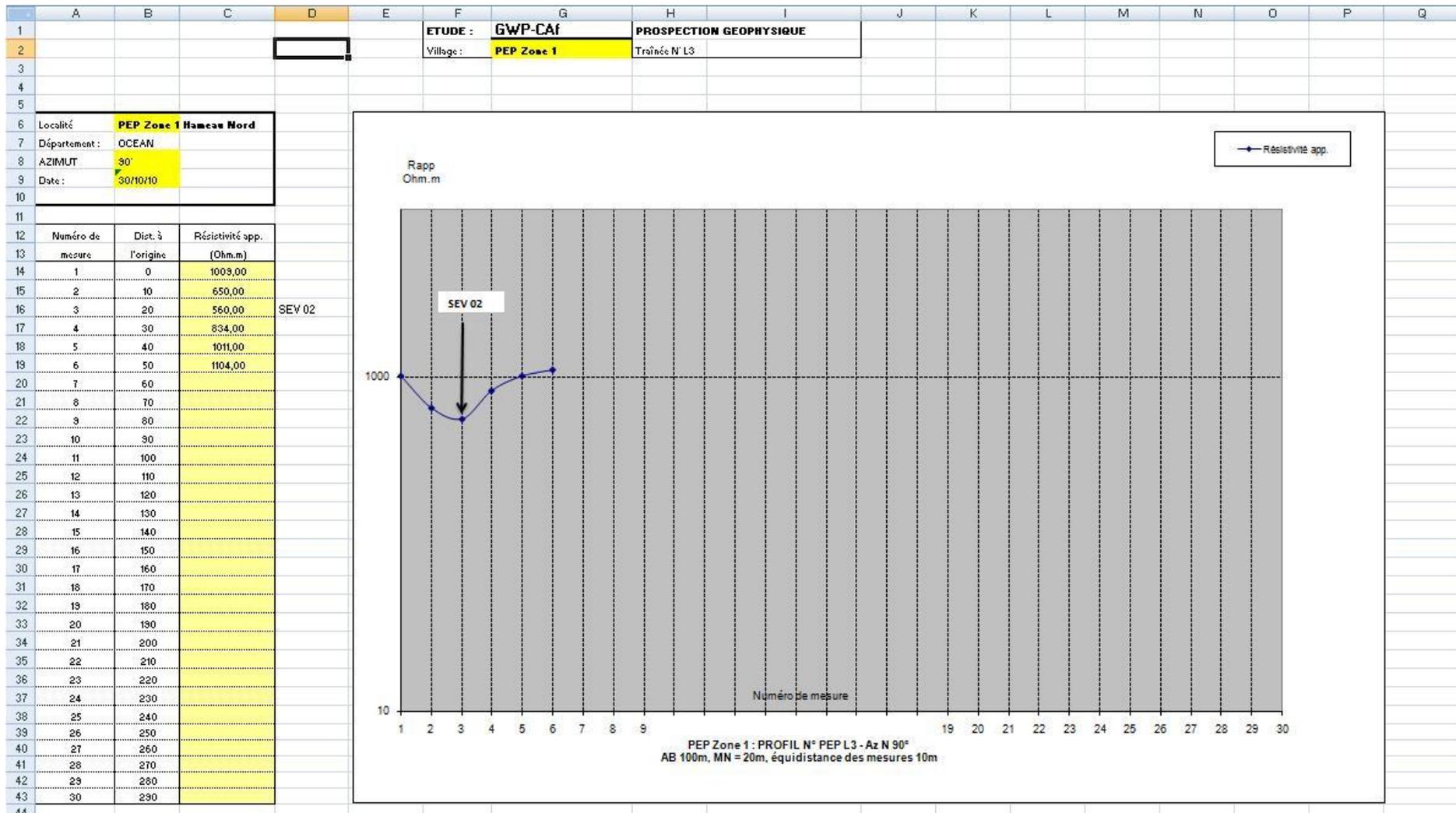
ANNEXES

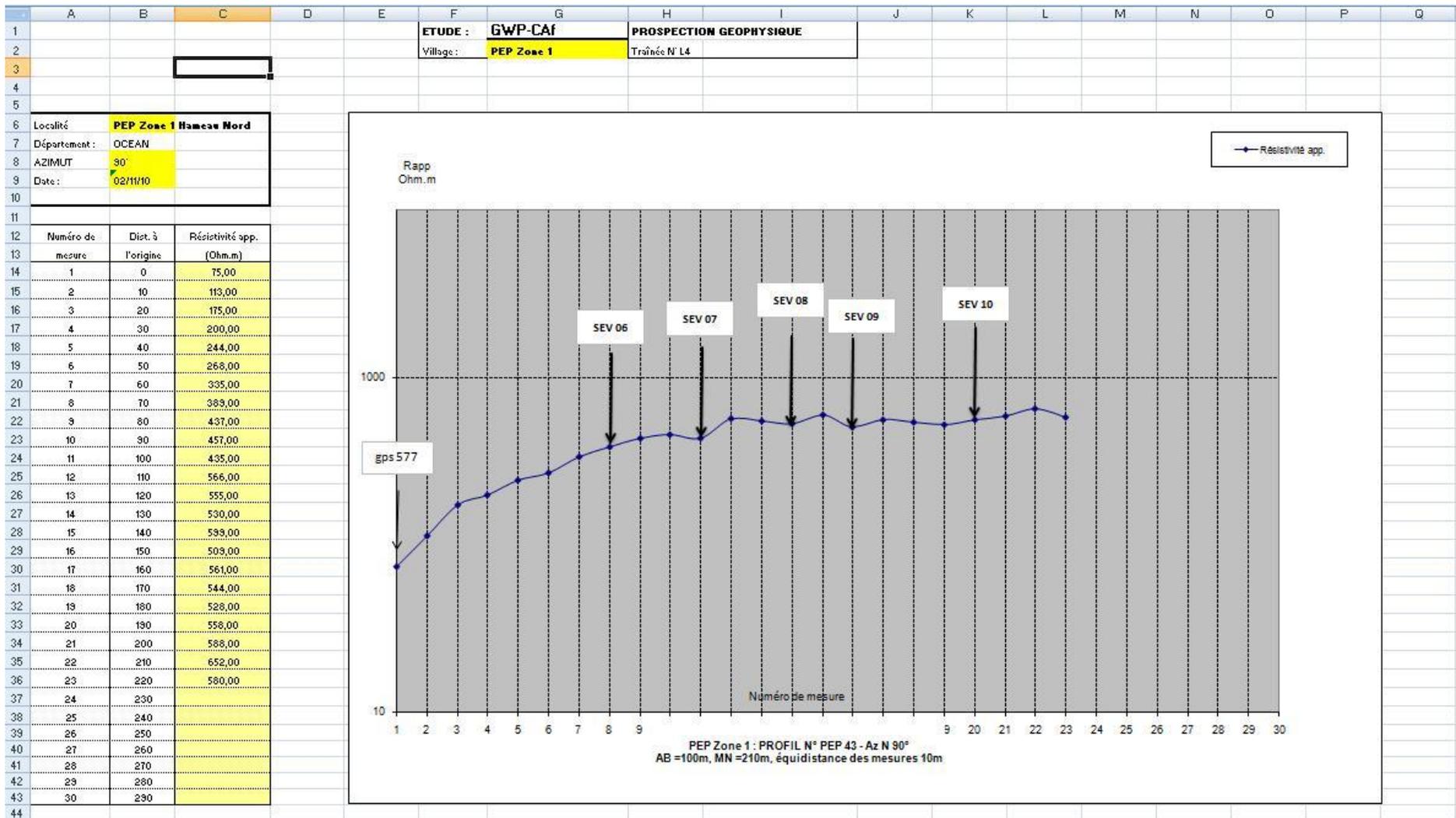
ANNEXE 1 : PROJECTIONN GEOPHYSIQUES

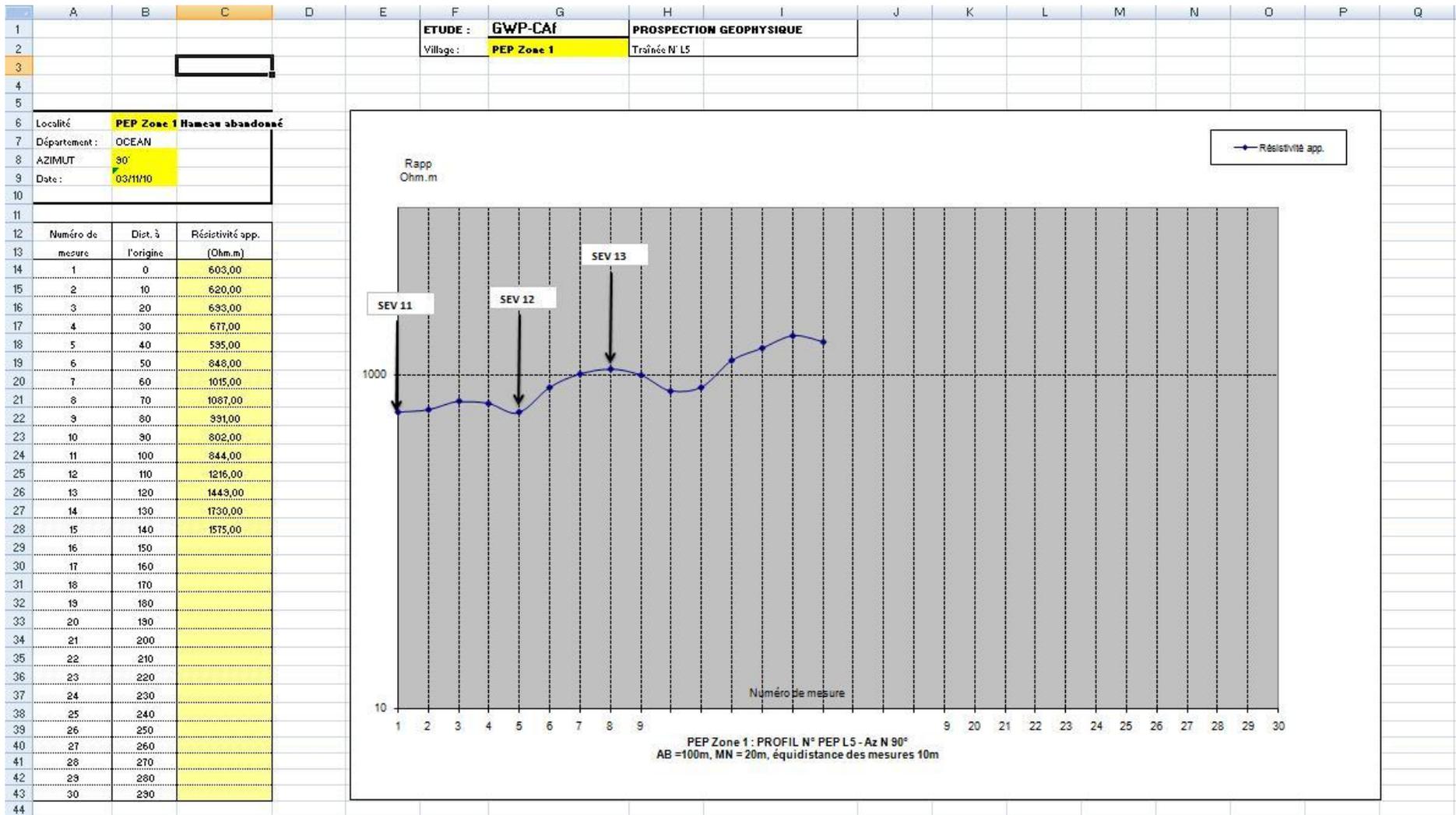


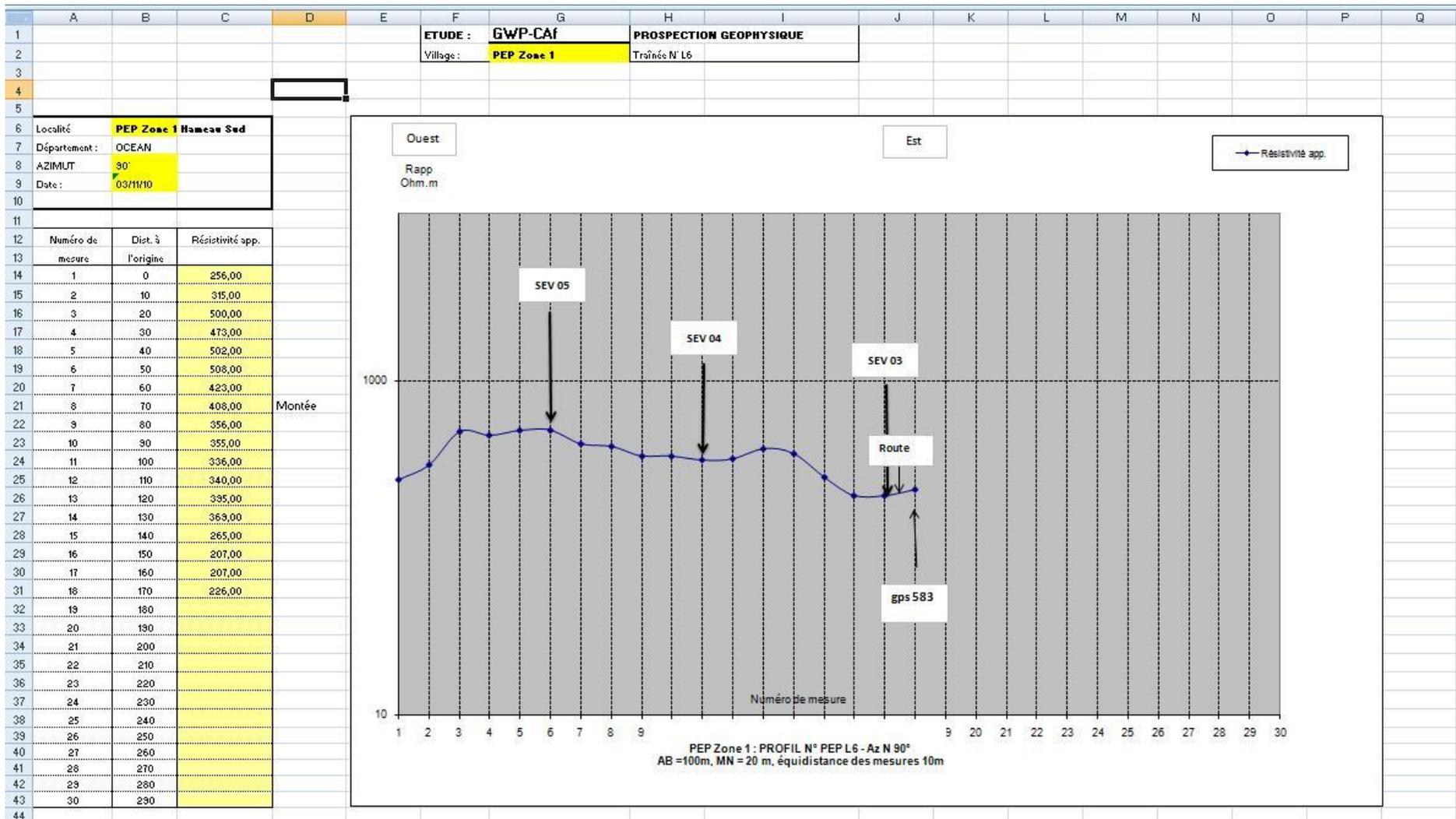


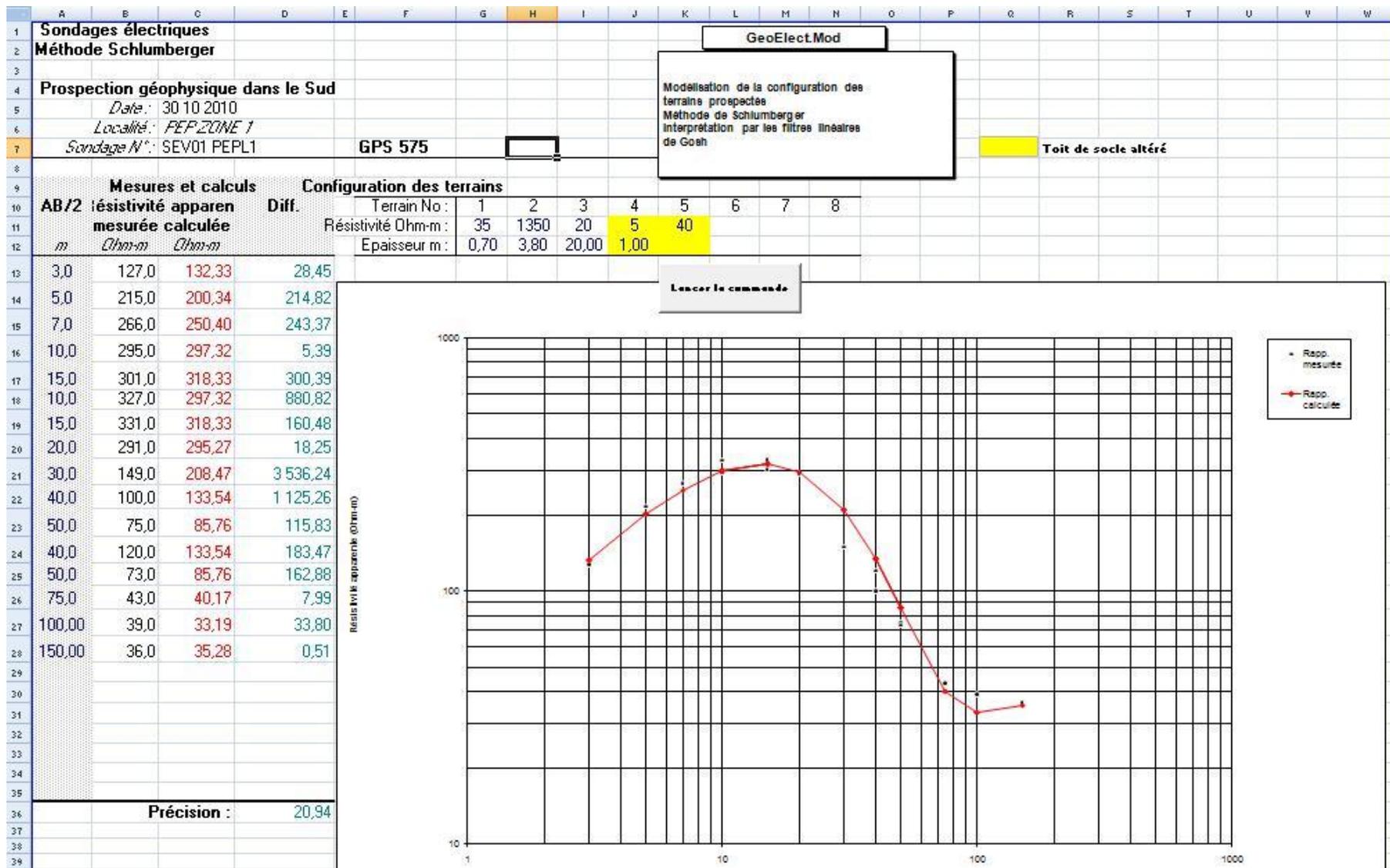


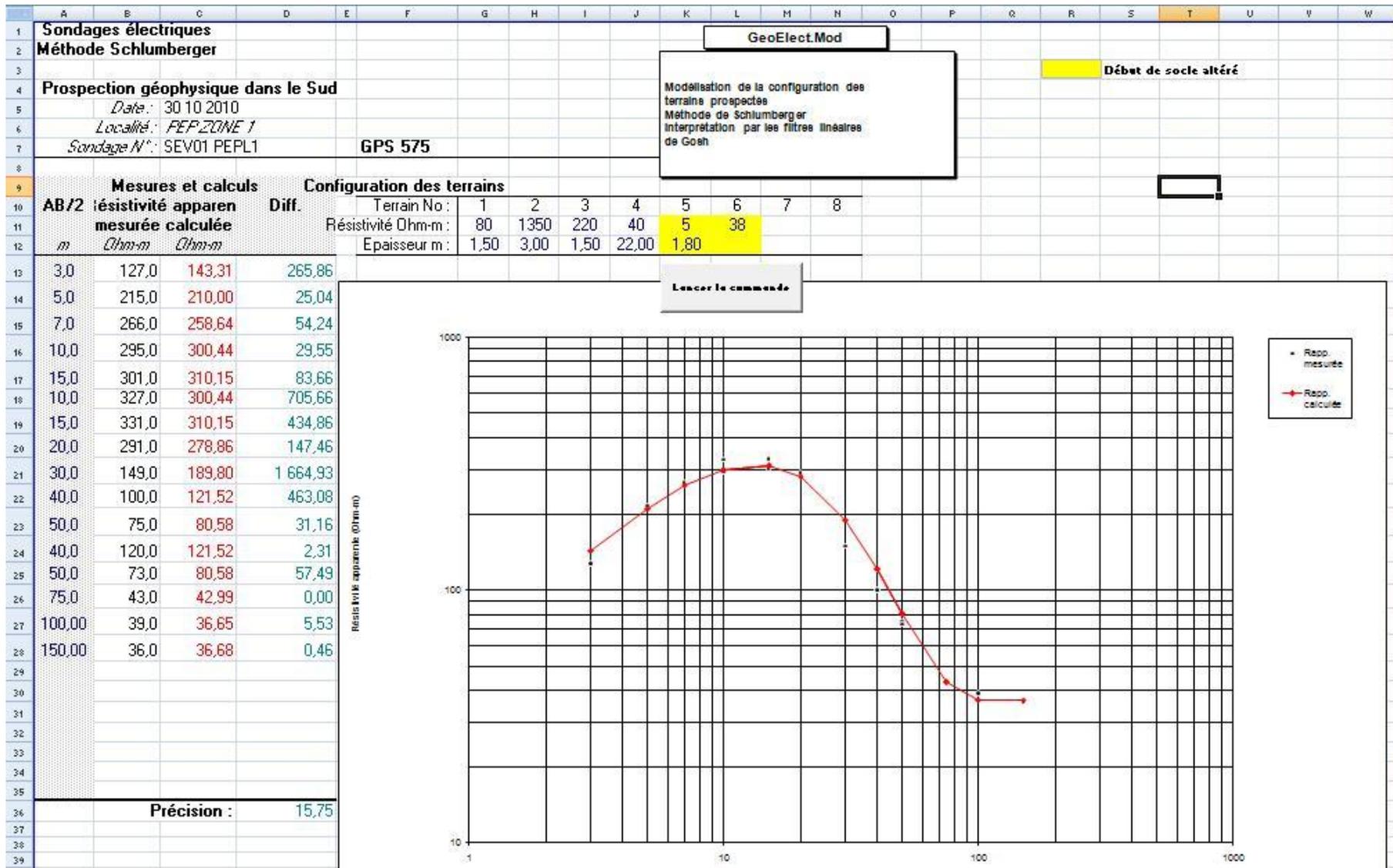


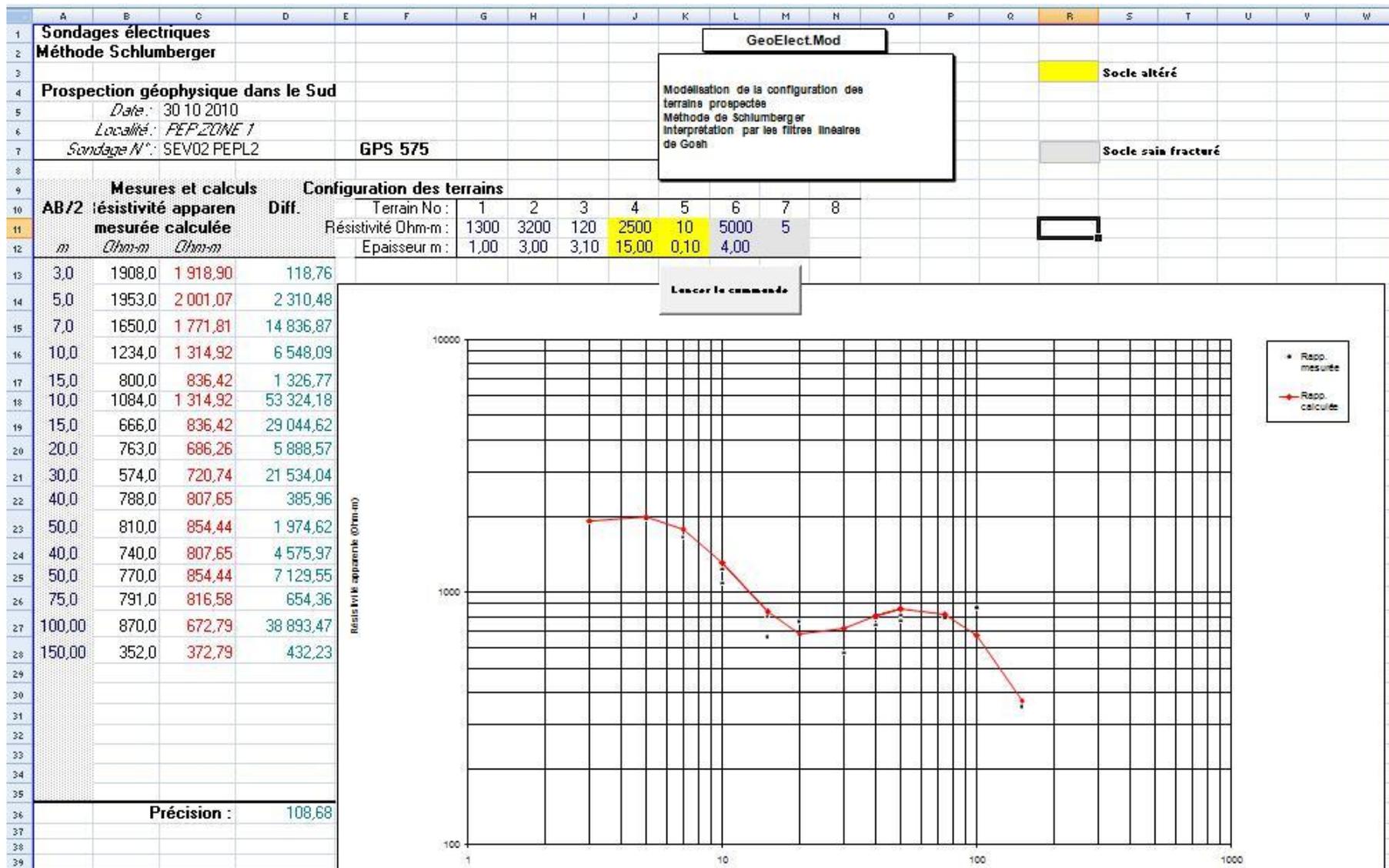


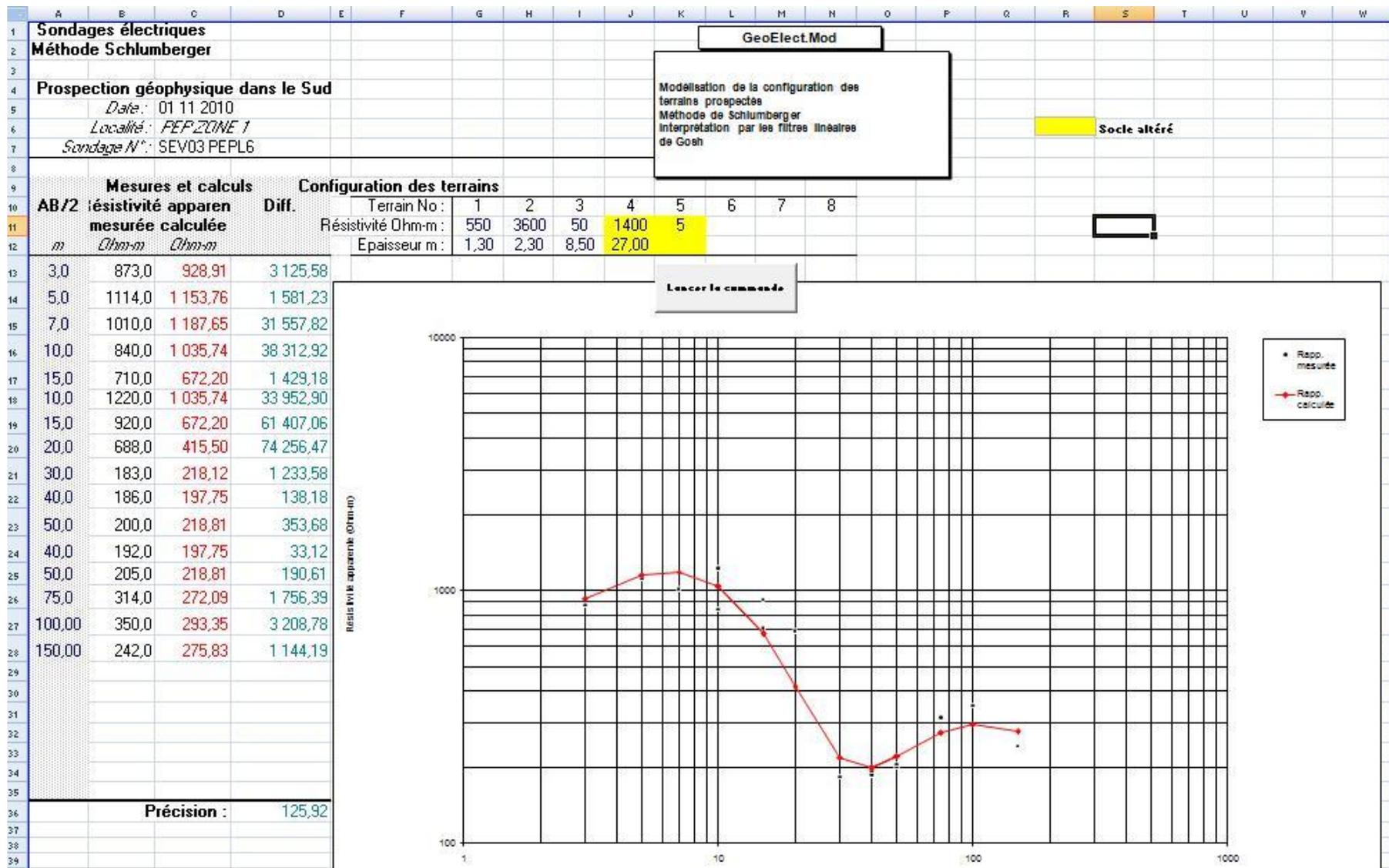


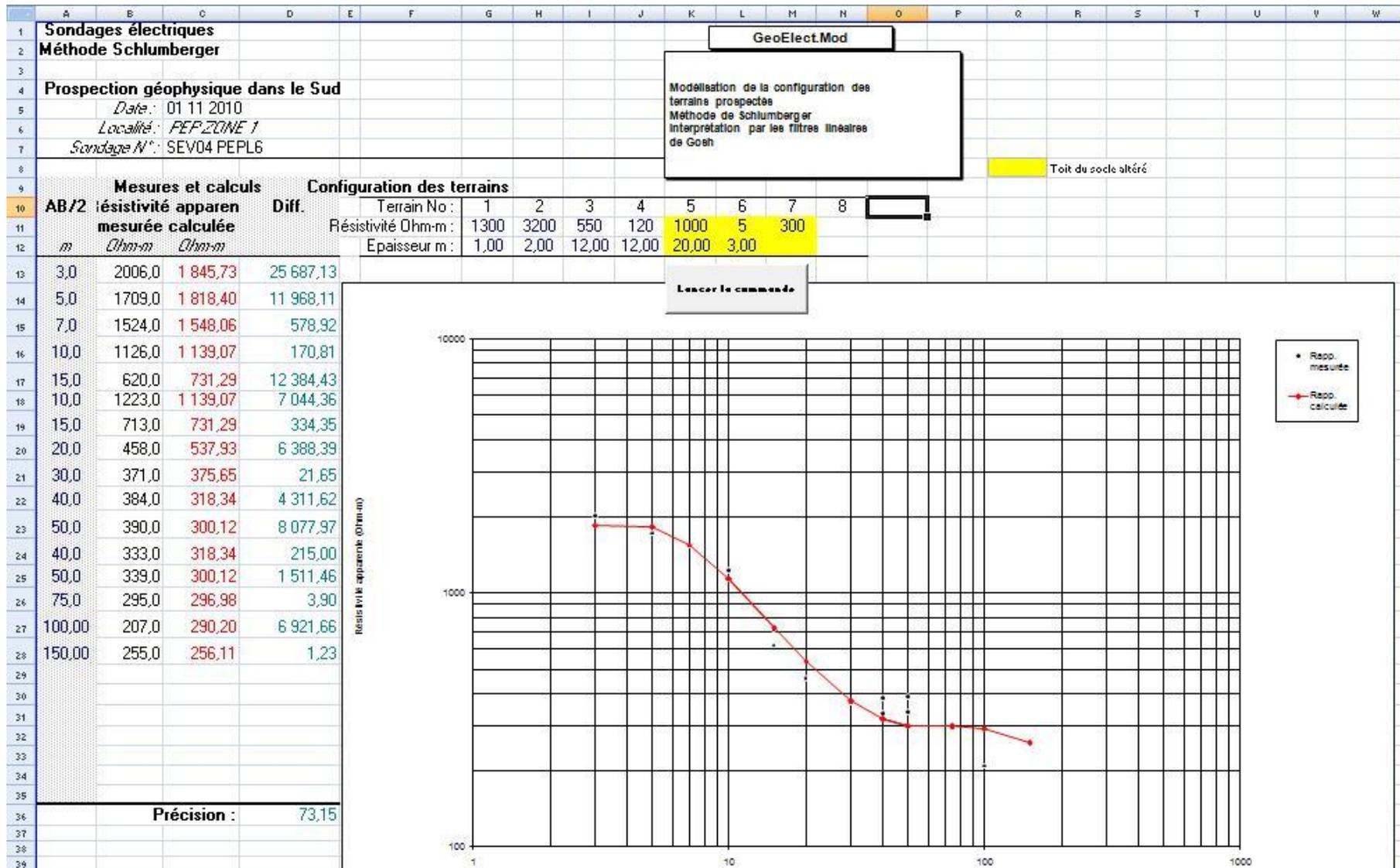


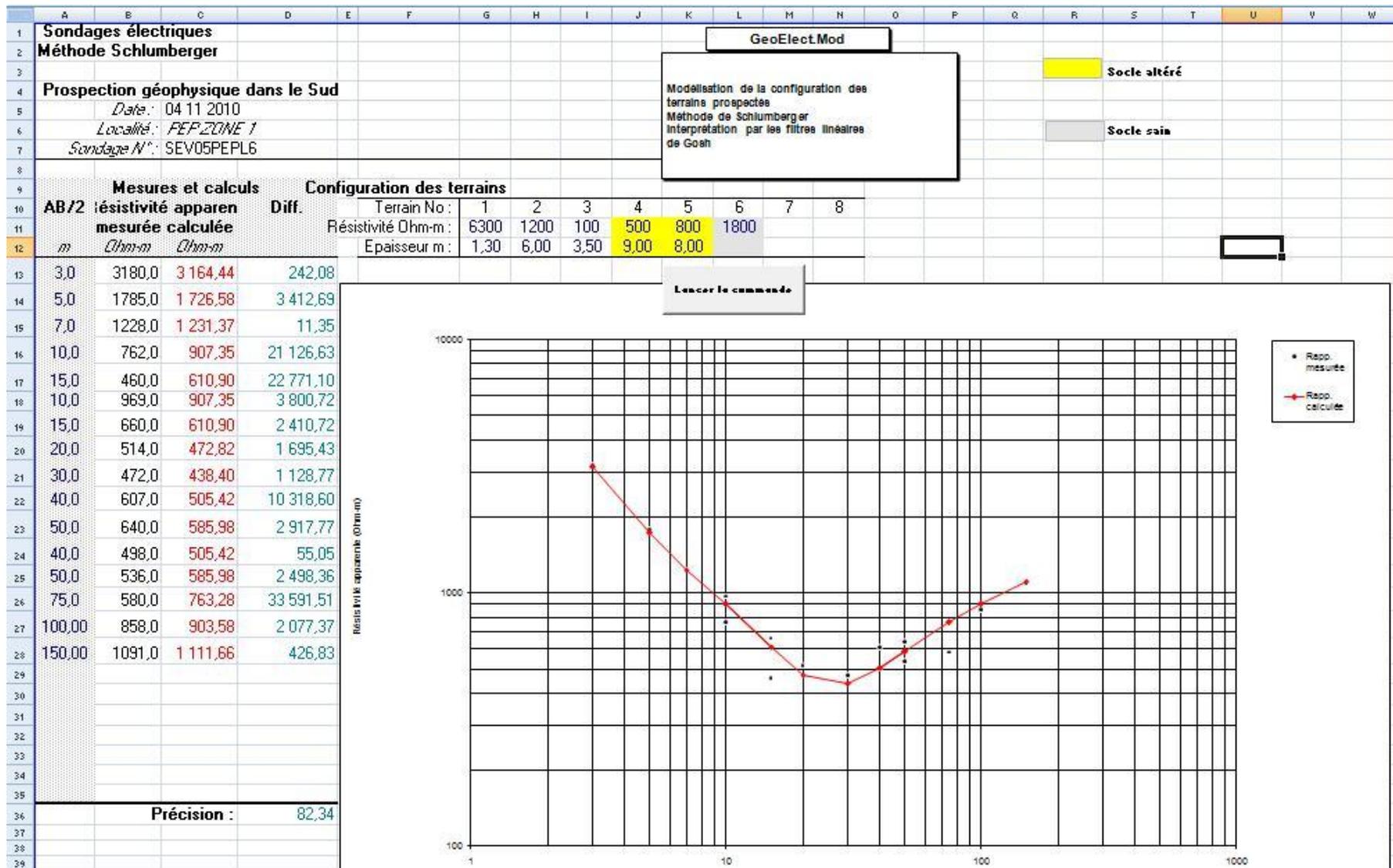


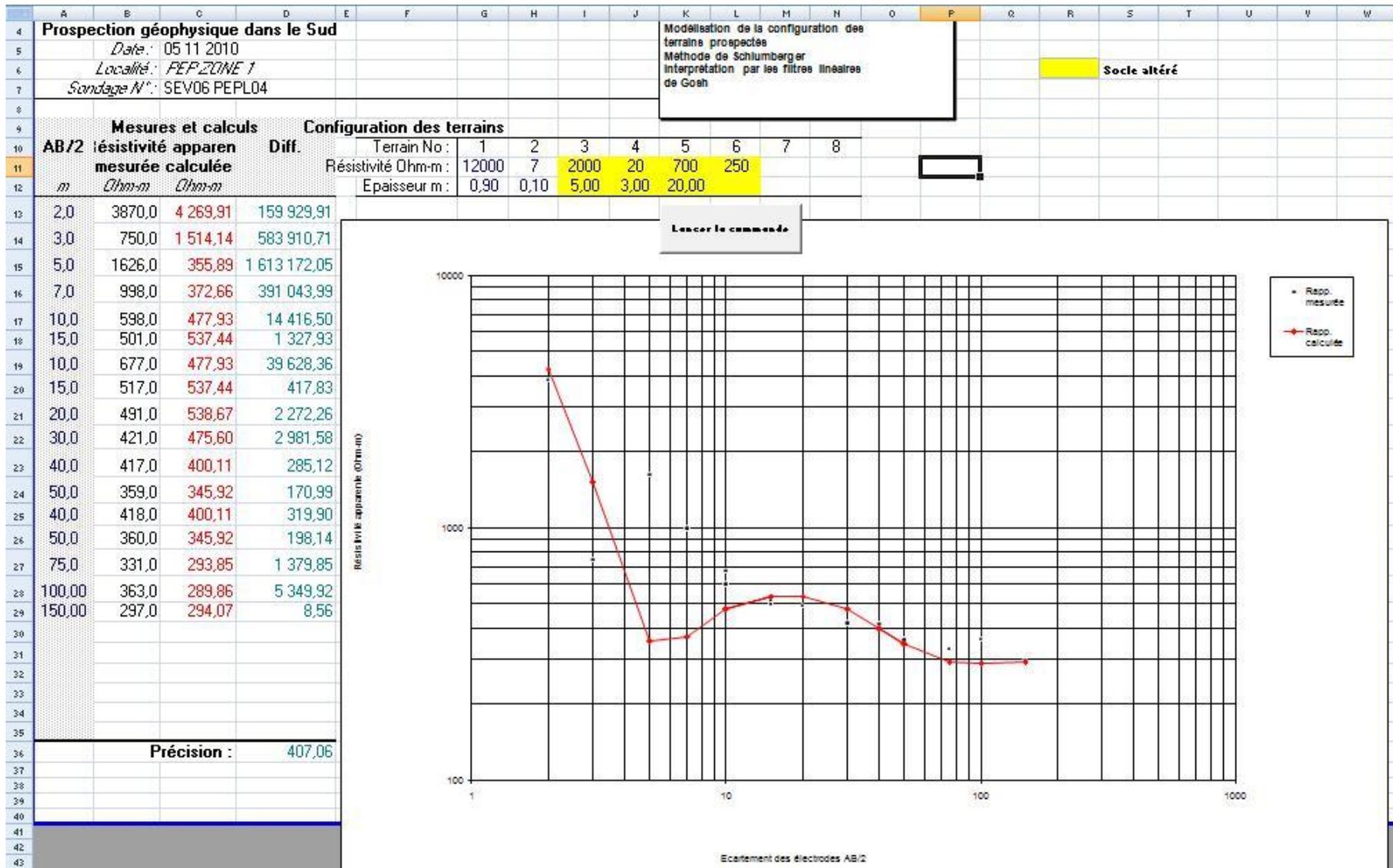


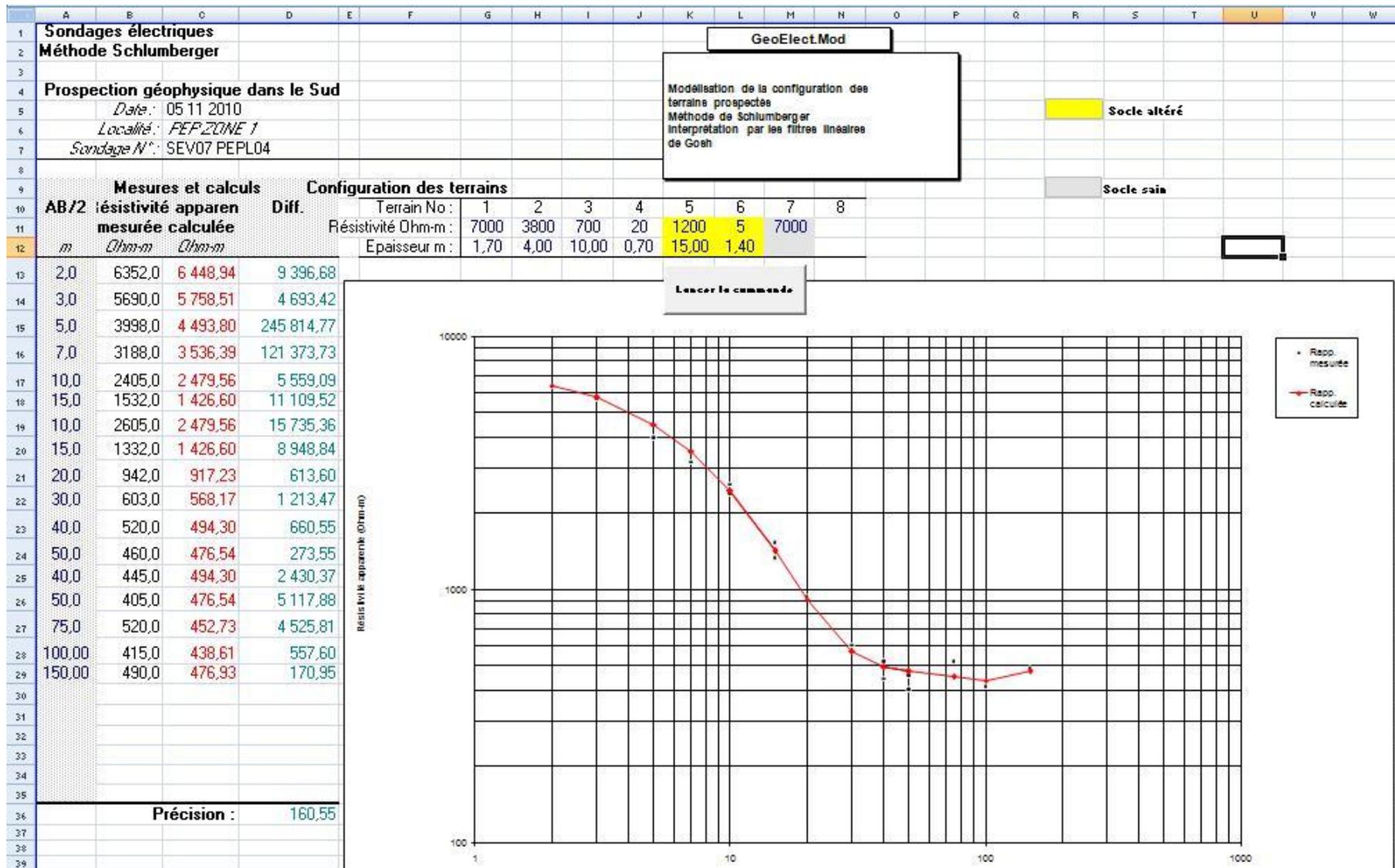


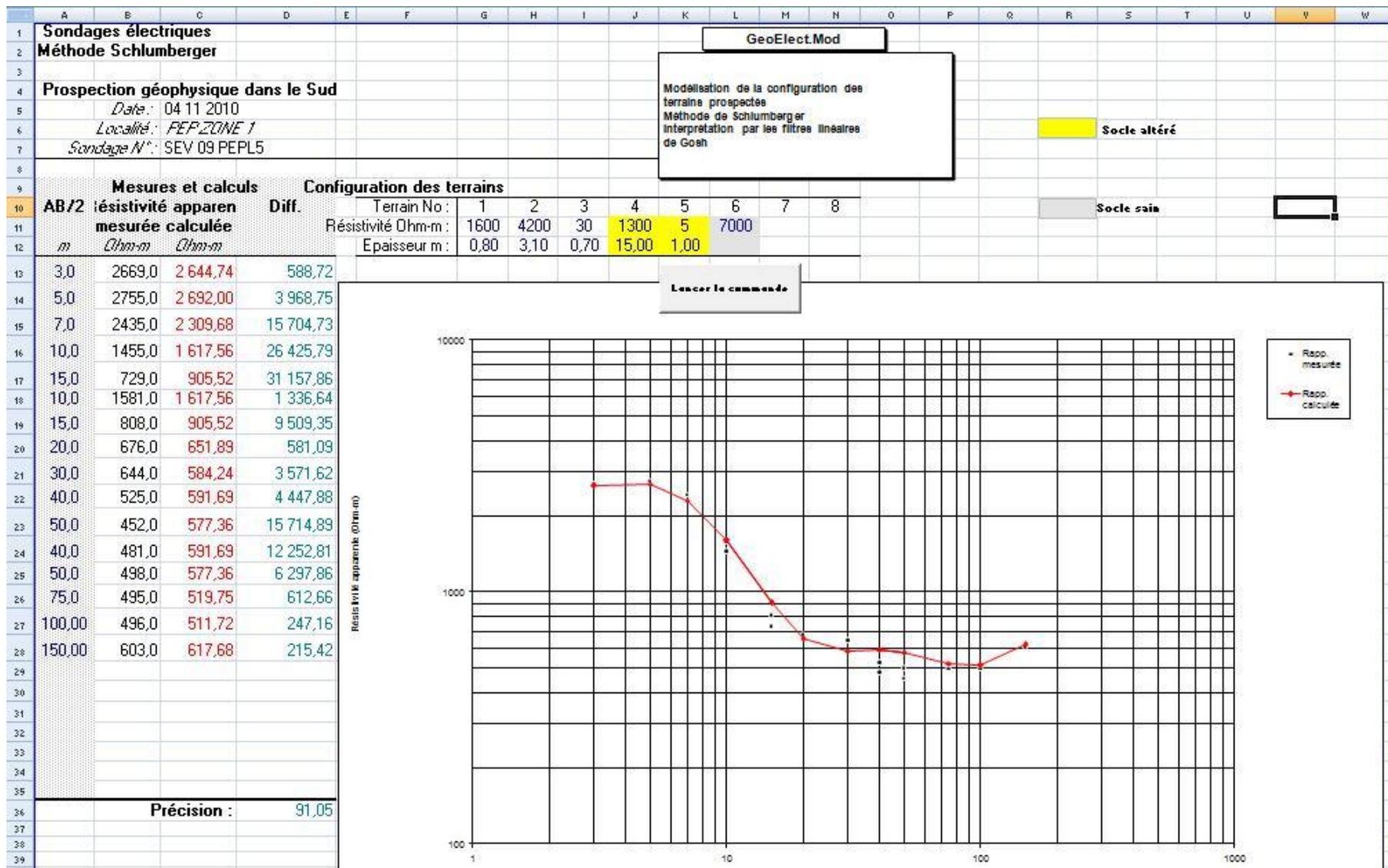


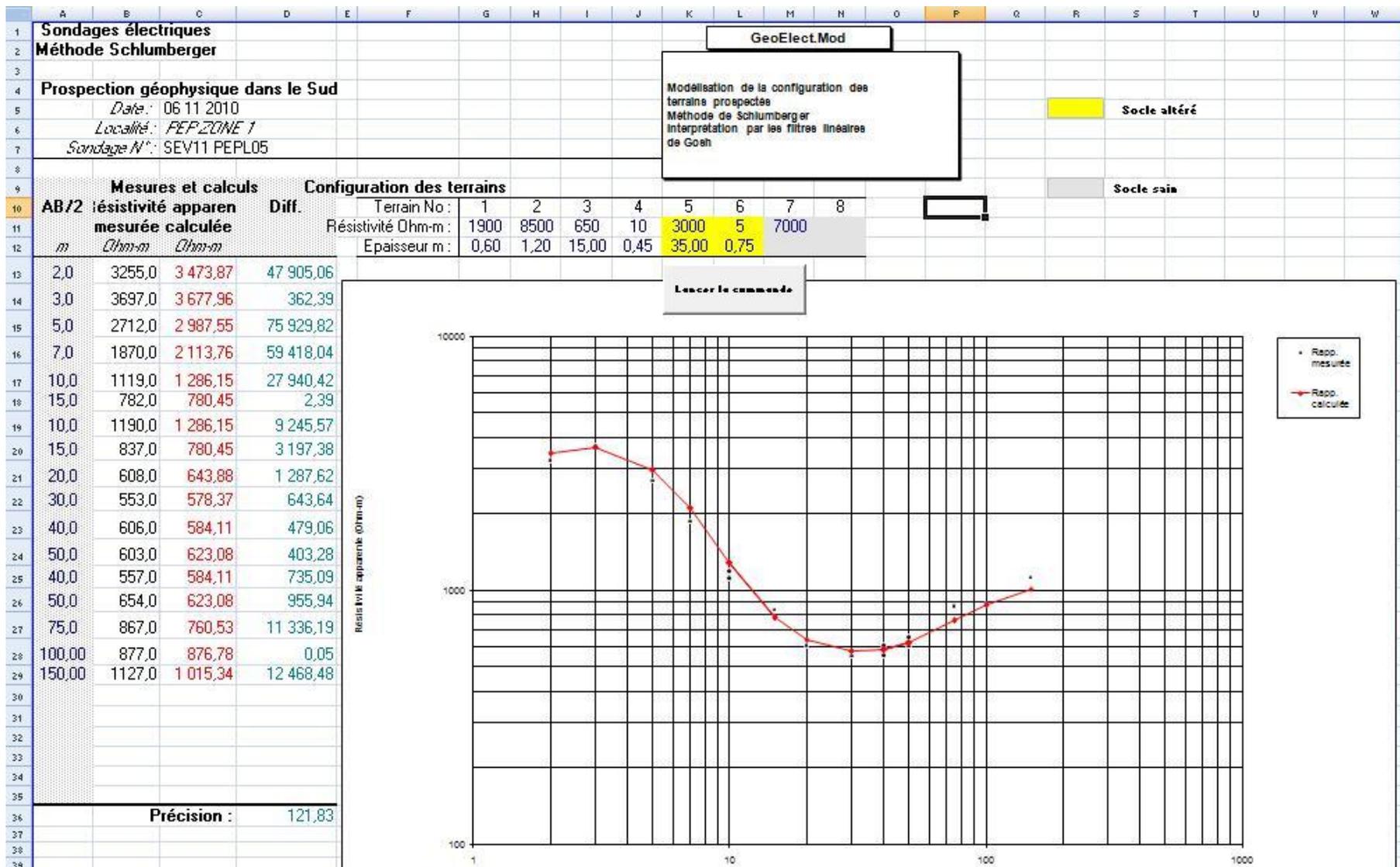


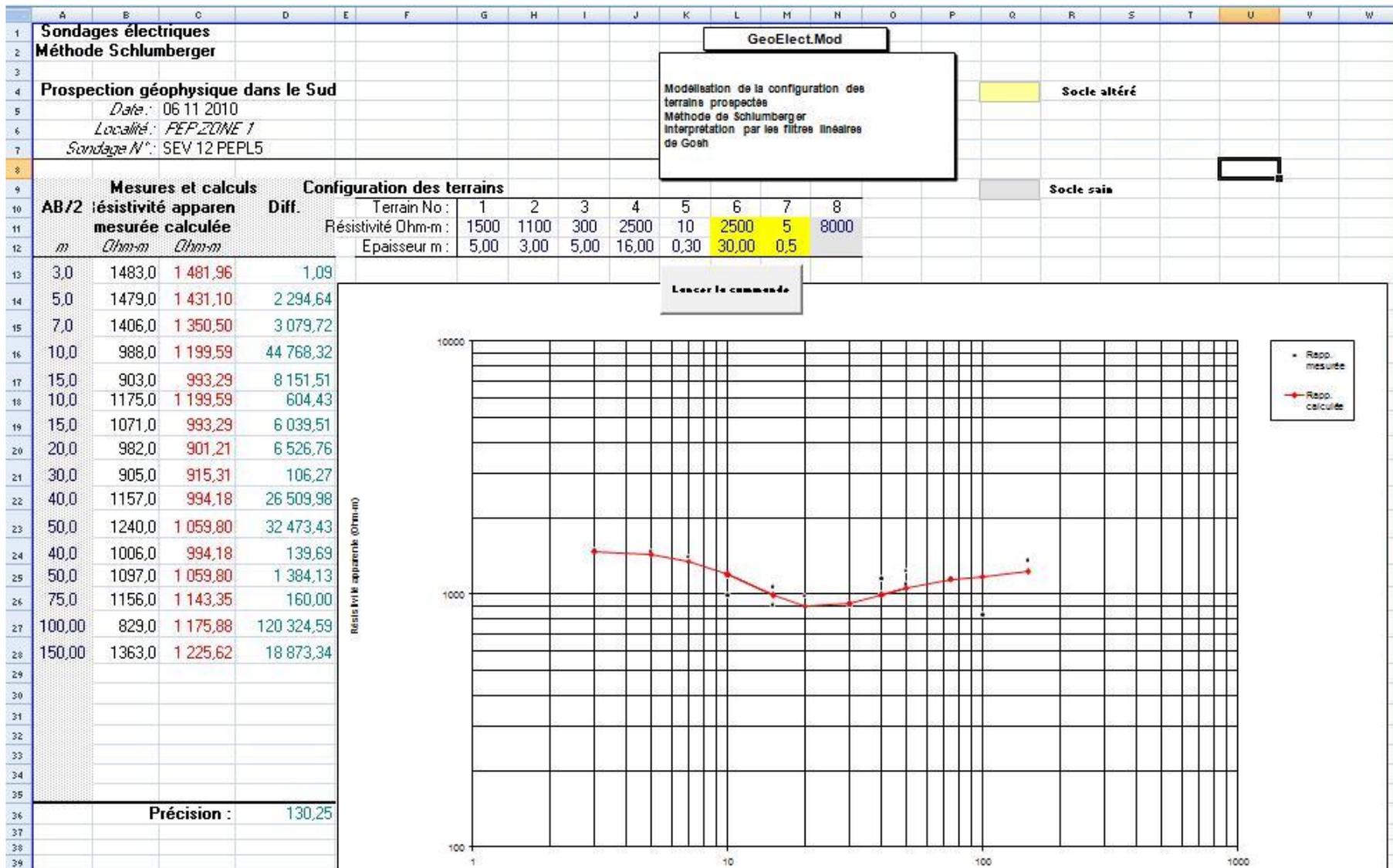


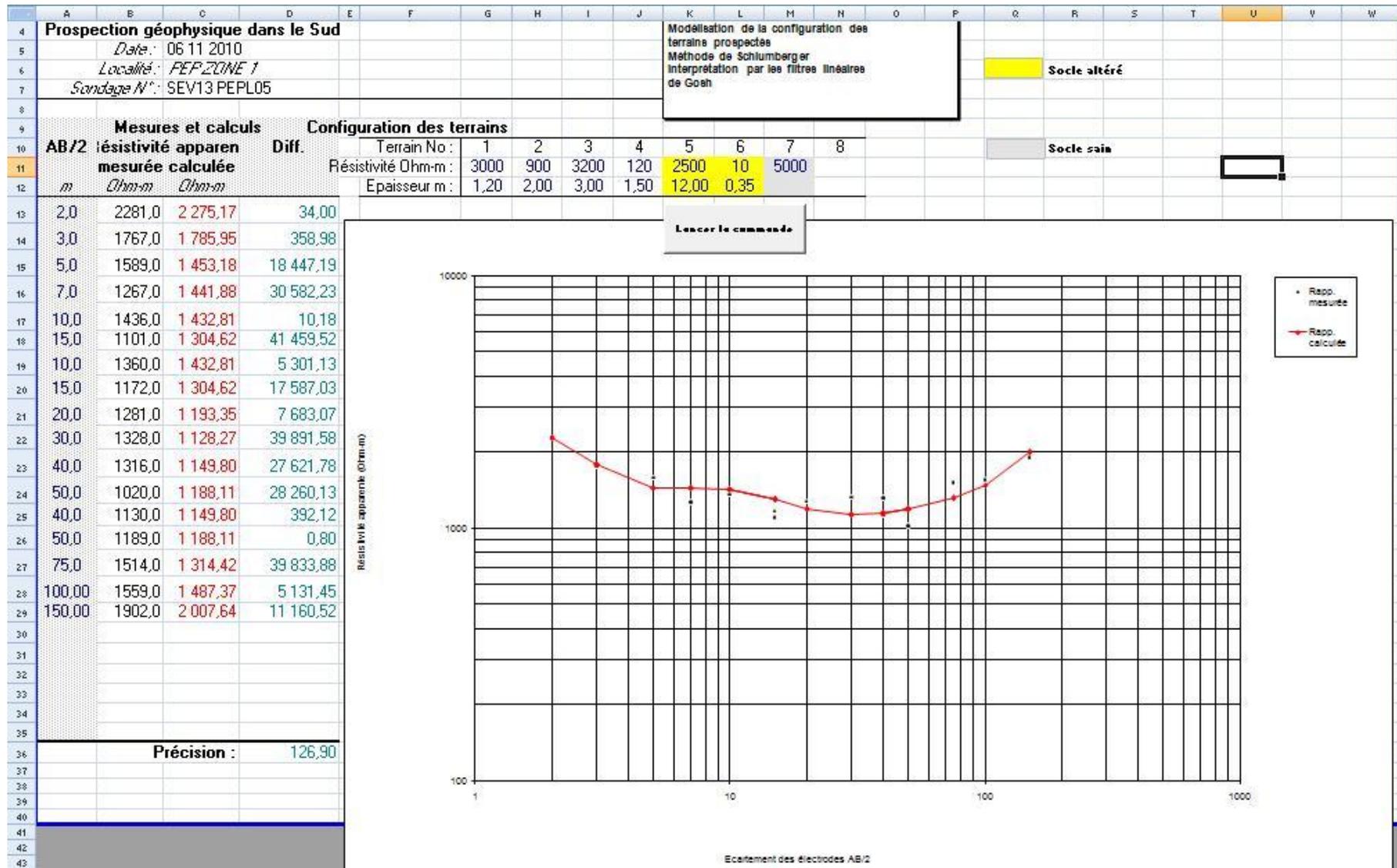


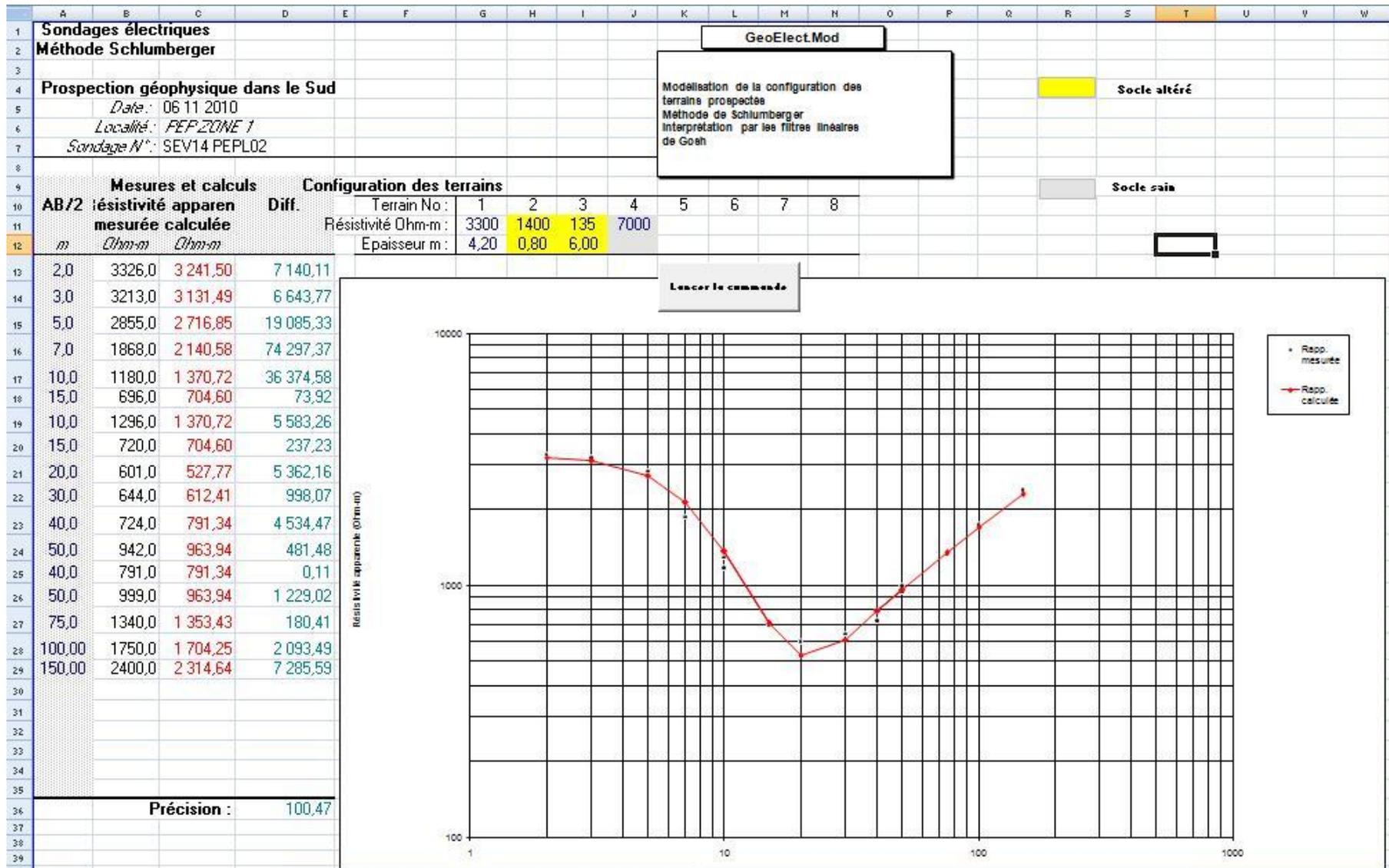


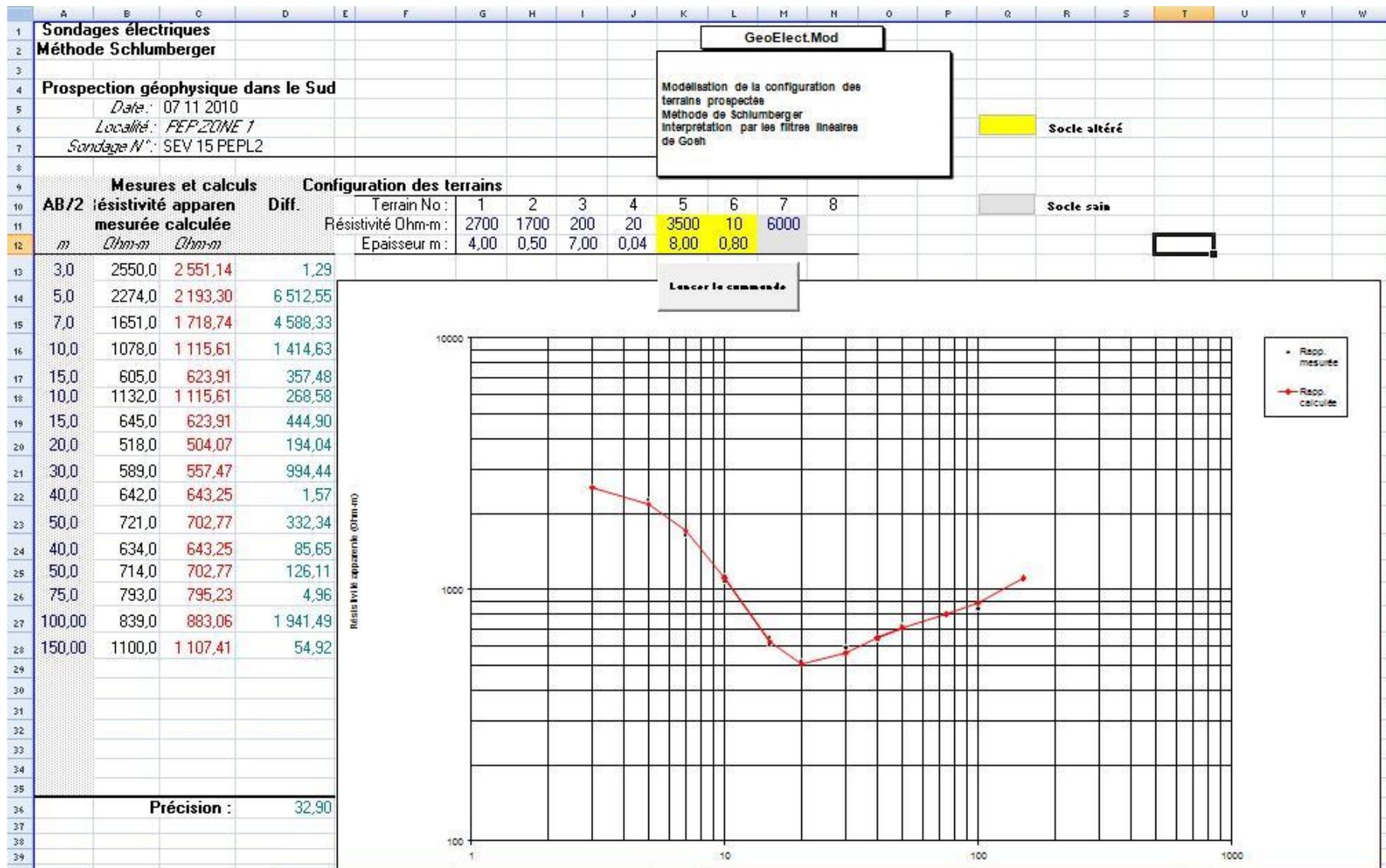












Annexe 2 : botanique

Annexe 2.1 : Plan de sondage



Annexe 2.2 : Répartition des espèces en fonction des familles

Familles	Especes	Total
Aanthaceae	<i>Asystasia gangetica</i>	1
Anacardiaceae	<i>Lannea welwitschii</i>	1
	<i>Mangifera indica</i>	1
Annonaceae	<i>Cleistopholis glauca</i>	1
	<i>Cleistopholis patens</i>	1
	<i>Cleistopholis staudtii</i>	1
	<i>Meiocarpidium lepidotum</i>	1
	<i>Xylophia staudtii</i>	1
Apocynaceae	<i>Rauvolfia vomitoria</i>	1
	<i>Tabernaemontana crassa</i>	1
Araceae	<i>Amorphophallus sp</i>	1
	<i>Anchomanes diformis</i>	1
	<i>Cyrtosperma senegalense</i>	1
Asteraceae	<i>Chromelaena odoranta</i>	1
	<i>Emilia coccinea</i>	1
	<i>Vernonia conferta</i>	1
Bignoniaceae	<i>Spathodea campanulata</i>	1
Burseracea	<i>Santira trimera</i>	1
Caesalpiaceae	<i>Azalia bipindensis</i>	1
	<i>Anthonatha macrophylla</i>	1

<i>Anthonotha fragrans</i>	1
<i>Aphanocalyx margininervatus</i>	1
<i>Berlina bracteosa</i>	1
<i>Brachystegia cynometroides</i>	1
<i>Brachystegia sp 1</i>	1
<i>Brachystegia sp 2</i>	1
<i>Brachystegia zenkeri</i>	1
<i>Crudia gabonensis</i>	1
<i>Dialium pachyphyllum</i>	1
<i>Dialium sp</i>	1
<i>Erithryphleum ivorense</i>	1
<i>Lebruniodendron leptathum</i>	1
<i>Mezoneuron penthamianum</i>	1
<i>Oodoniodendron micranthum</i>	1
<i>Pachyelasma tessmannii</i>	1
<i>Plagiosiphon emarginatus</i>	1
<i>Tetraberlina bifoliolata</i>	1
<i>Gilbertiodendron brachystegioides</i>	1

Cecropiaceae	<i>Musanga cecropioides</i>	1
	<i>Myrianthus arboreus</i>	1
Chrysobalanaceae	<i>Chrysobalanus icaco</i>	1
	<i>Magnistipulata zenkeri</i>	1
	<i>Maranthes gabunensis</i>	1
	<i>Maranthes sp</i>	1
Clusiaceae	<i>Calophyllum inophyllum</i>	1
	<i>Garcinia sp</i>	1
	<i>Symphonia globulifera</i>	1
Cnetaceae	<i>Cnetis ferruginea</i>	1
Combretaceae	<i>Terminalia catappa</i>	1
	<i>Terminalia mentaly</i>	1
	<i>Terminalia superba</i>	1
Convolvulaceae	<i>Ipomoea pes-cabrae</i>	1
Cyperaceae	<i>Scleria boivinii</i>	1
Davaliaceae	<i>Nephrolepis biserrata</i>	1
Dracaenaceae	<i>Dracaena arborea</i>	1
Euphorbiaceae	<i>Alchornea cordifolia</i>	1
	<i>Anthostema aubryanum</i>	1
	<i>Drypetes gossweileri</i>	1
	<i>Macaranga hurifolia</i>	1
	<i>Maesobotrya sp</i>	1

	<i>Maesobotrya staudtii</i>	1
	<i>plagiostyles africana</i>	1
	<i>Sapium ellipticum</i>	1
	<i>Uapaca guineensis</i>	1
	<i>Uapaca paludosa</i>	1
Fabaceae	<i>Dalbergia eustaphyllum</i>	1
	<i>Milletia sp</i>	1
Flacourtiaceae	<i>Lindackeria dentata</i>	1
	<i>Scottelia coriacea</i>	1
Humiriaceae	<i>Saccoglotis gabonensis</i>	1
Hypericaceae	<i>Harungana madagascariensis</i>	1
Irvingiaceae	<i>Desbordesia glaucescens</i>	1
	<i>Irvingia excelsa</i>	1
	<i>Irvingia gabonensis</i>	1
	<i>Irvingia grandifolia</i>	1
	<i>Irvingia sp</i>	1
	<i>Klainedoxa gabonensis</i>	1
Ixonanthaceae	<i>Ochthocosmus calothyrsus</i>	1
	<i>Ochthocosmus sessiliflorus</i>	1
Loganiaceae	<i>Anthocleista schweinfurthii</i>	1

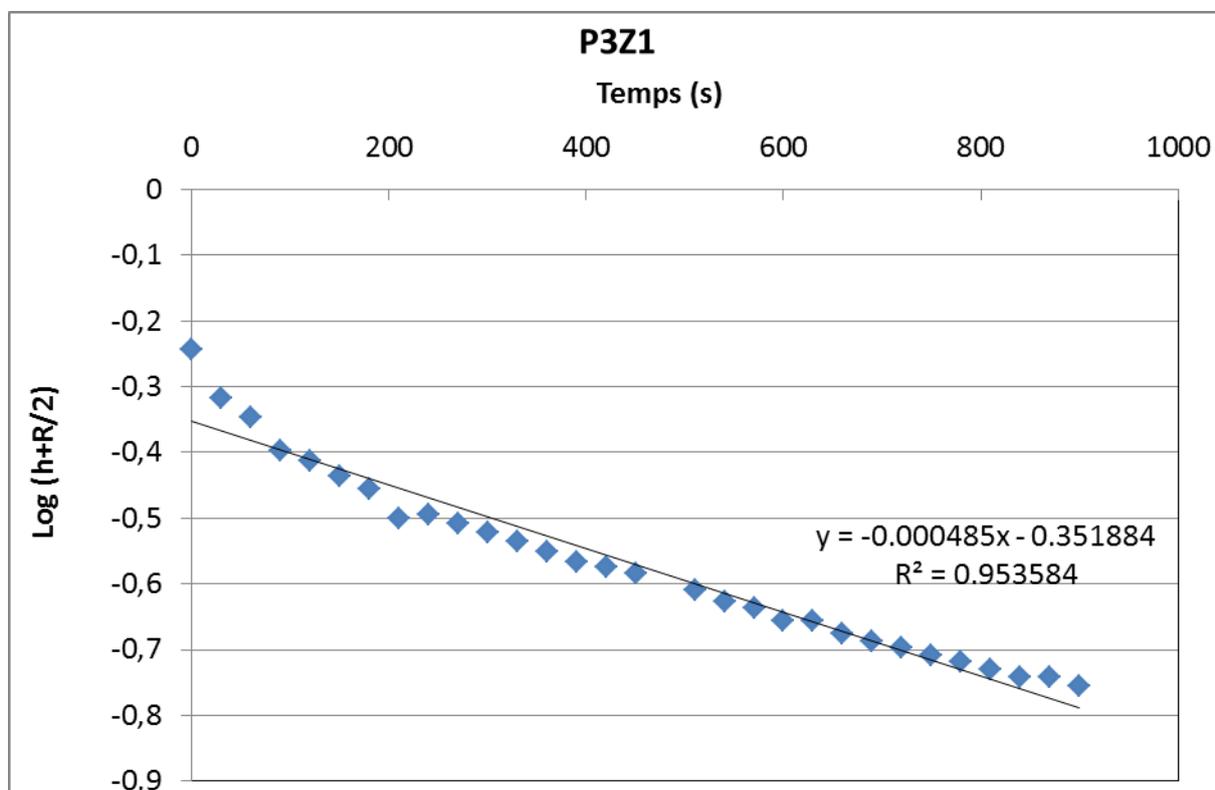
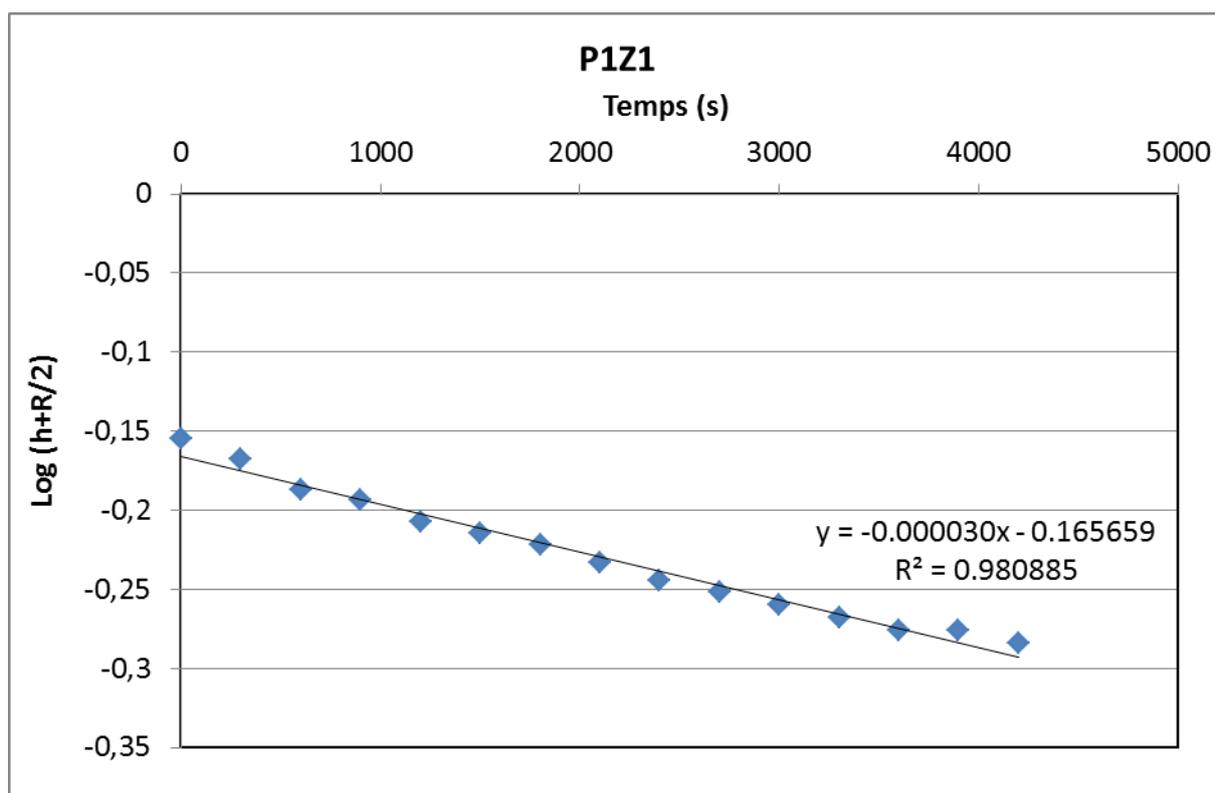
	<i>Anthocleista vogelii</i>	1
	<i>Carboloba lutea</i>	1
Meliaceae	<i>Carapa procera</i>	1
	<i>Guarea cedrata</i>	1
	<i>Guarea thomsonnii</i>	1
	<i>Khaya ivorensis</i>	1
	<i>Lovoa trichiloides</i>	1
	<i>Trichilia welwitschii</i>	1
Menispermaceae	<i>Penianthus longifolius</i>	1
Mimosaceae	<i>Calpocalyx danklagei</i>	1
	<i>Calpocalyx heitzii</i>	1
	<i>Cylicodiscus gabunensis</i>	1
	<i>Newtonia griffoniana</i>	1
	<i>Pentaclethra macrophylla</i>	1
	<i>Tetrapleura tetraptera</i>	1
Moraceae	<i>Artrocarpus comminus</i>	1
	<i>Ficus sp 1</i>	1
	<i>Ficus sp 2</i>	1
	<i>Milicia excelsa</i>	1
Myristicaceae	<i>Coelocaryon preussi</i>	1
	<i>Pycnanthus angolensis</i>	1
	<i>Scyphocephalum mannii</i>	1

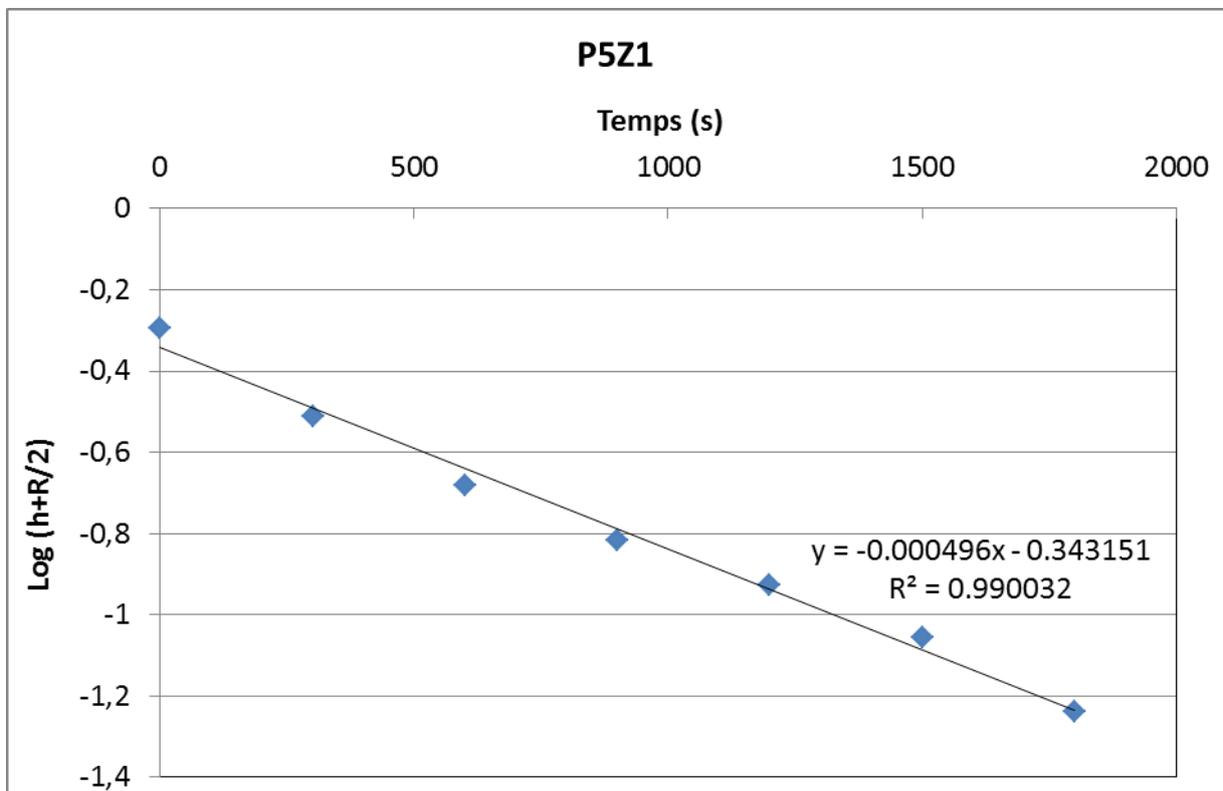
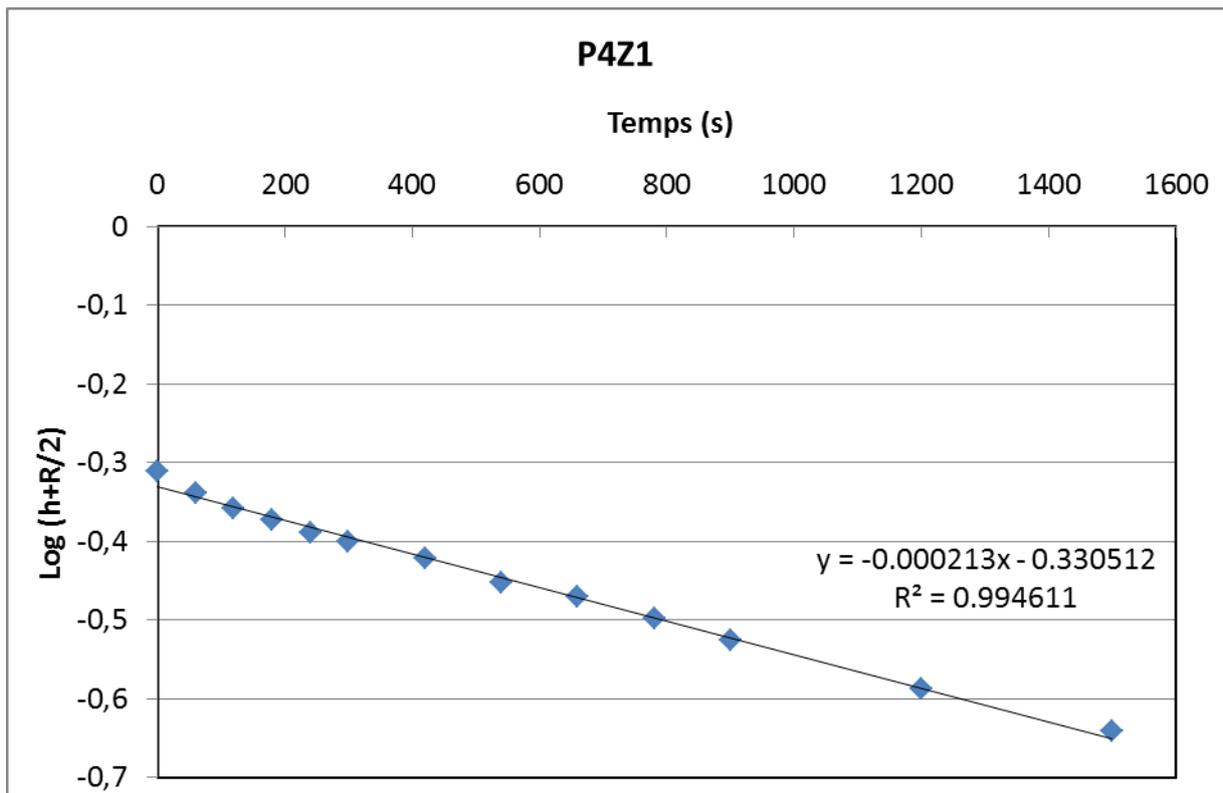
	<i>Staudtia kamerunensis</i>	1
Myrtaceae	<i>Eucalyptus sp</i>	1
	<i>Syzygium guineense var, Littorale</i>	1
	<i>Syzygium rowlandii</i>	1
	<i>Syzygium sp</i>	1
Ochnaceae	<i>Lophira alata</i>	1
Olacaceae	<i>Coula edulis</i>	1
	<i>Heisteria parvifolia</i>	1
	<i>Ongokea gore</i>	1
	<i>Strombosia grandifloia</i>	1
	<i>Strombosia pustulata</i>	1
	<i>Strombosiopsis tetrandra</i>	1
Palmaceae	<i>Ancistrophyllum secundiflorum</i>	1
	<i>Calamus deerratus</i>	1
	<i>Cocos nucifera</i>	1
	<i>Elaeis guineensis</i>	1
	<i>Podocarpus barteri</i>	1
	<i>Sclerosperma mannii</i>	1
Passifloraceae	<i>Barteria fustilosa</i>	1
Rhizophoraceae	<i>Anopyxis klaineana</i>	1

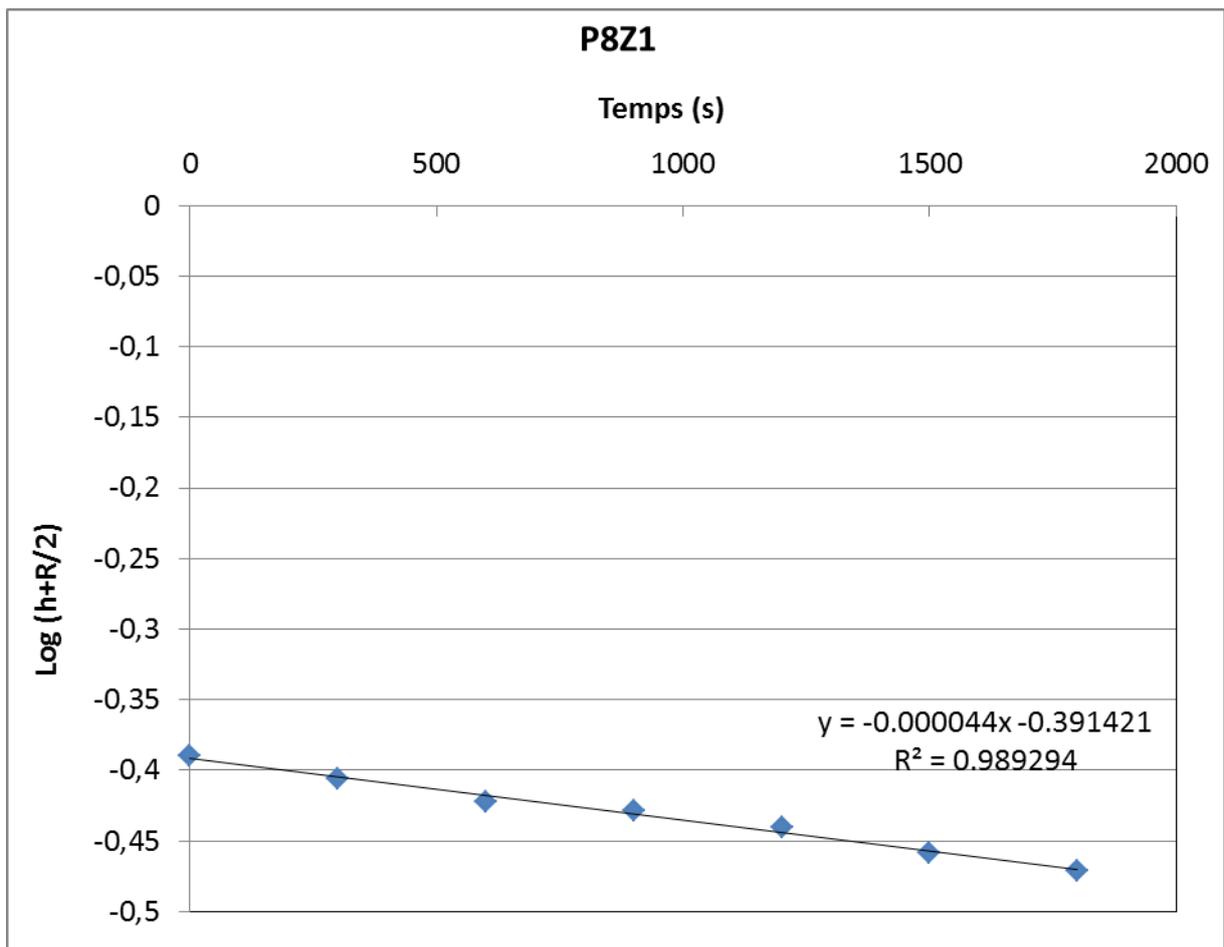
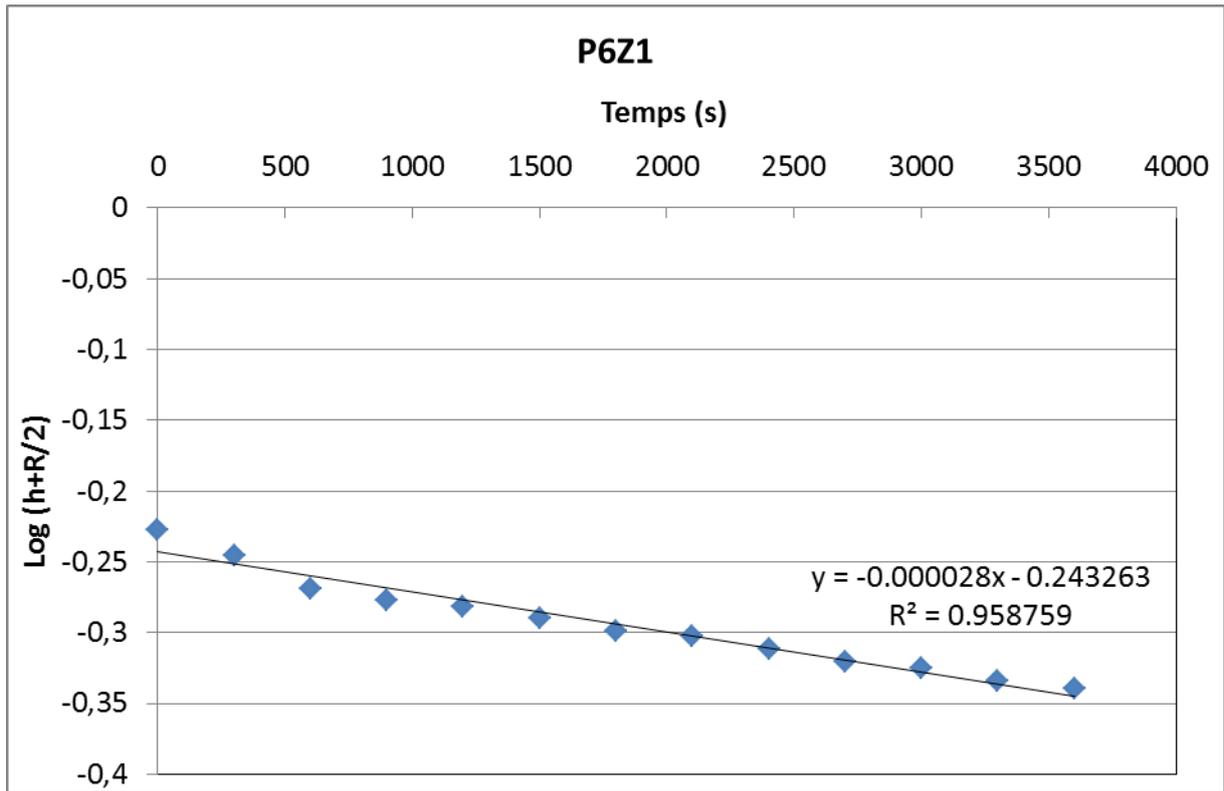
	<i>Poga oleosa</i>	1
	<i>Rhizophira racemosa</i>	1
Rubiaceae	<i>Brenania brieyi</i>	1
	<i>Canthium palma</i>	1
	<i>Oxyanthus unilocularis</i>	1
	<i>Pausinystalia yohimbe</i>	1
	<i>Psychotria sp 1</i>	1
	<i>Psychotria sp 2</i>	1
Rutaceae	<i>Zanthoxylum heitzii</i>	1
	<i>Zanthoxylum tessmannii</i>	1
	<i>Citrus auranthifolia</i>	1
	<i>Citrus grandis</i>	1
Sapotaceae	<i>Gambeya sp</i>	1
	<i>Gluema ivorensis</i>	1
	<i>Manilkara lacera</i>	1
	<i>Manilkara obovata</i>	1
Scytopetalaceae	<i>Oubanguia laurifolia</i>	1
Sterculiaceae	<i>Cola latifolia</i>	1
	<i>Eribroma oblongum</i>	1
	<i>Leptonychia sp</i>	1
	<i>Pterygota bequaertii</i>	1
	<i>Scaphopetalum sp</i>	1

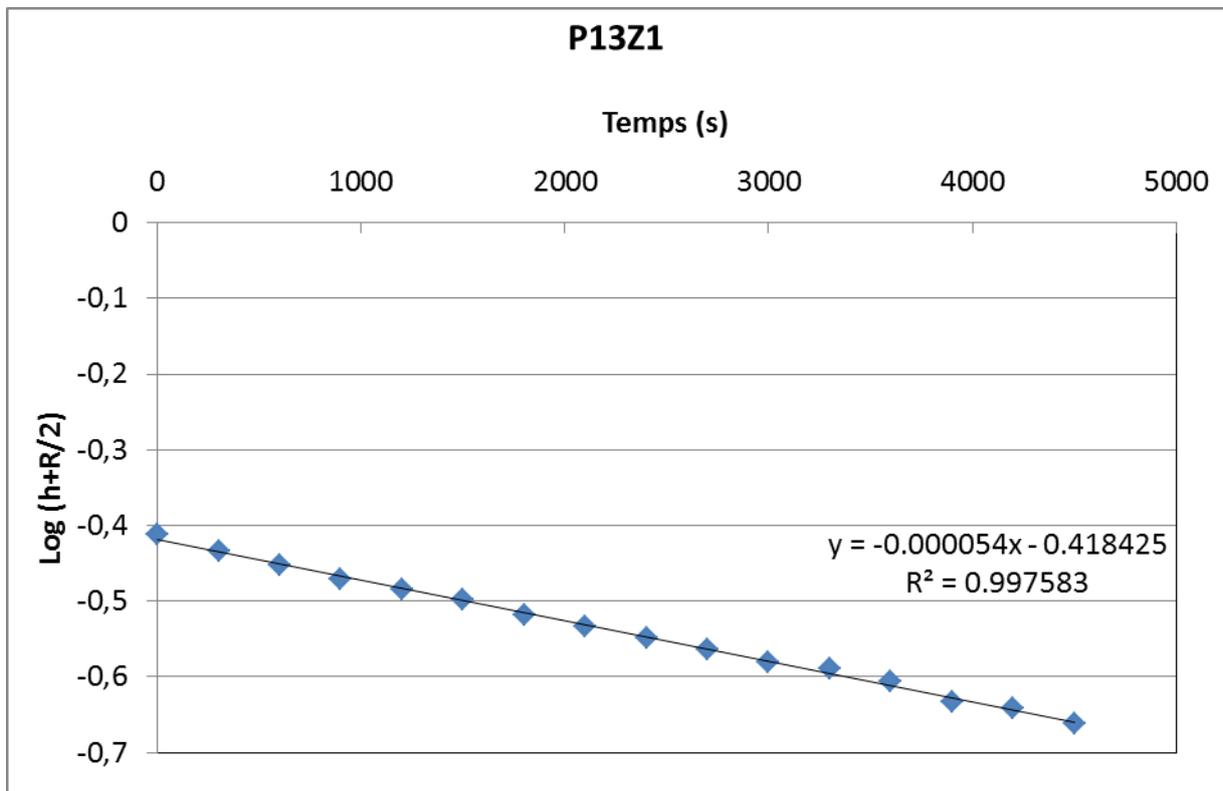
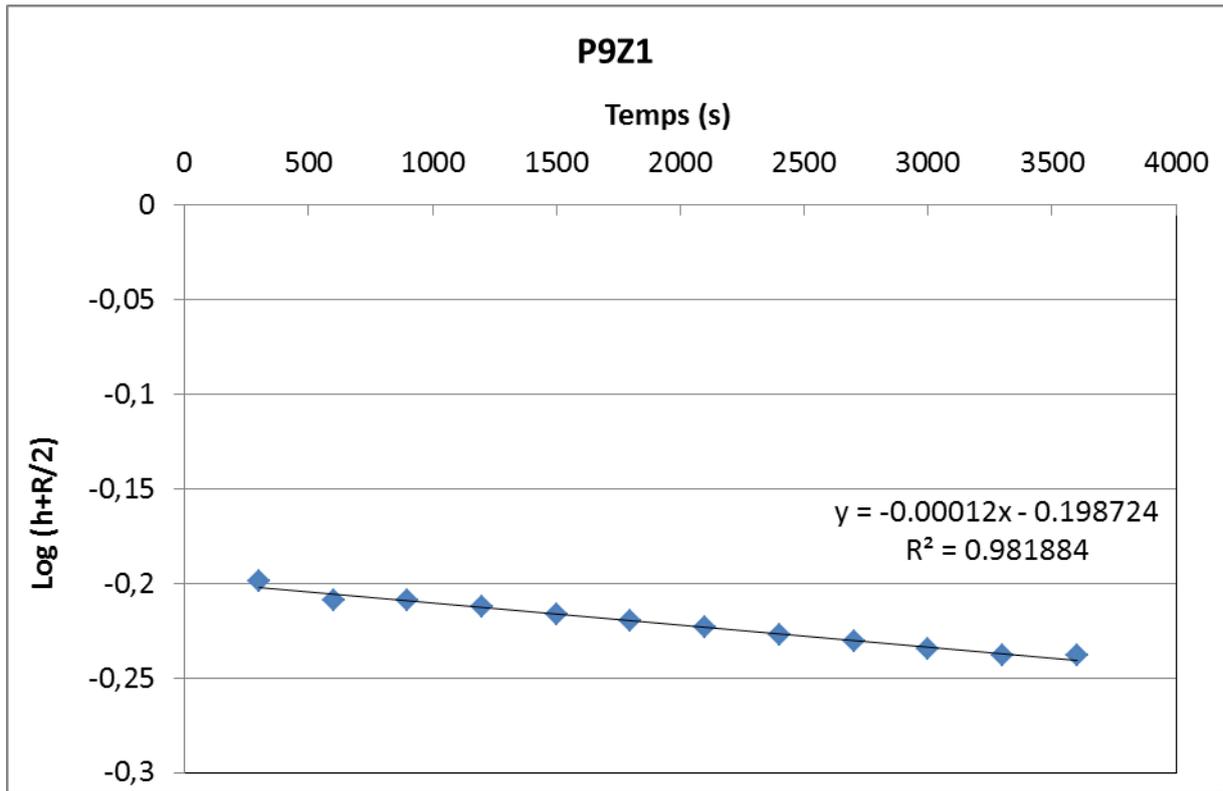
	<i>Sterculia tragacantha</i>	1
Tiliaceae	<i>Christiana africana</i>	1
	<i>Duboscia macrocarpa</i>	1
	<i>Glyphaea brevis</i>	1
	<i>Grewia sp</i>	1
Verbenaceae	<i>Vitex sp</i>	1
Total		150

Annexe 3 : essais de perméabilité









ANNEXE 4 : LISTE DES CARTES

- 1- Carte d'occupation des sols
- 2- Carte des zones inondables
- 3- Carte des infrastructures
- 4- Carte géologique
- 5- Carte hydrographique
- 6- Carte isobathe de l'aquifère d'altérites
- 7- Carte isobathe du toit du socle
- 8- Carte isopache de l'aquifère d'altérites
- 9- Carte piézométrique de l'aquifère d'altérites
- 10- Carte de morphologie du socle
- 11- Modèle Numérique de Terrain