



UNIVERSITE  
JEAN LOROUGNON GUEDE

**UFR ENVIRONNEMENT**

REPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

Union-Discipline-Travail

Ministère de l'Enseignement Supérieur et  
de la Recherche Scientifique

ANNEE ACADEMIQUE :  
2020-2021

N° D'ORDRE : 0446/ 2021

N° CARTE D'ETUDIANT :  
CI 0414002955

LABORATOIRE DES  
SCIENCES ET  
TECHNOLOGIES DE  
L'ENVIRONNEMENT

Soutenu publiquement  
le 12 Octobre 2021

# MASTER

Génie de l'Eau et de l'Environnement

## THÈME

**CARACTÉRISATION DES AQUIFÈRES DE SOCLE  
DES DÉPARTEMENTS DE YAMOISSOUKRO ET  
TOUMODI (CENTRE DE LA CÔTE D'IVOIRE) :  
APPROCHE COUPLÉE HYDRODYNAMIQUE ET  
HYDROGÉOPHYSIQUE**

Présenté par :

**N'DRI Koffi Kevin**

### JURY

Président : M. DIBI Brou, Maître de Conférences,  
UNIVERSITÉ JEAN LOROUGNON GUEDE

Directeur : M. KONAN-WAIDHET Arthur Brice, Maître de Conférences,  
UNIVERSITÉ JEAN LOROUGNON GUEDE

Encadreur : M. SOMBO Abé Parfait, Maître de Conférences,  
UNIVERSITÉ JEAN LOROUGNON GUEDE

Examineur : M. MANGOUA Oi Mangoua Jules, Maître de Conférences,  
Université Jean LOROUGNON GUEDE



**UNIVERSITE  
JEAN LOROUGNON GUEDE**

**UFR ENVIRONNEMENT**

REPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

Union-Discipline-Travail

-----  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et  
de la Recherche Scientifique

ANNEE ACADEMIQUE :  
2020-2021

N° D'ORDRE : 0446/ 2021

N° CARTE D'ETUDIANT :  
CI 0414002955

LABORATOIRE DES  
SCIENCES ET  
TECHNOLOGIES DE  
L'ENVIRONNEMENT

# MASTER

Génie de l'Eau et de l'Environnement

## THÈME:

**CARACTÉRISATION DES AQUIFÈRES DE SOCLE  
DES DÉPARTEMENTS DE YAMOISSOUKRO ET  
TOUMODI (CENTRE DE LA CÔTE D'IVOIRE) :  
APPROCHE COUPLÉE HYDRODYNAMIQUE ET  
HYDROGÉOPHYSIQUE**

Présenté par :

**N'DRI Koffi Kevin**

## JURY

**Président : M. DIBI Brou, Maître de Conférences,  
UNIVERSITÉ JEAN LOROUGNON GUEDE**

**Directeur : M. KONAN-WAIDHET Arthur Brice, Maître de Conférences,  
UNIVERSITÉ JEAN LOROUGNON GUEDE**

**Encadreur : M. SOMBO Abé Parfait, Maître de Conférences,  
UNIVERSITÉ JEAN LOROUGNON GUEDE**

**Examineur : M. MANGOUA Oi Mangoua Jules, Maître de Conférences,  
Université Jean LOROUGNON GUEDE**

Soutenu publiquement  
le 12 Octobre 2021

## **DEDICACES**

Je dédie ce mémoire à :

À mon père KOUAME N'Dri Jérémie, l'homme de la famille, je suis reconnaissant d'avoir porté ton nom et d'avoir profité de tes prières. Reçois père toute ma gratitude, que DIEU te garde en vie longtemps.

À ma mère KONAN Amenan, saches que tes efforts et souffrances pour moi n'ont pas été vains! Que Dieu, lui-même, se souvienne de tout cela et te maintienne le plus longtemps en vie afin que tu bénéficies du fruit de ses efforts.

À Mon oncle KOUAME Koffi Désiré, votre sens élevé de l'amour paternel, de l'honneur, de la dignité et surtout du travail bien fait, a fait de moi un homme respectable et respectueux.

## REMERCIEMENTS

Au terme de notre travail, nous voudrions remercier tous ceux qui, à travers un appui scientifique ou un soutien moral, financier et affectif nous ont aidés à réaliser ce mémoire.

Nous tenons à remercier la première responsable de l'Université Jean Lorougnon Guédé (UJLoG) Daloa, Madame **TIDOU Abiba Sanogo épouse KONE**, Professeur Titulaire et Présidente de UJLoG, pour avoir accepté notre inscription en Master de Génie de l'Eau et de l'Environnement (GEE) et pour la formation de qualité dont nous avons bénéficiée.

Nous exprimons notre gratitude à Monsieur **KOUASSI Kouakou Lazare**, Directeur de l'UFR Environnement de (UJLoG), pour nous avoir inculqué l'amour du travail et surtout du travail bien fait.

À Monsieur **DIBI Brou**, Maître de Conférences, Directeur du Laboratoire des Sciences et Technologies de l'Environnement (LSTE), Nous disons merci de nous avoir apporté votre soutien, votre disponibilité et votre passion pour l'hydrogéologie et de nous avoir fait profiter de votre expérience dans ce travail de recherche.

Nos remerciements vont à l'endroit du Directeur scientifique de ce mémoire, Monsieur **KONAN-WAIDHET Arthur Brice**, Maître de Conférences. Il nous a fait confiance et a accepté de diriger ce mémoire. Nous vous réitérons notre sincère reconnaissance pour votre disponibilité, votre engagement tout au long de ce travail de recherche. Vous nous avez communiqué votre passion et expérience dans le domaine des SIG (Système d'Information Géographique) et votre expérience.

Merci à vous Monsieur **SOMBO Abé Parfait**, Maître de conférences, pour avoir accepté l'encadrement de ce travail. Nous vous remercions Docteur pour votre disponibilité et vos critiques pertinentes. Merci infiniment pour votre inestimable soutien scientifique et moral, pour vos précieux conseils et pour votre sympathie ! Vous nous avez beaucoup appris. Merci pour tout ! Que vous prospériez à tous égards !

Nous remercions aussi Monsieur **KOUADIO Zilé Alex**, Maître de Conférences et Chef de Département des Sciences de la Terre pour son aide et son encouragement.

Grand merci à Monsieur **MANGOUA Oi Mangoua Jules**, Maître de Conférences et responsable de la filière GEE, pour l'instruction de ce document.

Nous adressons nos sincères remerciements à tous nos aînés du Laboratoire des Sciences et Technologie de l'Environnement (LSTE) pour leur soutien et encouragement, particulièrement, à **Messieurs KANGA Kouassi Constantin Gautier, N'GORAN Yao Patrick Eloi, TOURE Fanraban Fabrice, KONAN Yao Emile Desmond, ADJORO Serge Arnaud, ALLOU Alfred, BOKO Jaïruis**. Tous ont contribué à la réalisation de ce document. Leurs disponibilités et encouragements ont apporté une contribution active à la réalisation de cette étude. Soyez-en infiniment remerciés. Que DIEU vous bénisse en vous donnant une meilleure porte de sortie.

Nous ne saurions terminer sans toutefois dire un très grand merci à ceux qui de façon discrète nous ont aidés pour la réalisation de ce mémoire.

## TABLE DES MATIERES

<b>DEDICACES</b> .....	i
<b>REMERCIEMENTS</b> .....	ii
<b>LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS</b> .....	vii
<b>LISTE DES TABLEAUX</b> .....	viii
<b>LISTE DES FIGURES</b> .....	ix
<b>INTRODUCTION</b> .....	1
<b>PREMIÈRE PARTIE : GÉNÉRALITÉS</b> .....	3
1.1- Présentation de la zone d'étude .....	3
1.1.1- Situation géographique .....	3
1.1.2- Régime Climatique .....	3
1.1.3- Végétation et agriculture .....	4
1.1.4- Relief .....	5
1.1.5- Réseau hydrographique .....	5
1.1.6- Population et activités économiques.....	6
<b>1.1.7- Contexte géologique</b> .....	6
1.1.8- Contexte hydrogéologique.....	7
1.2- Généralités sur les méthodes géophysiques utilisées. ....	9
1.2.1- Principe de la méthode de résistivité électrique .....	9
1.2.2- Différentes techniques de la méthode de résistivité électrique.....	10
1.3- Généralités sur les propriétés hydrodynamiques de l'aquifère du socle.....	13
1.3.1- Transmissivité.....	13
1.3.2- Perméabilité .....	13
1.3.3- Porosité .....	14
1.3.4- Débit Spécifique .....	14
1.3.4- Coefficient d'emmagasinement.....	14
<b>DEUXIÈME PARTIE : MATÉRIEL ET MÉTHODES</b> .....	16
2.1- Matériel .....	15
2.1.1- Données .....	15
2.1.2- Matériel de terrain .....	15

2.1.2.1-	<b>Matériel de prospection géophysique .....</b>	<b>15</b>
2.1.2.2-	Matériel de collecte de données hydrodynamiques .....	16
2.1.3-	Matériel de traitement de données.....	16
2.2-	Méthodes .....	17
2.2.1-	Élaboration de modèle conceptuel hydrogéologique des aquifères.....	17
2.2.1.1-	Élaboration de modèle conceptuel géoélectrique .....	17
2.2.1.2-	Élaboration de modèle conceptuel géologique.....	18
2.2.2-	Détermination des propriétés hydrodynamiques.....	18
2.2.2.1-	Transmissivité.....	18
2.2.2.2-	Perméabilité des couches d'altérites .....	19
2.2.2.3-	Perméabilité de l'aquifère de fissures.....	21
2.2.2.4-	Porosité .....	21
2.2.2.5-	Détermination du débit spécifique.....	22
2.2.2.6-	Coefficient d'emmagasinement.....	22
2.2.3-	Établissement d'une relation entre les propriétés hydrodynamiques et la résistivité	
	23	
<b>TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION .....</b>	<b>25</b>	
3.1-	Résultats .....	23
3.1.1-	Modèle conceptuel hydrogéologique .....	23
3.1.1.1-	Modèle conceptuel géoélectrique .....	23
3.1.1.2-	Modèle conceptuel géologique .....	30
3.1.1.3-	Comparaison des résultats géophysiques et des résultats de forage .....	33
3.1.2-	Propriétés hydrodynamiques .....	35
3.1.2.1-	Paramètres hydrodynamiques d'aquifère d'altérites.....	35
3.1.2.2-	Paramètres hydrodynamiques d'aquifère de fissure .....	36
3.1.3-	Relation entre les propriétés hydrodynamiques et les valeurs de résistivité .....	40
3.1.3.1-	Relation entre la perméabilité et la résistivité.....	40
3.1.3.2-	Relation entre la transmissivité et la résistivité.....	41
3.1.3.3-	Relation entre le coefficient d'emmagasinement et la résistivité .....	42
3.1.3.4-	Relation entre les débits spécifiques et la résistivité.....	43
3.2-	Discussion .....	45

<b>CONCLUSION ET PERSPECTIVES .....</b>	<b>48</b>
<b>RÉFÉRENCES .....</b>	<b>50</b>

## **LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS**

- DHH** : Direction de l'Hydraulique Humaine  
**DTH** : Direction Territoriale de l'Hydraulique de Yamoussoukro  
**GEE** : Génie de l'Eau et de l'Environnement  
**LSTE** : Laboratoire des Sciences et Technologies de l'Environnement  
**OMS** : Organisation Mondiale de la Santé  
**VER** : Volume Élémentaire Représentatif

## **LISTE DES TABLEAUX**

<b>Tableau I</b> : caractéristiques des valeurs de perméabilité des couches d'altérites .....	35
<b>Tableau II</b> : caractéristiques des valeurs de porosité totale des couches d'altérites .....	36
<b>Tableau III</b> : caractéristiques des valeurs de perméabilité de la frange fissurée .....	37
<b>Tableau IV</b> : caractéristiques des valeurs de transmissivité de la frange fissurée .....	38
<b>Tableau V</b> : caractéristiques du coefficient d'emménagement de la frange fissurée .....	39
<b>Tableau VI</b> : caractéristiques du débit spécifique de la frange fissurée.....	40

## **LISTE DES FIGURES**

<b>Figure 1</b> : localisation des départements de Yamoussoukro et Toumodi.....	3
<b>Figure 2</b> : diagramme ombrothermique des départements de Yamoussoukro et Toumodi (1974-2019).....	4
<b>Figure 3</b> : quelques cultures pratiquées dans la zone d'étude .....	5
<b>Figure 4</b> : réseau hydrographique la zone d'étude .....	6
<b>Figure 5</b> : carte de formations géologiques de la zone d'étude.....	7
<b>Figure 6</b> : profil d'altération sur schiste et granite.....	8
<b>Figure 7</b> : mode de gisement des eaux souterraines dans le socle cristallin Ouest africain .....	9
<b>Figure 8</b> : principe de mesure de la résistivité.....	10
<b>Figure 9</b> : mise en œuvre du trainé électrique .....	11
<b>Figure 10</b> : différentes formes d'anomalies conductrices .....	11
<b>Figure 11</b> : sondage électrique par la configuration Schlumberger .....	12
<b>Figure 12</b> : (a) embrayage au cours du sondage électrique ; (b) embrayage sur la courbe de sondage.....	13
<b>Figure 13</b> : matériel d'implantation géophysique .....	15
<b>Figure 14</b> : matériel de collecte de données hydrodynamiques .....	16
<b>Figure 15</b> : interprétation automatique de données de sondage .....	18
<b>Figure 16</b> : courbe sondage électrique de type A : exemple de SE1 à Adaoukro .....	23
<b>Figure 17</b> : courbe sondage électrique de type H : exemple de SE1 à Tontonoukro .....	24
<b>Figure 18</b> : courbe de sondage électrique avec une remontée trainante : exemple de SE1 à Kouadio Yaokro .....	25
<b>Figure 19</b> : courbe sondage électrique de type H : exemple de SE1 à Loukoukro .....	26
<b>Figure 20</b> : carte de résistivité vraie en fonction de la profondeur.....	27
<b>Figure 21</b> : bloc diagramme géoélectrique.....	28
<b>Figure 22</b> : courbe de sondage matérialisant un substratum sain : exemple de SE1 à Djérakro .....	30
<b>Figure 23</b> : quelques logs de forage de la zone d'étude .....	31
<b>Figure 24</b> : blocs diagrammes géologiques réalisés à partir des résultats des forages.....	32
<b>Figure 25</b> : comparaison blocs diagrammes géoélectrique et géologique :.....	34
<b>Figure 26</b> : carte de répartition des valeurs de perméabilités dans les couches altérites.....	36
<b>Figure 27</b> : carte de répartition des valeurs de perméabilités dans la frange fissurée .....	37
<b>Figure 28</b> : carte de répartition des valeurs de transmissivité de la frange fissurée .....	38

<b>Figure 29</b> : carte de répartition des valeurs du coefficient d'emmagasinement de la frange fissurée .....	39
<b>Figure 30</b> : carte de répartition des valeurs du débit spécifique (Qsp) de la frange fissurée ..	40
<b>Figure 31</b> : relation entre la perméabilité et la résistivité dans les aquifères de socle .....	41
<b>Figure 32</b> : relation entre la transmissivité et la résistivité dans les aquifères de socle .....	42
<b>Figure 33</b> : relation entre le coefficient d'emmagasinement et la résistivité dans le socle .....	43
<b>Figure 34</b> : relation entre les débits spécifiques et la résistivité dans les aquifères de socle ..	44

# **INTRODUCTION**

L'eau est une ressource essentielle, indispensable aux besoins fondamentaux de l'homme, de son environnement et représente un bien à caractère socio-économique incontestable. En 2010, le droit de l'Homme à l'eau potable et à l'assainissement a été explicitement reconnu par l'Assemblée Générale des Nations Unies (Robert *et al.*, 2018). Dans le monde entier, la problématique de l'accès à l'eau potable demeure une préoccupation pour les autorités. En effet, 30 % de la population mondiale n'a pas accès à des services d'alimentation domestique en eau potable (OMS & UNICEF, 2017). Dans les pays en voie de développement l'accessibilité à l'eau potable constitue l'un des objectifs majeurs des projets de développements.

En Côte d'Ivoire, plus précisément dans les grands centres urbains en zone de socle, compte tenu des débits faibles des forages (Ahoussi, 2008 ; Dibi, 2008), les eaux de surface, qui constituent une ressource abondante et pérenne, sont exploitées pour satisfaire les besoins en eau potable des populations. Pourtant ces eaux ont une qualité physico-chimique et bactériologique douteuse et nécessitent des traitements souvent très coûteux. C'est pourquoi, l'approvisionnement en eau potable de ces centres urbains est orienté vers la recherche des eaux souterraines, dont la qualité répond généralement aux directives de l'OMS (Biémi, 1992). Malheureusement, en région de socle cristallin, où les aquifères présentent une certaine complexité, l'accès aux eaux souterraines n'est pas encore totalement maîtrisé. En effet les ressources en eaux en l'environnement géologique de socle sont mal connues (Biémi, 1992) et les conditions d'accès sont variables selon les caractéristiques géométriques du substratum rocheux (N'go *et al.*, 2005).

Dans les départements de Yamoussoukro et Toumodi (Centre de la Côte d'Ivoire), appartenant au socle cristallin, l'alimentation en eau potable des populations rurales est assurée en majorité par les eaux souterraines contenues dans les aquifères cristallin et cristallophyllien. Dans ces départements 65 % des forages réalisés ont été un échec (Soro *et al.*, 2010). Ces échecs sont la conséquence d'une absence de connaissance scientifique préalable du milieu hydrogéologique avant la réalisation des forages. À la mauvaise connaissance du fonctionnement des aquifères d'altérites ou fissurés, s'ajoute le manque d'études sérieuses et adéquates pour localiser les zones potentiellement favorable à l'accumulation d'eau souterraine.

L'étude des fractures affectant le socle cristallin, la description du profil d'altération des formations le surmontant et l'amélioration du potentiel hydrique des ouvrages de captage par l'identification des sites hydrogéologiques favorables, nécessite l'application de techniques de la géophysique électrique. C'est un outil de reconnaissance du sous-sol, qui permet d'obtenir, à partir de la surface du sol, des images des formations géologiques souterraines grâce aux

propriétés physiques qui les caractérisent (Sombo, 2012). De même, l'étude hydrodynamique des aquifères de socle permet d'appréhender le fonctionnement des aquifères, afin de maximiser la mobilisation la ressource en eau souterraine. La caractérisation des aquifères de socle, sur la base des propriétés hydrodynamiques et géoélectriques (résistivité) va permettre de délimiter les zones à fort potentiel hydrogéologique. L'étude couplée des propriétés hydrodynamiques et géoélectriques des aquifères de socle dans les départements de Yamoussoukro et Toumodi (Centre de la Côte d'Ivoire) constituent l'élément clé pour la compréhension du fonctionnement hydrogéologique de ces localités.

Cette étude est menée en vue de caractériser, à partir des propriétés hydrodynamiques et hydrogéophysiques, les aquifères de socle des départements de Yamoussoukro et Toumodi. De façon spécifique, il s'agit de

- élaborer un modèle conceptuel hydrogéologique des aquifères ;
- déterminer les paramètres hydrodynamiques de l'aquifères du socle ;
- établir une relation entre les propriétés hydrodynamiques et la résistivité.

Ce travail est structuré en trois (3) parties:

- la première partie qui porte sur les généralités, présente la zone d'étude, les méthodes hydrogéophysiques utilisées et les propriétés hydrodynamiques
- la deuxième partie décrit le matériel et les méthodes utilisés pour la réalisation de l'étude
- la troisième partie expose les principaux résultats obtenus suivis de leur discussion.

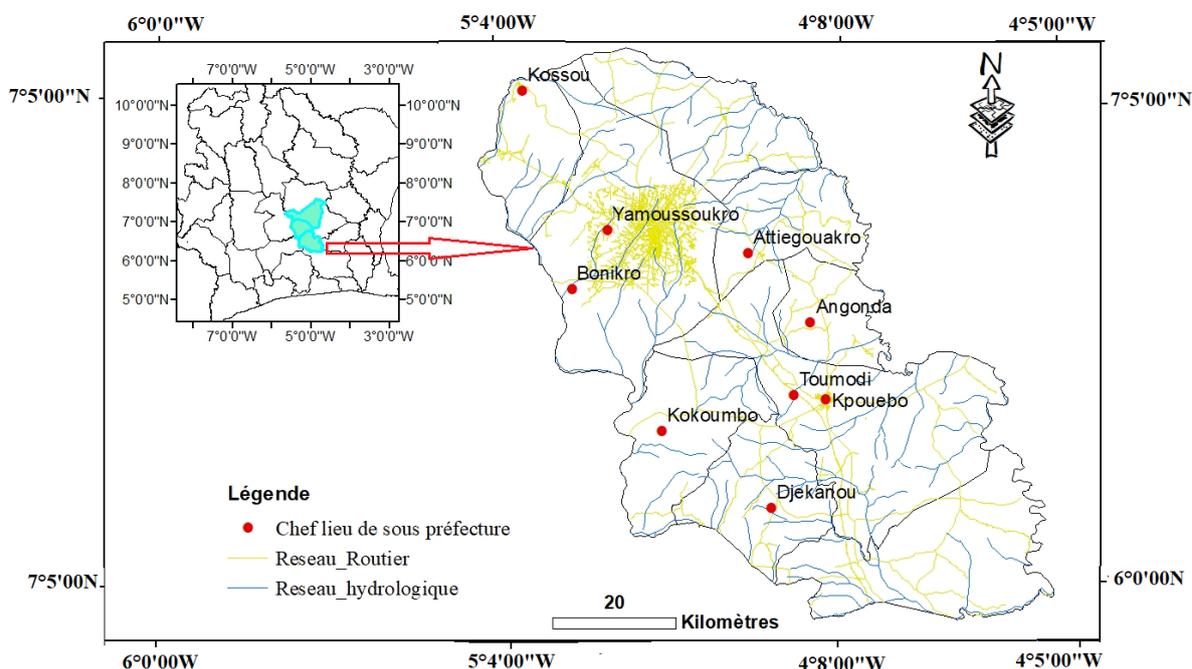
Une conclusion, qui fait la synthèse des principaux résultats suivie des perspectives et les références qui mettent fin au travail.

## **PREMIÈRE PARTIE : GÉNÉRALITÉS**

## 1.1- Présentation de la zone d'étude

### 1.1.1- Situation géographique

Les départements de Yamoussoukro et de Toumodi sont situés au Centre de la Côte d'Ivoire. Ils se situent entre les longitudes 4°40' et 5°33' Ouest et entre les latitudes 6°15' et 7°6' Nord (Figure 1). Le département de Yamoussoukro est composé de quatre sous-préfectures (Yamoussoukro, Kossou, Attiéguakro et Lolobo) et fait partie de la région des Lacs. Le département de Toumodi est composé de cinq sous-préfectures (Toumodi, Angonda, Djékanou, Kokoumbo et Kpouébo) et fait partie de la région du Béliér.



**Figure 1** : localisation des départements de Yamoussoukro et Toumodi

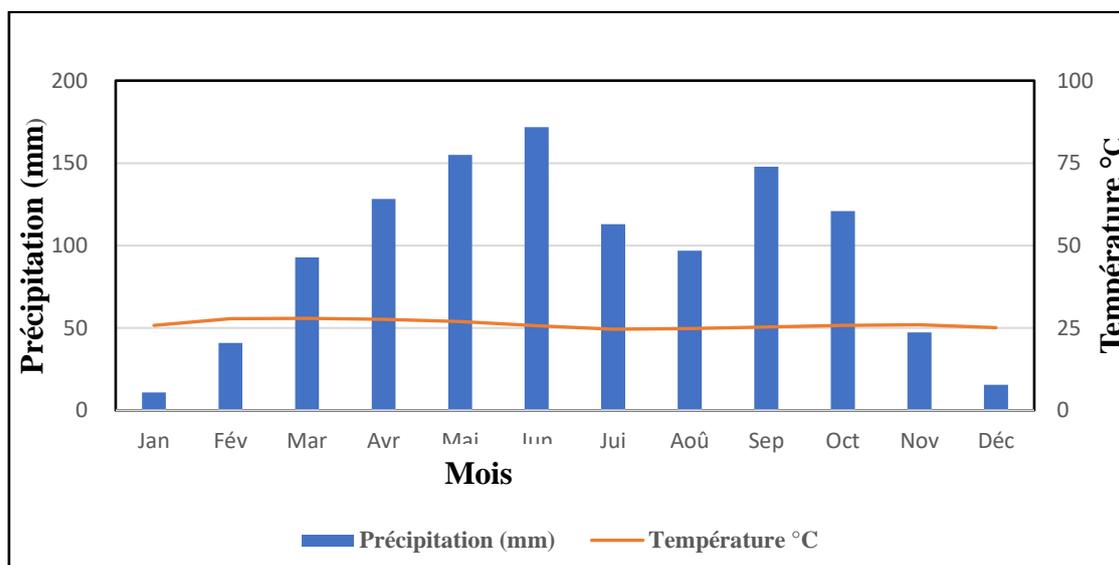
### 1.1.2- Régime Climatique

Les départements de Yamoussoukro et de Toumodi sont sous l'influence du climat équatorial de transition atténué ou climat Baouléen caractérisé par deux saisons :

- une saison pluvieuse qui débute au mois de mars et prend fin au mois d'octobre ;
- une saison sèche qui s'étend du mois de novembre à février.

La température moyenne de la région est d'environ 26 °C, et celle la plus élevée avoisine 28°C et s'observent aux mois de février et mars (Figure 2). La saison sèche est caractérisée par la présence en décembre et janvier de l'harmattan, un vent sec et puissant venu du Sahara qui

abaisse considérablement l'humidité. Les précipitations annuelles varient entre 900 mm à 1600 mm de pluie par an, avec une répartition spatiale très variable dans l'année (PRICI, 2016).



**Figure 2 :** diagramme ombrothermique des départements de Yamoussoukro et Toumodi (1974-2019)

### 1.1.3- Végétation et agriculture

Deux grands types de paysages végétaux se partagent le territoire ivoirien ; un paysage forestier (situé dans la partie Sud de la Côte d'Ivoire) et un paysage de savane (situé dans la partie Nord de la Côte d'Ivoire). La végétation du département de la zone d'étude appartient au domaine Guinéen et est dominée par la savane pré-forestière (zone de transition entre la forêt du Sud et la savane du Nord) parsemée plus ou moins densément des petits arbres et entrecoupées de bosquets et îlots forestiers. Des galeries forestières occupent les bas-fonds et le long des cours d'eaux. Sur les sols sableux drainés, apparaissent des peuplements de rôniers et de palmier dans des prairies de hautes herbes (Stary, 1985).

L'agriculture est la principale source de revenus pour près de la moitié des habitants. Elle est l'activité économique la plus importante. L'exploitation vivrière reste diversifiée dans ses productions avec des rendements relativement faibles : igname (22,4 t/ha), manioc (16,6 t/ha), maïs (3 t/ha), riz pluvial (1,7 t/ha), le riz irrigué (5,1 t/ha) (PRICI, 2016). Le système avec plantations de caféiers et cacaoyers est encore présent au Sud-Ouest de Yamoussoukro avec des plantations âgées et de petites tailles, localisées à proximité des bas-fonds sur terres colluviales. Le système périurbain de maraichage et de culture de bas-fonds développés aux environs de la ville de Yamoussoukro et Toumodi montrent les bonnes performances susceptibles d'être

atteintes dans ce type d'agriculture. La riziculture irriguée est ancienne et toujours pratiquée (Figure 3).



**Figure 3 :** quelques cultures pratiquées dans la zone d'étude

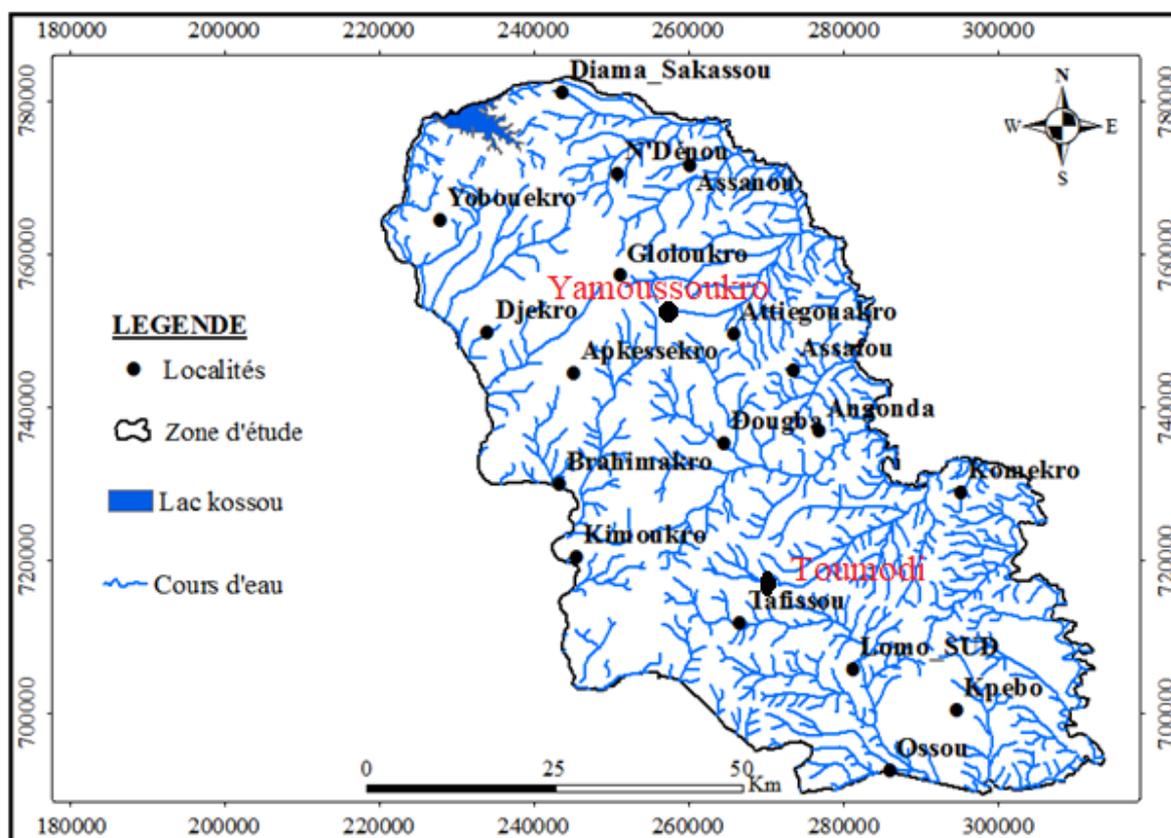
a) Plantation de banana; b) plantation de cacao; c) plantation de riz

#### 1.1.4- Relief

Le relief de la zone d'étude est dans l'ensemble, un type de relief de plaines et de plateaux. On peut distinguer plusieurs niveaux de plateaux étagés, entre 200 et 500 mètres, séparés les uns des autres par un talus de faible hauteur (10 à 30 mètres). Quelques collines et chaînes de montagnes de 300 à 500 m d'altitude y sont également rencontrées (Leblond, 1984)

#### 1.1.5- Réseau hydrographique

La zone d'étude bénéficie d'un réseau hydrographique essentiellement composé de la Marahoué et du Kan (Figure 4). La Marahoué constitue le principal affluent de la rive droite du Bandama, alors que le Kan est un affluent du N'zi et représente l'affluent de rive gauche le plus important du Bandama. Le Bandama est le seul fleuve à prendre sa source en Côte d'Ivoire. Le département de Yamoussoukro compte une trentaine de Lacs artificiels et naturels dont le Lac Kossou, sur lequel a été construit le barrage hydroélectrique de Kossou. Sur les affluents du Kan et de la Marahoué, on trouve de nombreux barrages hydro-agricoles et quelques cours d'eau permanents.



**Figure 4 :** réseau hydrographique des départements de Yamoussoukro et Toumodi

### 1.1.6- Population et activités économiques

Yamoussoukro est une commune cosmopolite avec une population estimée à près de 355 573 habitants, soit une densité de 85,7 habitants au kilomètre carré. Cette population est jeune avec 56,46 % des habitants qui ont au moins 20 ans (RGPH, 2014). Aux populations autochtones Akouè et Nanafouè, il faut adjoindre une population allogène, et étrangère estimée à plus de 17% de la population du district de Yamoussoukro. Ces populations étrangères sont constituées en majorité de la communauté Burkinabé, Malienne, Béninoise, Nigérienne, Guinéenne, Sénégalaise, Nigériane, Ghanéenne, Togolaise et Mauritanienne. L'activité économique de la zone d'étude est basée sur les secteurs primaires, qui regroupent les activités de l'agriculture (café, cacao, palmier à huile, riz, ignames, manioc, maïs, soja, arachide, banane plantain, chou, tomate, salade) et de l'élevage (porcin, caprin, bovin, ovin, poulet, pisciculture).

### 1.1.7- Contexte géologique

La Côte d'Ivoire est située au cœur de la dorsale et est constituée de deux grands ensembles géologiques : le socle précambrien (97,55 % territoires) et le domaine sédimentaire (2,5 du

territoire). Le territoire de Yamoussoukro et de Toumodi appartient à la pénélaine granito gneissique du socle précambrien. Les principales formations géologiques sont constituées de roches magmatiques et de roches métamorphiques (Figure 5). Les roches magmatiques occupent 88,7 % la zone d'étude. Ces roches appartiennent au complexe éburnéen et comprennent les granitoïdes éburnées. Ce sont des granites à biotite, des granites à deux micas, des migmatites, des granodiorites concordants, des diorites, des gneiss. Avec près de 11,3 % les formations métamorphiques présentes sur la zone d'étude sont représentées par des schistes (vert et ardoisier), les grès, les conglomérats, les amphibolites, les basaltes, les tufs (formés par l'accumulation de petits fragments de calcaire), les brèches (roches détritiques appartenant à la famille des conglomérats) et les roches vertes du birimien.



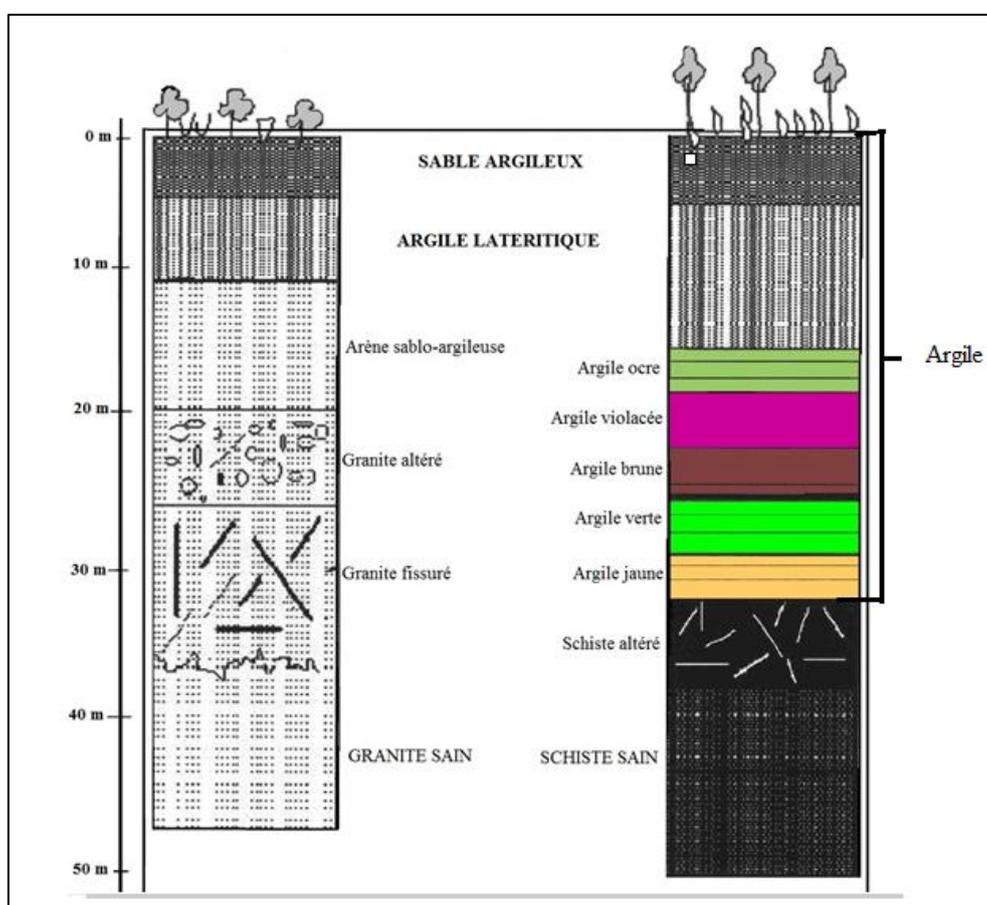
**Figure 5 :** carte de formations géologiques de la zone d'étude

### 1.1.8- Contexte hydrogéologique

Les formations issues des régions granitique et schisteuse sont constituées essentiellement de sables, d'argiles et d'arènes, dont les superpositions sont décrites selon les coupes interprétatives établies par (Soro *et al.*, 2009). Le profil d'altération (Figure 6) sur les formations granitiques sous climat tropical humide se présente de façon classique comme suit de haut en bas :

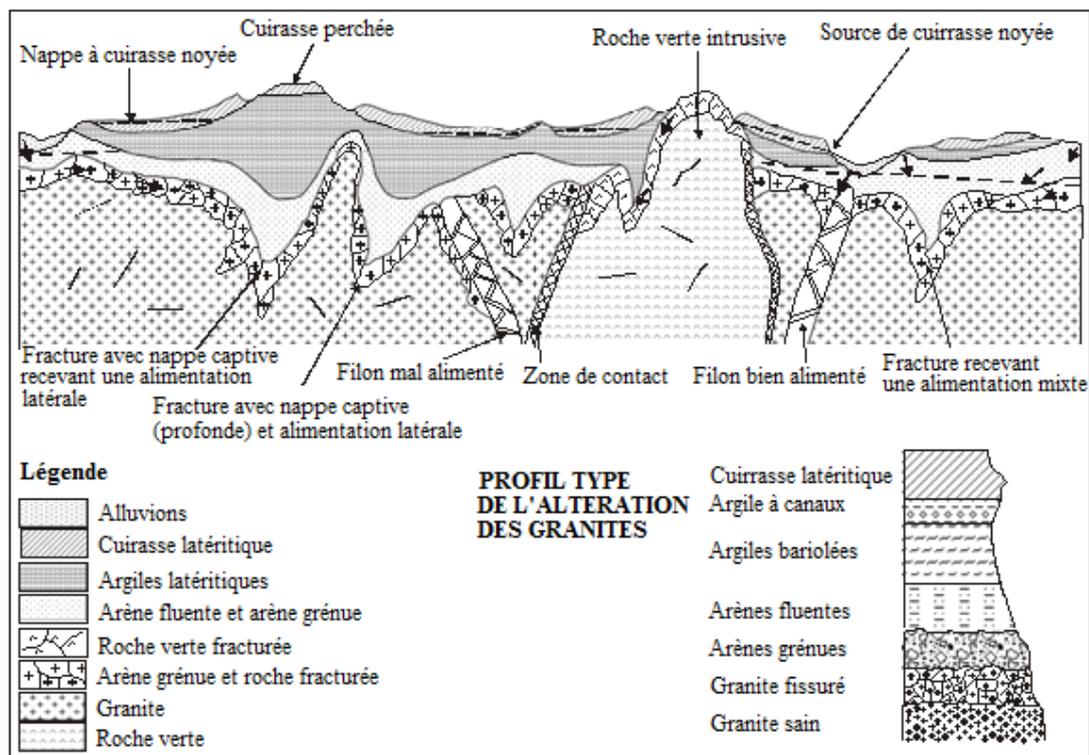
- sol arable, couche peu épaisse, humifère sous couvert forestier, plus lessivé et latéritique en zone de savane arbustive, c'est une zone de forte activité biologique ;
- carapace ou cuirasse latéritique de couleur brune, riche en oxyde de fer et d'aluminium pouvant évoluer vers une bauxite ou s'enrichir en oxyde de manganèse ;
- argile latéritique épaisse de quelques mètres renfermant des grains de quartz résiduels ;
- arène granitique fortement kaolinisée au sommet devenant grenue lorsqu'on se rapproche de la roche saine et les minéraux sont de mieux en mieux conservés (quartz, feldspaths, micas) mais présentent un aspect de surface altéré ;
- roche mère fissurée et fracturée.

Dans la zone d'étude, l'épaisseur moyenne des altérites est de l'ordre de 25 m, avec les valeurs extrêmes de 0 m et 60 m (Leblond, 1984).



**Figure 6** : profil d'altération sur schiste et granite (Soro *et al.*, 2009)

La géométrie et la nature des aquifères en zone de socle dépendent du type de roches du substratum, ainsi que de la tectonique et de l'altération qu'elles ont subies depuis leur mise en place. (Figure 7).



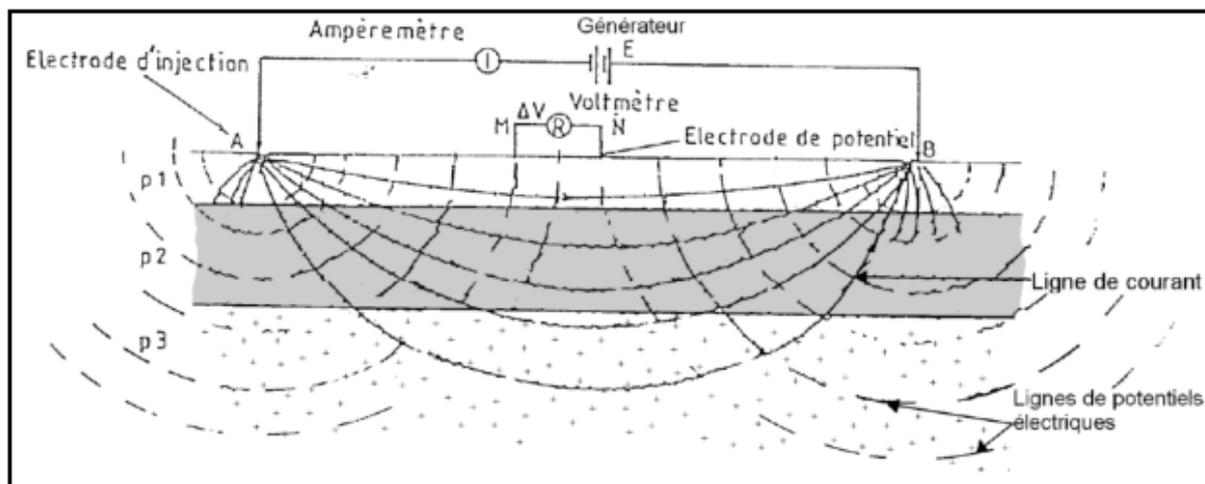
**Figure 7 :** mode de gisement des eaux souterraines dans le socle cristallin Ouest africain (Savadogo, 1984)

## 1.2- Généralités sur les méthodes géophysiques utilisées.

Les techniques de la géophysique électrique consistent à mesurer le potentiel induit par l'injection dans le sol d'un courant continu ou alternatif, au moyen d'électrodes métalliques plantées en surface. Contrairement à la méthode de polarisation induite effectuée en courant alternatif, les mesures de la méthode de résistivité sont réalisées en courant continu, éventuellement à basse fréquence (Telford *et al.*, 1990). Nous parlerons, dans le cadre de cette étude, seulement des méthodes de résistivité électrique.

### 1.2.1- Principe de la méthode de résistivité électrique

Les méthodes de résistivité électrique sont fondées sur la mesure de la différence de potentiel (ddp), à partir d'électrodes dites de potentiel M et N, après injection de courant continu dans le sous-sol, au moyen d'électrodes dites de courant A et B (Figure 8).



**Figure 8 :** principe de mesure de la résistivité (Sombo, 2012)

La propriété physique étudiée est la résistivité ( $\rho$ ). Connaissant « I » l'intensité du courant injecté milliampère (mA) et " $\Delta V$ " la différence de potentiel en millivolt (mV), on détermine la résistivité ( $\rho$ ) par l'équation (1) :

$$\rho = K \frac{\Delta V}{I} \quad (\text{Équation 1})$$

Avec « K » le facteur géométrique exprimé en mètre (m). Il est fonction des différentes configurations des électrodes de mesure.

La résistivité électrique ( $\rho$ ) d'un milieu est définie comme étant la propriété physique qui détermine la capacité de ce milieu à s'opposer au passage du courant électrique (Chouteau & Giroux, 2006). Elle est l'inverse de la conductivité électrique et s'exprime en ohm mètre ( $\Omega \cdot m$ ).

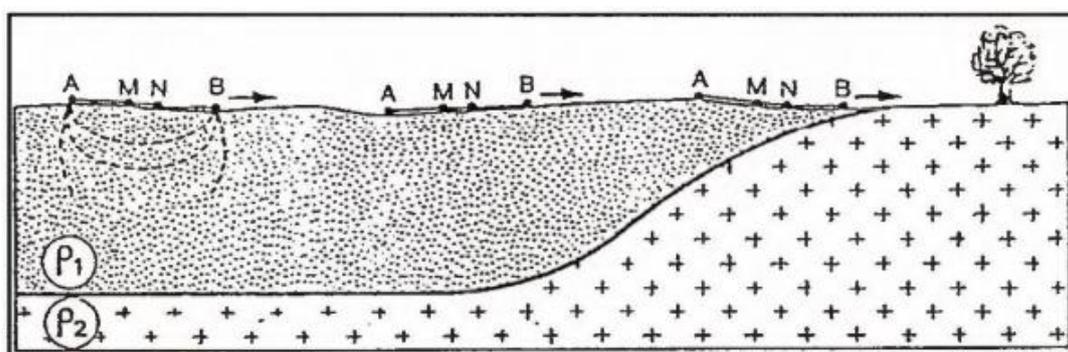
Notons que dans la pratique, la résistivité mesurée correspond à une résistivité apparente ( $\rho_a$ ), qui est définie comme la résistivité d'un sol hétérogène constitué d'une succession de plusieurs horizons géologiques et isotrope (Sombo *et al.*, 2011).

### 1.2.2- Différentes techniques de la méthode de résistivité électrique.

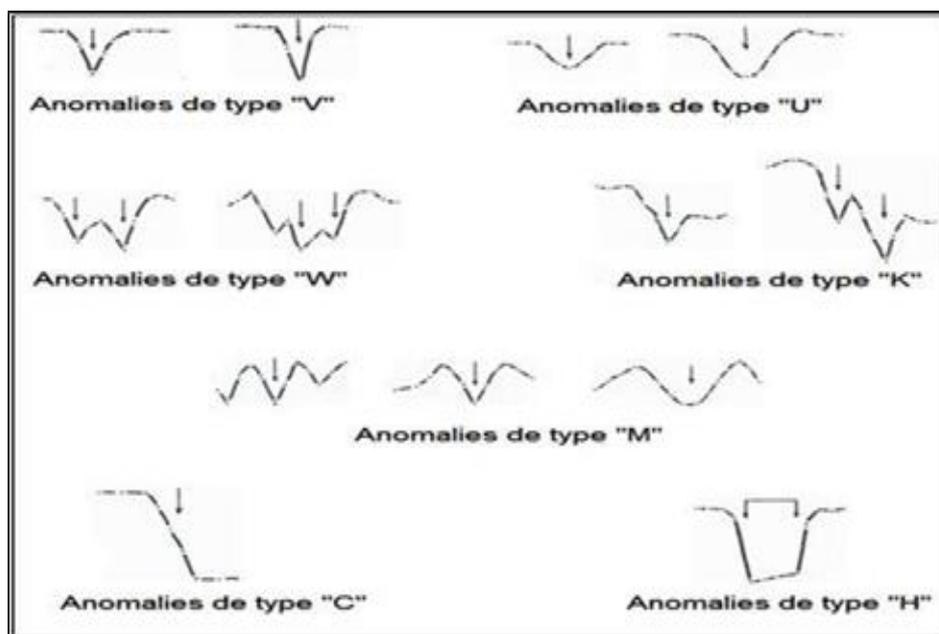
On distingue trois techniques distinctes avec la méthode de résistivité électrique: le sondage électrique, le trainé électrique et la tomographie électrique.

- **Trainé électrique**

Cette technique est une investigation latérale ou horizontale. Il permet d'évaluer qualitativement le sous-sol. Il identifie les discontinuités au sein d'une formation géologique. De façon spécifique, il permet à mettre en évidence la fracturation dans la roche mère (Sombo, 2012). Il consiste à effectuer des mesures de résistivité à une profondeur constante du sous-sol, en déplaçant le quadripôle ABMN, de dimensions fixes le long d'un profil rectiligne (Figure 9). Les résultats de trainés électriques sont présentés sous forme de profils de résistivité sur une échelle semi logarithmique. Plusieurs formes d'anomalies conductrices, correspondant à des fractures du socle cristallin, sont identifiées sur ces profils (Figure 10).



**Figure 9** : mise en œuvre du trainé électrique (Chapellier, 2000)

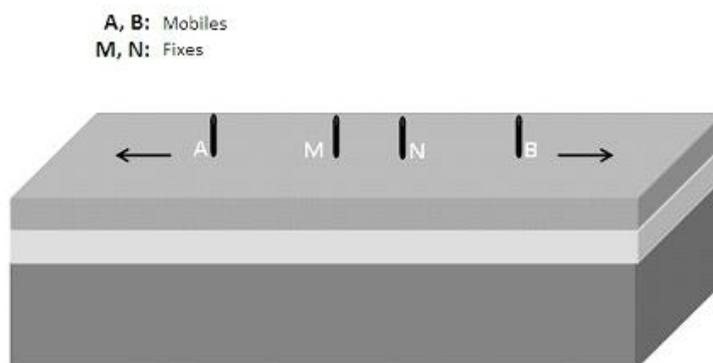


**Figure 10** : différentes formes d'anomalies conductrices (Sombo *et al.*, 2011)

- **Sondage électrique**

Le sondage électrique est une investigation verticale 1D du sous-sol. Il permet d'évaluer quantitativement la géométrie du profil d'altération de la roche mère ou la stratigraphie de dépôt de sédiments. Par le sondage électrique, on détermine, en un point de la surface du sol, l'épaisseur des altérites ou de sédiments. Il permet aussi de déterminer la résistivité de chaque horizon géologique traversé par le courant électrique. En milieu de socle, il est possible, avec cette technique, de mettre en évidence les zones fracturées de la roche mère (Sombo, 2012).

Le sondage électrique (SE) consiste à agrandir successivement les électrodes de courant A et B du quadripôle ABMN, autour d'un point O centre de A et B, M et N restant fixes (Figure 11). En effet, la profondeur d'investigation augmente avec l'écart entre les électrodes A et B. Avec distance entre A et B grande, le courant atteint des profondeurs importantes.



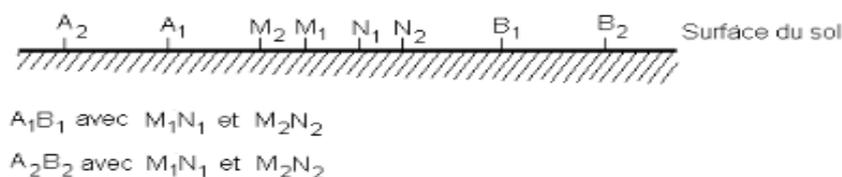
**Figure 11** : sondage électrique par la configuration Schlumberger (Sombo *et al.*, 2011)

Dans la pratique, en augmentant l'écart entre A et B, le voltage mesuré entre M et N diminue, car, les électrodes M et N se retrouve trop loin de A et B pour enregistrer le potentiel généré par A et B. Ce qui amène à augmenter la distance MN. On réalise dans ce cas un embrayage (Sombo, 2012). Au point d'embrayage, on effectue 4 mesures de résistivités (Figure 12a) :

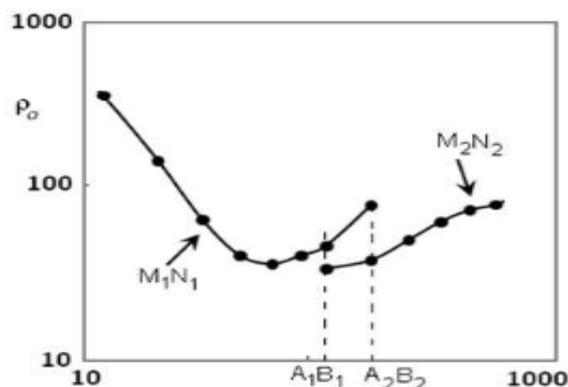
- deux premières mesures  $A_1 B_1$  avec  $M_1 N_1$  et  $M_2 N_2$  ;
- deux autres mesures  $A_2 B_2$  avec  $M_1 N_1$  et  $M_2 N_2$ .

Au niveau des courbes de sondages l'embrayage est le plus souvent marqué par des écarts de valeurs de résistivités (saut à l'embrayage) (Figure 12b).

Il est à noter que les sondages électriques sont en générale effectués au droit des anomalies détecter à partir des traînés électriques.



(a)



(b)

**Figure 12 :** (a) embrayage au cours du sondage électrique ; (b) embrayage sur la courbe de sondage (Sombo, 2012)

### 1.3- Généralités sur les propriétés hydrodynamiques de l'aquifère du socle

Gombert (1997) définit la productivité comme étant la capacité d'un aquifère à fournir, par le biais d'un ouvrage, un débit minimal susceptible d'être exploité. Ce sont : la transmissivité, la perméabilité, la porosité et le débit spécifique.

#### 1.3.1- Transmissivité

La transmissivité est définie comme étant la quantité d'eau qui peut être transmise horizontalement par l'épaisseur saturée totale de la roche à travers une unité de largeur sous l'effet du gradient hydraulique. Elle permet de prévoir comment réagira le niveau piézométrique suite à un pompage. Elle est déterminée par des essais de pompage. Vouillamoz (2003) mentionne que la transmissivité est une mesure de la productivité de l'aquifère.

#### 1.3.2- Perméabilité

La perméabilité définit l'aptitude du sol à permettre l'infiltration de l'eau (Gombert 1997).

### 1.3.3- Porosité

La plupart des roches et des sols contiennent naturellement un certain pourcentage de vides qui peuvent être occupés par l'eau ou des fluides. C'est ce que l'on appelle leur porosité (Lachassagne *et al.*, 2005). Il faut tout de suite distinguer l'existence de ces vides avec leur interconnexion permettant à un fluide d'y circuler. Elle se définit comme une condition nécessaire non suffisante de la perméabilité. Un cas particulier de vide dans les roches compactes est la fissuration. Par jeu tectonique, la quasi-totalité des roches de l'écorce terrestre est fracturée (failles, fissures, diaclases). Ces fissures s'organisent généralement en au moins deux directions principales de fissuration qui découpent la roche en blocs. On est donc en présence d'un réseau de fissures, plus ou moins interconnectées, qui peut créer des vides dans la roche si les fissures ne sont pas colmatées par un remplissage quelconque (argiles, calcite, quartz). On parle alors de porosité de fissure.

En hydrogéologie, seule sera prise en compte la porosité efficace qui représente l'eau libre de mouvement, est intéressante pour les sources, les puits et les forages. La porosité efficace représente une part de la porosité totale d'autant plus petite que les pores du milieu sont fins. C'est ainsi que les argiles ont une porosité totale qui peut être très grande, mais la finesse des interstices fait que toute l'eau est essentiellement de l'eau de rétention, et que la porosité efficace est faible. En règle générale, plus les grains d'une roche sont fins, plus la porosité efficace diminue et la capacité de rétention augmente.

### 1.3.4- Débit Spécifique

Le débit spécifique est le débit par unité de rabattement. Il est directement proportionnel à la transmissivité (Maréchal *et al.*, 2004)

### 1.3.4- Coefficient d'emménagement

Le coefficient d'emménagement est le volume d'eau libérée ou stockée par l'aquifère (Maréchal *et al.*, 2004)

## **DEUXIÈME PARTIE : MATÉRIEL ET MÉTHODES**

## 2.1- Matériel

### 2.1.1- Données

Les données utilisées proviennent du rapport final géophysique d'implantation des forages du projet POLE AGRO-INDUSTRIEL dans les régions du Bélier et des Lacs. Ces données sont essentiellement des données de résistivité apparentes et hydrodynamiques (perméabilité, porosité, transmissivité, débit spécifique, coefficient d'emménagement). Au total, 22 fiches techniques de forages et leurs données géophysiques correspondant sont mises à contribution.

### 2.1.2- Matériel de terrain

Deux types de matériels ont été utilisés. Il s'agit du matériel de terrain et matériel de traitement.

#### 2.1.2.1- Matériel de prospection géophysique

Le matériel de prospection géophysique est composé de (Figure 13) :

- résistivimètre de type SYSCAL R1 pour la mesure de sondages électriques
- deux bobines de raccordement de fil de courant pour faire passer le courant ;
- électrodes d'injection (A et B) de courant et électrodes (M et N) de mesure du potentiel ;
- boussole pour déterminer la direction des lignes des trainés électriques ;
- GPS pour relever les coordonnées des points de sondages électriques ;
- marteaux pour implanter les électrodes dans le sol ;

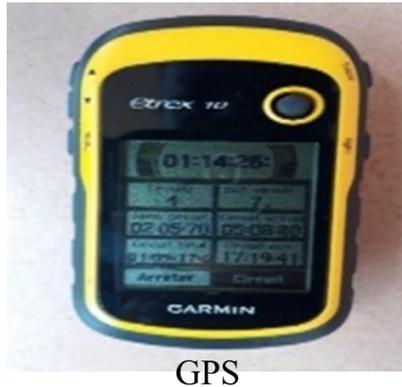


Figure 13 : matériel d'implantation géophysique

### 2.1.2.2- Matériel de collecte de données hydrodynamiques

Le matériel de collecte de données hydrodynamiques est constitué de (Figure 14) :

- GPS pour prendre les coordonnées géographiques des points d'échantillonnage ;
- tarière pour prélever des échantillons de sol ;
- sonde électrique pour mesurer les niveaux piézométriques ;
- infiltromètre à double anneau pour mesurer la perméabilité sur le terrain.



**Figure 14** : matériel de collecte de données hydrodynamiques

### 2.1.3- Matériel de traitement de données

Le matériel de traitement de données est constitué de :

- logiciel ArcGIS 10.4 pour la réalisation des différentes cartes ;
- logiciel AQTESOLV pour la détermination de la transmissivité ;
- logiciel SURFER pour la réalisation du modèle conceptuel hydrogéologique ;
- logiciel IPI2WIN pour réaliser et interpréter les courbes de sondages électriques.

## **2.2- Méthodes**

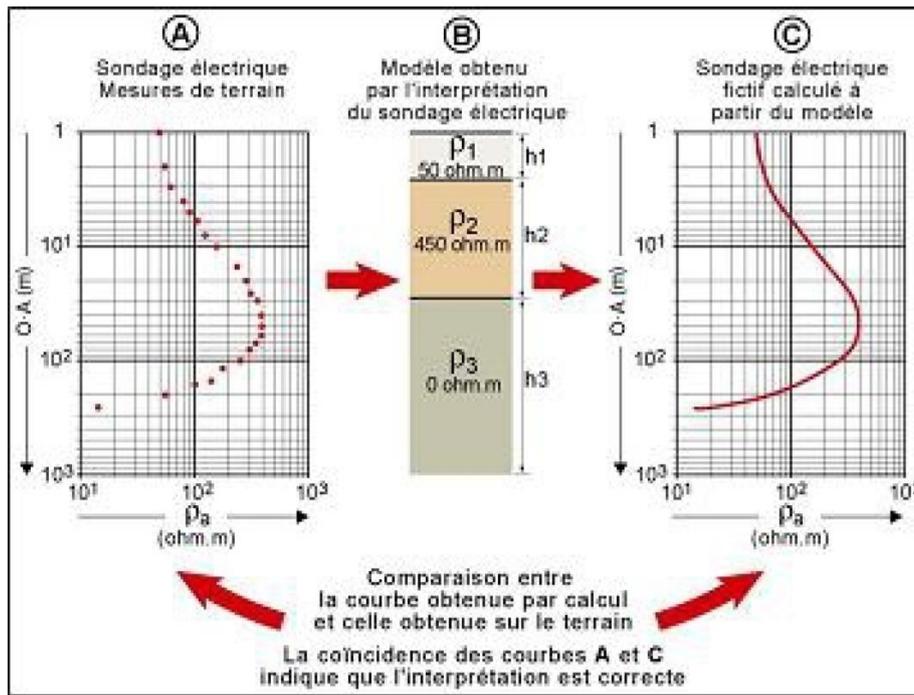
### **2.2.1- Élaboration de modèle conceptuel hydrogéologique des aquifères**

Deux de modèle conceptuel sont élaborés : le modèle conceptuel géoélectrique et le modèle conceptuel géologique.

#### **2.2.1.1- Élaboration de modèle conceptuel géoélectrique**

Le modèle conceptuel géoélectrique est réalisé, à partir des résultats de sondage électrique (épaisseurs d'altérites et fracturation). Le dispositif Schlumberger a été utilisé pour faire les sondages électriques avec une demi-longueur de courant  $AB/2$  variant de 1 à 100 m avec des changements d'espacement MN (embrayages). Ce dispositif est symétrique par rapport au centre O. Les points A, B, M et N sont alignés et la distance MN est comprise entre 0,8 et 20 m.

Le traitement des données de sondage électrique est fait avec le logiciel IPI2WIN qui a consisté à la représentation et à l'interprétation des courbes de sondages électriques. Les valeurs de résistivités apparentes sont reportées sur une échelle bi-logarithmique avec en abscisse, les distances  $AB/2$  en mètre et ordonnées la résistivité apparente en ohm.m. L'interprétation avec ce logiciel utilise des algorithmes d'inversion. Elle consiste à comparer les courbes pré-calculées (Chapellier, 2000 ; Marescot, 2009) pour divers modèles (épaisseur et résistivité variables) avec des résultats de terrain (courbes de sondage électrique) (Figure 15).



**Figure 15** : interprétation automatique de données de sondage (Marescot, 2009)

Des cartes de résistivité vraie en fonction de la profondeur sont élaborées, à partir des valeurs de résistivité vraie déterminées par l'inversion des courbes de sondage électrique.

Le modèle conceptuel géoélectrique est réalisé à l'aide du logiciel SURFER. Il s'agit d'intégrer les épaisseurs d'altérites et la fracturation obtenue, à partir des résultats de sondage électrique.

### 2.2.1.2- Élaboration de modèle conceptuel géologique

Le modèle conceptuel géologique est également réalisé à l'aide du logiciel SURFER. Il s'agit d'intégrer les épaisseurs d'altérites et la fracturation relevée sur les fiches de forage.

## 2.2.2- Détermination des propriétés hydrodynamiques

### 2.2.2.1- Transmissivité

La transmissivité a été déterminée à l'aide de la méthode de Cooper-Jacob en remontée. L'application de cette méthode suppose qu'un certain nombre de conditions soit satisfait à savoir : l'aquifère a une extension latérale infinie, le diamètre du puits est négligeable, le puits est parfait, l'aquifère est captif, l'aquifère est homogène, isotrope, d'épaisseur constante sur toute la zone influencée par le pompage et l'écoulement vers le forage est transitoire. Dans bien

des cas, les pompages d'essai réalisés ne vérifient jamais l'intégralité de ces conditions. Selon Lasm (2000), cette situation n'empêche cependant pas l'usage des méthodes pour l'interprétation de ces pompages, qui donnent des résultats significatifs et représentatifs des aquifères quand les conditions réelles sont voisines des conditions théoriques. En effet, à l'arrêt du pompage, l'eau souterraine continue de s'écouler en direction de l'ouvrage de captage. Le niveau de l'eau dans le forage remonte et simultanément le niveau piézométrique de la surface de dépression s'élève. Dans ces conditions, le rabattement résiduel  $S_r$  obtenu s'écrit selon l'équation 2 :

$$S_r = \frac{Q}{4\pi T} \left[ \ln \frac{4Tt}{(r)^2 S'} - \ln \frac{4Tt'}{(r)^2 S'} \right] \quad (\text{Équation 2})$$

Avec  $S_r$  rabattement résiduel (m),  $r$  distance entre le piézomètre d'observation et l'ouvrage (m),  $S'$  coefficient d'emmagasinement de la remontée (sans unité),  $S$  coefficient d'emmagasinement de la descente (sans unité),  $t$  temps depuis le début du pompage (s ou min ou h),  $t'$  temps à la fin du pompage (s ou min ou h) et  $Q$  débit de la remontée (moyenne des débits du pompage) en  $m^3/h$ . En supposant que  $S=S'$ , on obtient selon les équations 3 et 4 les expressions de  $S_r$  et  $T$ .

$$S_r = \frac{0,183Q}{T} \log \frac{t}{t'} \quad (\text{Équation 3})$$

$$\text{On obtient : } T = \frac{0,183Q}{\alpha} \quad (\text{Équation 4})$$

Avec  $\alpha$ , la pente de la droite obtenue en représentant  $S_r$  en fonction de  $\log t/t'$  ( $S_r = f(\log(t/t'))$ ) sur du papier semi-logarithmique ( $t/t'$  est porté en échelle logarithmique). Cette méthode permet de calculer uniquement la transmissivité avec l'équation 4.

### 2.2.2.2- Perméabilité des couches d'altérites

La méthode fondée sur le principe de l'infiltration à charge constante sur lequel est basée la méthode de Porchet a été utilisée. Ce test permet de mesurer la conductivité hydraulique à saturation d'un sol (ou perméabilité), celle-ci définissant l'aptitude du sol à permettre l'infiltration de l'eau. L'appareil est composé de deux anneaux (diamètres 30 et 50 cm) enfoncés dans le sol de 5 cm centimètres et rempli d'eau. Le principe est de suivre l'évolution du niveau d'eau en fonction du temps dans l'anneau interne pour connaître la vitesse d'infiltration sur chaque pas de temps. Notons que durant toute la mesure, on doit veiller à ce que les niveaux

d'eau dans les deux anneaux restent les mêmes (au besoin, on modifie celui de l'anneau externe). On peut alors supposer que sous l'anneau interne l'infiltration est verticale. Au bout d'un certain temps un régime permanent s'installe et la vitesse d'infiltration devient constante. C'est de la valeur de cette vitesse que l'on déduit la valeur du coefficient de perméabilité en utilisant la loi de Darcy (Équation 5).

$$Q = K * S * \left(\frac{H}{L}\right) \quad (\text{Équation 5})$$

Avec, Q = Quantité d'eau percolée (mm<sup>3</sup>/h), H = Charge d'eau (mm), L = Longueur de la colonne de terre (mm), S = Surface de la section de la colonne d'eau (mm<sup>2</sup>), K = Conductivité hydraulique ou coefficient de la perméabilité (mm/h).

La loi de Darcy est appliquée à une colonne de sol saturée soumise à un écoulement unidimensionnel dans un milieu homogène et isotrope. Avec H/L : la pente hydraulique. Après simplification de l'équation 1, on obtient l'équation 5.

$$K = \frac{Q}{S} \quad \text{Equation 6}$$

$$\text{Equation 7}$$

$$\text{Avec } S = (2\pi * r * h) + (\pi * r^2)$$

$$\text{Equation 8}$$

$$\text{Or : } Q = \frac{V}{t} = \left(\frac{\pi * r^2 * h'}{t}\right)$$

$$\text{Soit } K = \frac{\pi * r^2 * h'}{t * (2\pi * r * h + \pi * r^2)} = \frac{r * h'}{t * (2h + r)} \quad \text{Equation 9}$$

Avec, S = Surface latérale + surface du fond, K = Conductivité hydraulique (mm/h), S = Surface d'infiltration, correspondant à la totalité des surfaces en contact avec l'eau (mm<sup>2</sup>), V = Volume d'eau percolée (mm<sup>3</sup>), r = rayon du trou (mm), h' = Hauteur de la lame d'eau percolée (mm), t = temps écoulé (h), h = hauteur de la colonne d'eau (valeur initiale, en mm).

### 2.2.2.3- Perméabilité de l'aquifère de fissures

La propriété de conduite d'un aquifère est contrôlée par sa perméabilité ou conductivité hydraulique. Celle-ci est la capacité du milieu à laisser circuler l'eau généralement exprimée par le coefficient de perméabilité  $K$  de Darcy. Elle dépend des caractéristiques du milieu et du fluide. Elle a la dimension d'une vitesse. Il n'y a aucun rapport direct entre la porosité et la perméabilité, mais pour être perméable la roche doit être obligatoirement poreuse (Castany, 1982). Les possibilités de circulation d'eau dans un aquifère dépendent de  $K$  et de son épaisseur mouillée ( $e$ ) en m. Cela induit la notion de transmissivité  $T$  s'exprimant en  $m^2/s$  (équation 10).

$$T = K \times e \text{ d'où } K = \frac{T}{e} \quad (\text{Équation 10})$$

Avec,  $K$  = Perméabilités (m/s) ;  $T$  = Transmissivités ( $m^2/s$ ) ;  $e$  = épaisseurs mouillées (m)

### 2.2.2.4- Porosité

On appelle porosité d'une roche le rapport des volumes des vides ou des pores avec le volume total de l'échantillon. Pour déterminer la porosité totale on procède de la manière suivante :

- Prélèvement à l'aide d'une tarière et transport des échantillons de sol de la zone d'étude au laboratoire pour analyse ;
- Pour le prélèvement d'échantillons, on exerce une pression sur la tarière par des mouvements de rotation dans le sens des aiguilles d'une montre. L'outil s'enfonce progressivement dans la colonne de sol et emprisonne un échantillon qui est récupéré dans un sachet étiqueté et transporté au Laboratoire ;
- Au laboratoire, la méthode par saturation est utilisée pour déterminer la porosité totale.
- Après détermination du volume de l'échantillon sec et le volume des pores, la porosité totale est déterminée en appliquant les équations suivantes :

$$V_t = V_s + V_p \quad (\text{Équation 11})$$

$$P_t = \frac{V_p}{V_t} \quad (\text{Équation 12})$$

Avec,  $P_t$  = Porosité totale,  $V_p$  = Volume des pores,  $V_s$  = Volume d'échantillon sec,  $V_t$  = Volume total.

### 2.2.2.5- Détermination du débit spécifique

L'estimation de la productivité des aquifères, à partir du débit spécifique est meilleure, car les mesures de  $Q/s$  représentent les réelles caractéristiques hydrogéologiques de l'aquifère par rapport à la transmissivité, Ils s'appuient sur le fait que les valeurs de transmissivité sont obtenues à partir de l'interprétation de formules théoriques. Toutefois, les valeurs de  $Q/s$  peuvent être entachées d'erreurs si elles sont mesurées sur des forages isolés comme c'est le cas en Côte d'Ivoire, du fait des pertes de charges quadratiques intervenant lors de la mesure du rabattement. Le débit spécifique est obtenu en faisant le rapport entre le débit moyen ( $Q$ ) et le rabattement ( $s$ ) selon l'équation 9 (Fossou, 2010) :

$$Q_{sp} = \frac{Q}{s} \quad (\text{Équation 13})$$

Avec,  $Q_{sp}$  = débit spécifique ( $m^3/h/m$ ),  $Q$  = débit moyen de fin de pompage ( $m^3/h$ ),  $S$  = rabattement de la nappe (m).

### 2.2.2.6- Coefficient d'emmagasinement

Le coefficient d'emmagasinement, est le volume d'eau libérée ou stockée par l'aquifère. Les pompages d'essai réalisés ne vérifient jamais l'intégralité de ces conditions. Selon Lasm (2000), cette situation n'empêche cependant pas l'usage des méthodes pour l'interprétation de ces pompages, qui donnent des résultats significatifs et représentatifs des aquifères quand les conditions réelles sont voisines des conditions théoriques. En effet, à l'arrêt du pompage, l'eau souterraine continue de s'écouler en direction de l'ouvrage de captage. Le niveau de l'eau dans le forage remonte et simultanément le niveau piézométrique de la surface de dépression s'élève. Dans ces conditions, le rabattement résiduel  $S_r$  obtenu s'écrit selon l'équation 14 : unité d'aire horizontale de l'aquifère par unité de variation du gradient hydraulique.

$$S_r = \frac{Q}{4\pi T} \left[ \ln \frac{4Tt}{(r)^2 S'} - \ln \frac{4Tt'}{(r)^2 S'} \right] \quad (\text{Équation 14})$$

$S_r$  le rabattement résiduel (m) ;  $r$  la distance entre le piézomètre d'observation et l'ouvrage (m) ;  $S'$  le coefficient d'emmagasinement de la remontée (sans unité) ;  $S$  le coefficient d'emmagasinement de la descente (sans unité) ;  $t$  le temps depuis le début du pompage (s ou min ou h) ;  $Q$  : débit de la remontée (moyenne des débits du pompage) en  $m^3/h$ . En supposant que  $S=S'$ , on obtient selon les équations 4 et 5 les expressions de  $S_r$  et  $T$

$$Sr = \frac{0,183Q}{T} \log \frac{t}{t'} \quad (\text{Équation 15})$$

### **2.2.3- Établissement d'une relation entre les propriétés hydrodynamiques et la résistivité**

La mise en relation des propriétés hydrodynamiques et la résistivité consiste à superposer les cartes de résistivité vraie aux différentes cartes de répartition de chaque paramètre hydrodynamique, au niveau des altérites et de la zone fissurées.

## **TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION**

### 3.1- Résultats

#### 3.1.1- Modèle conceptuel hydrogéologique

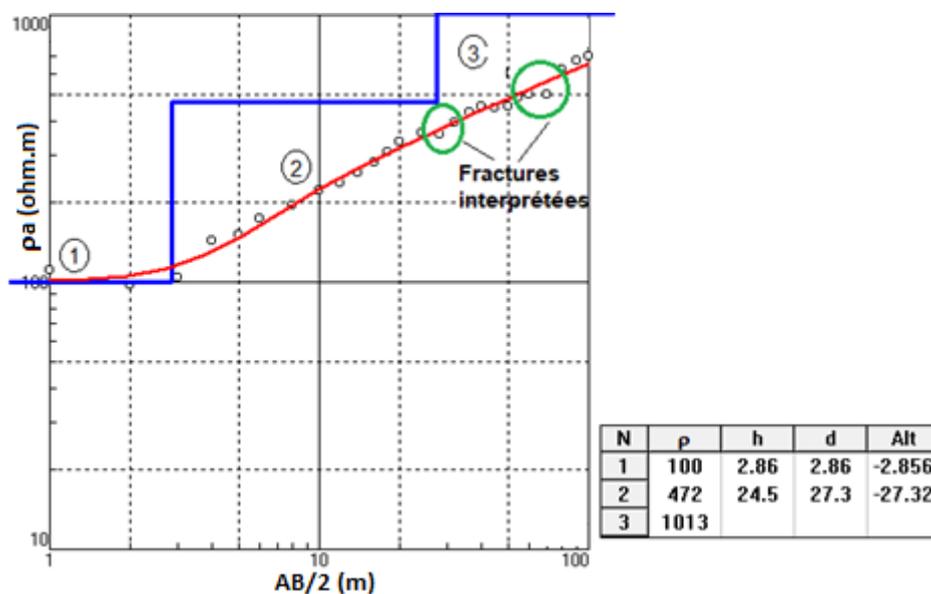
Deux types modèles conceptuels sont présentés dans le cadre de cette étude : le modèle conceptuel géoélectrique et le modèle conceptuel géologique.

##### 3.1.1.1- Modèle conceptuel géoélectrique

###### ❖ Courbes de sondage électrique

Les courbes de sondages électriques obtenues au cours de cette étude sont de types A, H et KH. Les formations géoélectrique qu'elles mettent en évidence correspondent respectivement à des formations à trois (03) et quatre (04) horizons géologiques.

Les courbes de type « A » sont caractérisées par des valeurs de résistivité qui croissent avec la profondeur. Elles présentent une seule branche ascendante. Dans notre cas, on observe de légers changements de pente sur la branche ascendante. Ce qui matérialise un changement de couches dans le sous-sol. La courbe de sondage électrique SE1 obtenu à Adaoukro illustre bien les courbes de sondage de type « A » enregistrées au cours de cette étude (Figure 16).

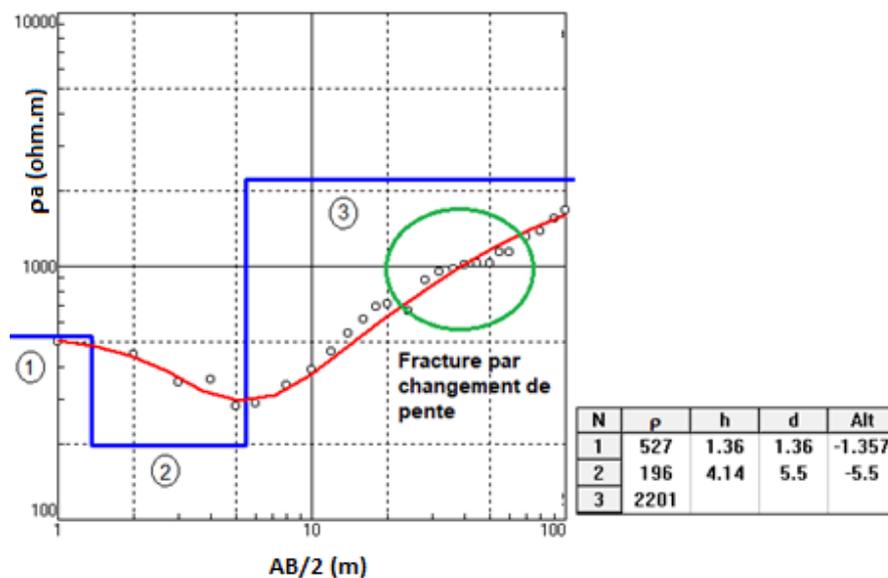


**Figure 16 :** courbe sondage électrique de type A : exemple de SE1 à Adaoukro

Ce type de courbes obtenues, dans le cadre de cette étude, présente trois horizons géologiques superposés. L'interprétation de la courbe de sondage SE1 d'Adaoukro permet de mettre en évidence une formation à trois terrains géoélectriques distinct. De haut en bas nous avons :

- un terrain conducteur de 100 ohm.m, correspondant à de l'argile latéritique de 2,8 m d'épaisseur. Localement il avoisine 4 m d'épaisseur. Ce terrain correspond au début (première partie) de la courbe de sondage électrique ;
- un terrain très épais (24,5 m) et de conductibilité moins importante (472 ohm.m) que le premier, il pourrait s'agir de l'argile sableuse. C'est la deuxième partie de la courbe de sondage électrique ;
- un socle granitique très fracturé, au vue de la résistivité pas très élevée (1013 ohm.m). Il s'agit de la dernière partie de la courbe de sondage électrique. La fracturation est marquée par de légères déflexions sur la courbe de sondage.

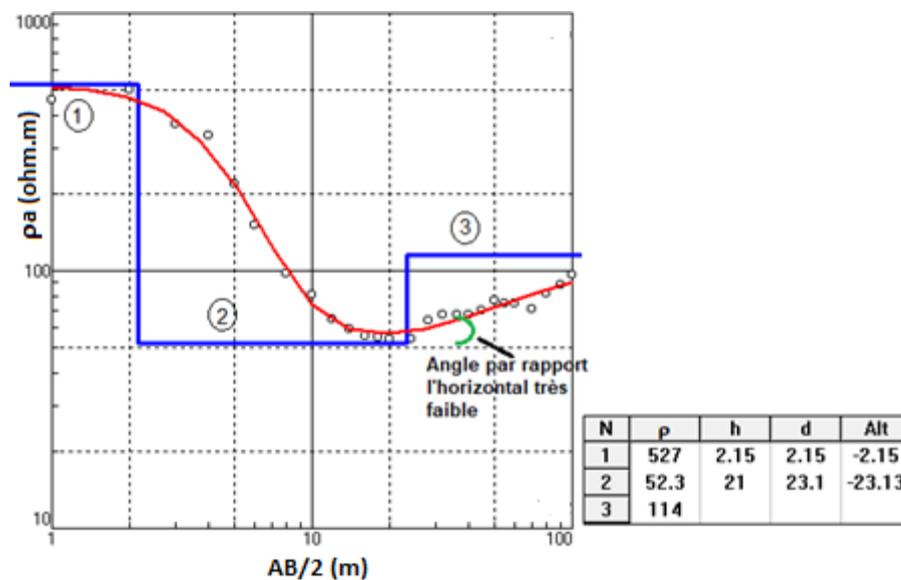
Contrairement aux courbes de type « A », les courbes de type « H » présentent deux branches. La première branche est descendante et la deuxième ascendante. Entre ces deux branches on observe une dépression des valeurs de résistivité. Ce type de courbe met en évidence trois horizons géoélectriques distincts. La courbe électrique SE1 obtenue à Tontonoukro est présentée en exemple à la (Figure 17).



**Figure 17** : courbe sondage électrique de type H : exemple de SE1 à Tontonoukro

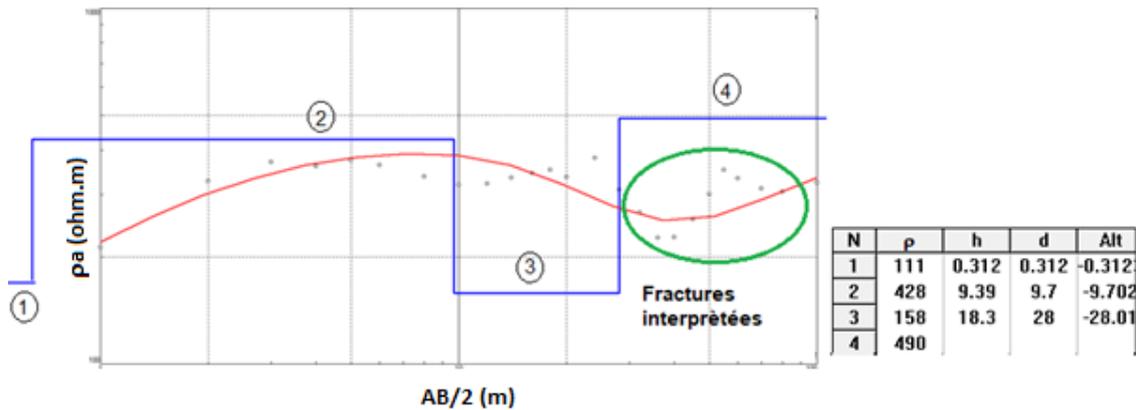
L'interprétation de cette courbe montre que la première couche, correspondant au début de la courbe de sondage, est un horizon géologique d'épaisseur 1,36 m, avec une résistivité de 536 ohm.m. Il s'agit d'un recouvrement superficiel constitué de terre arable et / ou de matériau géologique latéritique cuirassé. Par endroit, cette couche peut atteindre 4 m d'épaisseur ou ne pas dépasser 1 m. En dessous, on trouve un complexe conducteur (196 ohm.m), correspondant à 4,14 m d'argile. Sur la courbe, ce complexe conducteur est matérialisé par la partie

descendante de la courbe. Les deux premières couches sont superposées au socle cristallin résistant, qui correspond à la zone ascendante de la courbe de sondage. On remarque néanmoins la présence de fractures, matérialisées par un léger changement de pente et de légères déflexions. Le changement apparaît, à partir de 20 m de profondeur. On passe d'une pente de 45° à une pente moindre, signe de présence fractures dans le socle granitique. La remontée peut être caractérisée par une pente, par rapport à l'horizontal, très inférieure à 45° (remontée trainante). Le socle est donc très fracturé voire broyée. Il est donc très souhaitable de faire un forage à cet endroit pour capter la ressource en eau qui s'y trouve, car le débit est généralement important. C'est le cas du sondage électrique SE1 de Kouadio Yaokro (Figure 18).



**Figure 18** : courbe de sondage électrique avec une remontée trainante : exemple de SE1 à Kouadio Yaokro

La courbe de type KH montre « une cloche puis en fond de bateau ». Ce sont des courbes de sondage correspondant à un modèle de quatre horizons géoélectriques distincts. Ce type de courbe présente trois parties. La première et la troisième partie sont des branches ascendantes et la deuxième partie une branche descendante. Ce type de courbe met en évidence des formations géologiques à quatre (04) terrains. La courbe de sondage électrique SE1 obtenue à Loukoukro (Figure 19) est un exemple qui illustre bien ce type de courbe.



**Figure 19** : courbe sondage électrique de type KH : exemple de SE1 à Loukoukro

L'interprétation de la courbe de sondage SE1 de Loukoukro permet de mettre en évidence quatre (04) terrains géoélectriques distincts. Le premier horizon, de faible épaisseur (0,3 m), est un recouvrement superficiel constitué de terre arable. Il correspond au début de la première branche ascendante de la courbe. La résistivité est de 111 ohm.m.

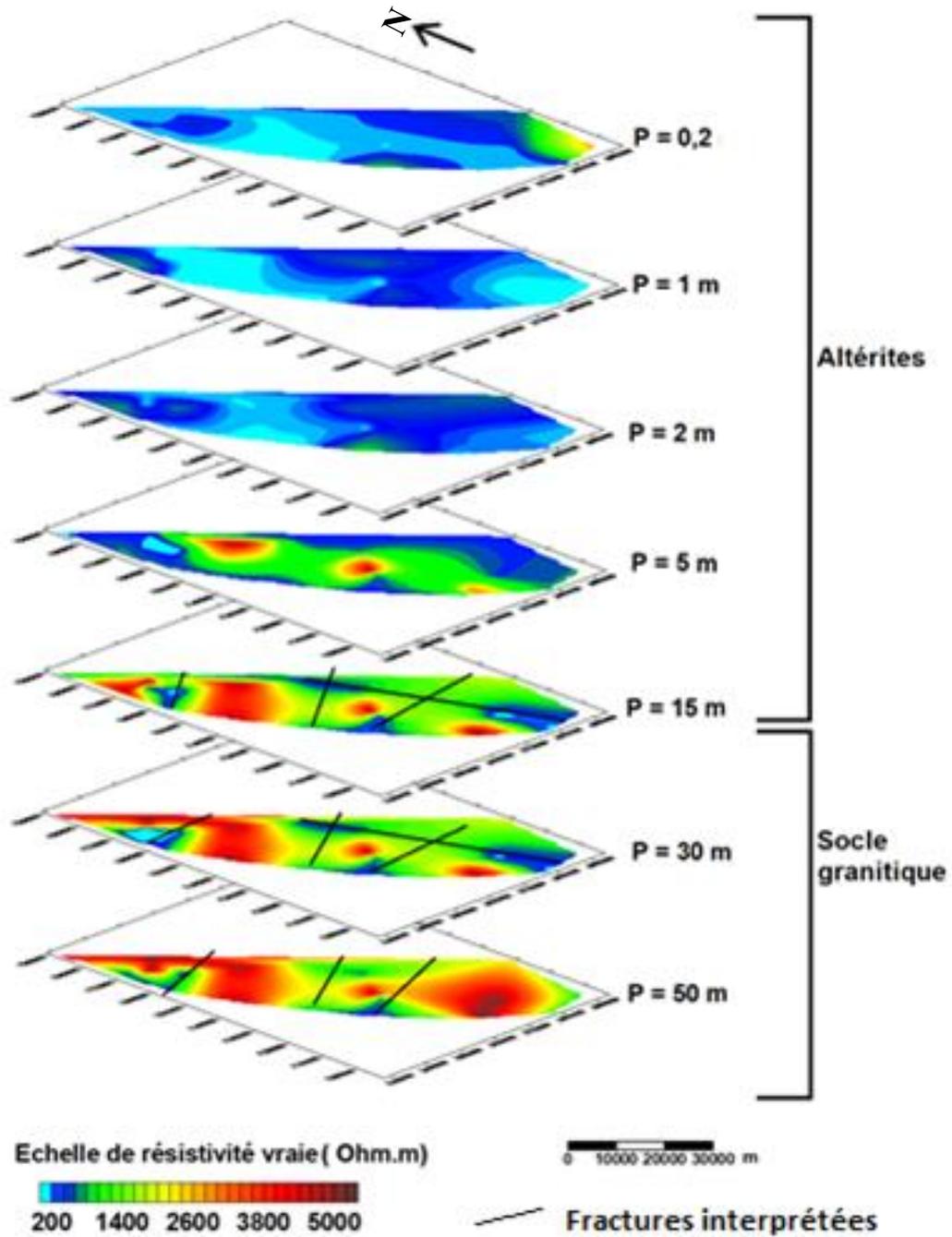
Le deuxième terrain matérialisé par le reste de la première branche ascendante, a une résistivité 428 ohm.m, et une épaisseur plus importante (9,5 m) que le premier terrain. Il s'agit d'un matériau latéritique.

Le troisième horizon correspond à la partie descendante de la courbe de sondage. C'est un complexe conducteur de 158 ohm.m. Ce sont des formations argileuses ou argile sableuse parfois latéritiques très épaisses (18 m).

Le socle cristallin fracturé constitue le quatrième horizon. Il est matérialisé par la deuxième branche montante. C'est une roche granitique de résistivité très variable en fonction de la qualité du substratum. Dans notre cas, le quatrième horizon a une résistivité faible (490 ohm.m). C'est donc une roche fracturée pouvant être un couloir de drainage d'eau souterraine. Ce massif rocheux est fracturé à différentes profondeurs. En effet, sur les courbes de sondages obtenues, on peut observer sur la remontée, des changements de pente ou perturbations, caractéristiques de fracturation dans le substratum.

#### ❖ Carte de la résistivité vraie avec la profondeur

La figure 20 présente des cartes de résistivité vraie en fonction de la profondeur déterminée par sondage électrique. Elles permettent d'identifier de façon formelle les aires de captage de l'eau souterraine de notre zone d'étude.



**Figure 20** : carte de résistivité vraie en fonction de la profondeur

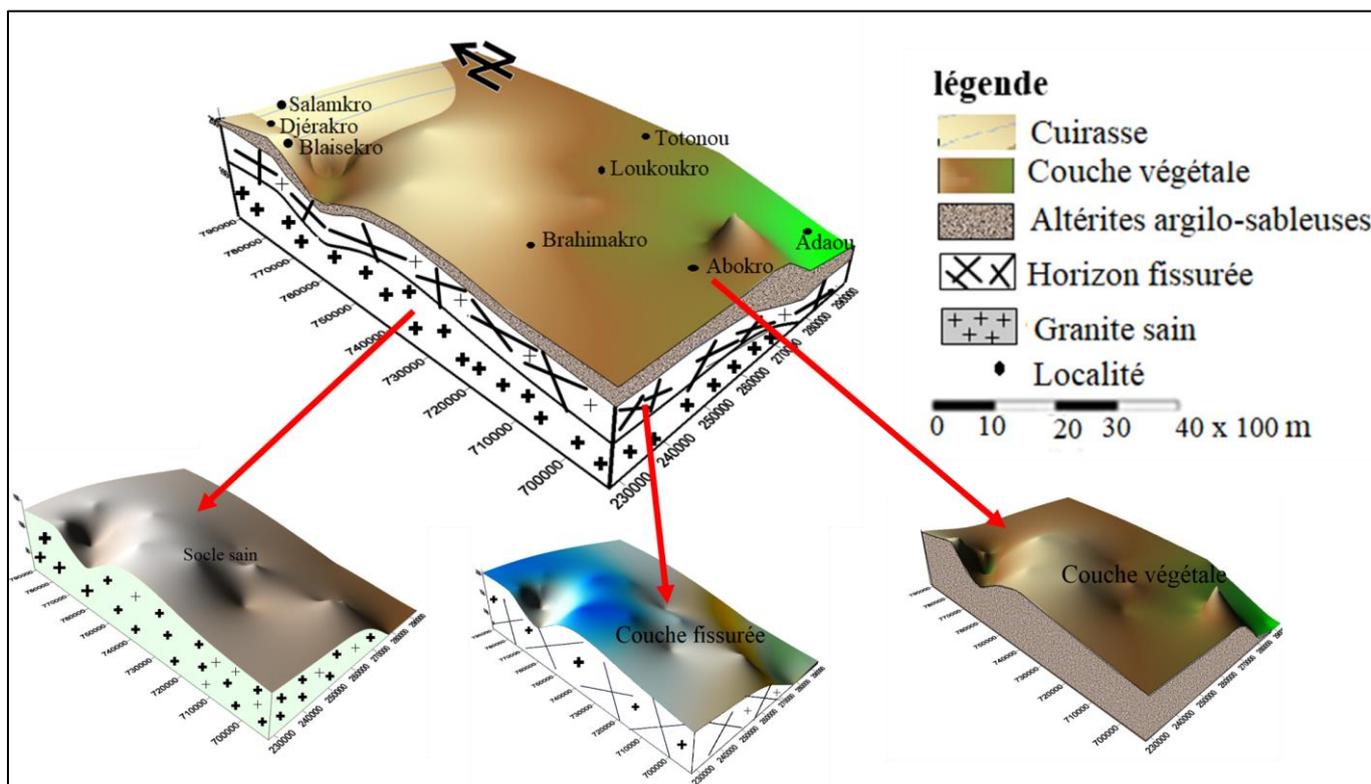
Deux zones d'aquifère sont mises en évidence : aquifère d'altérites et aquifère de fissure. Ces cartes montrent que les formations altérées vont jusqu'à 15 m de profondeur. Dans les altérites les faibles résistivités correspondent à des zones humides, donc possibilité d'avoir de l'eau. C'est l'aquifère exploité par les puits traditionnels. Au-delà de 15 m de profondeur l'on se situe

dans le socle granitique fracturé, les faibles et moyennes résistivité, généralement alignées sur les cartes, correspondent au substratum fracturé. Cette zone est la plus souvent captée lorsqu'on recherche les gros débits. C'est l'aquifère fissuré. Les fractures diminuent avec la profondeur.

❖ **Bloc diagramme géoélectrique**

Le bloc diagramme réalisé, à partir des sondages géophysiques montre un profil d'altération qui obéit à une structuration verticale (Figure 21). Trois grands ensembles de formations géoélectriques sont mise en évidence. À partir, de la surface du sol, on distingue :

- les horizons d'altérites ;
- la frange fissurée du socle ;
- le socle sain.



**Figure 21** : bloc diagramme géoélectrique

• **Horizons altérés**

Il s'agit de la partie du sous-sol au-dessus de la frange fracturée du socle et constitue un important réservoir aquifère le plus souvent utilisé par le monde paysan. Les résultats géophysiques montrent que cette tranche du sol est constituée de 2 à 3 terrains géoélectriques

distincts. Les horizons altérés sont constitués de haut en bas de cuirasse latéritique et/ou terre arable, les altérites argile sableuses (allotérite et isaltérite).

La première couche altérée, située en surface, correspond à la terre arable est formé d'un sol humifère ou d'un terrain remanié chargé de matières organiques. Dans cette terre arable sont identifiées d'importantes quantités de graviers quartzeux remaniés, issus des nombreux filons de quartz arrachés par le transit de matériel le long des versants. Elle est de faible épaisseur (moins d'un mètre). Cette couche est suivie de la cuirasse latéritique, qui atteint localement 3 m d'épaisseur. Le cuirassement, dure parfois compacte joue un rôle important dans la morphologie de la surface du sol. La résistance plus grande à l'érosion mécanique et chimique, par rapport aux manteaux d'altération non protégés imprime un caractère accidenté au paysage. Malgré cette opacité, elle a une perméabilité assez importante pour favoriser une percolation lente dans les terrains altérés et un écoulement latéral assez rapide vers les axes de drainage. La cuirasse est souvent absente au niveau des bas-fonds.

La deuxième couche altérée (dernière couche altérées), après la cuirasse latéritique et/ou terre arable est les altérites argilo-sableuses. Elles sont d'épaisseurs très variables (entre 4 et 30 m) et composées de deux horizons distincts (allotérite et isaltérite). La couche allotérite rencontrée est généralement constituée de kaolinite blanche avec la présence de grains de sables. Leur épaisseur varie entre 4 et 10 m. La couche isaltérite présente des traces altérées, nettement perceptibles de la roche mère. Elle est formée à sa base de débris grossiers et de blocs de granite sain. Elle est plus épaisse que la couche allotérite. Son épaisseur atteint 10 m en moyenne.

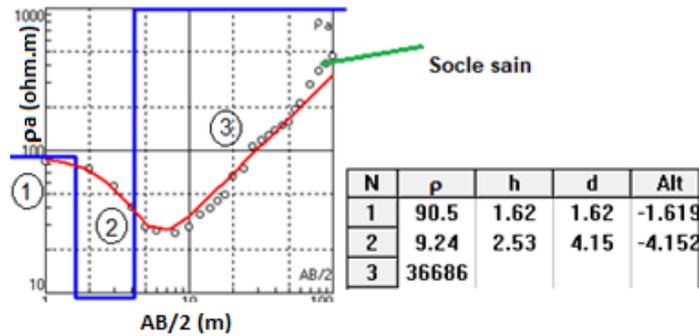
- **Frange fissurée du socle**

La frange fissurée du socle correspond à un aquifère profond. C'est la zone recherchée pour l'adduction en eau potable à gros débit. L'horizon fissuré correspond à la zone de transition entre les altérites et le granite sain. Il est légèrement altéré et très fissuré. Cet horizon constitue également un réservoir plus intéressant que celui des altérites. Son épaisseur atteint, localement, 50 m. Le granite fracturé, débité en blocs, affleure par endroit.

- **Pour socle granitique**

Il s'agit du substratum granitique non fissuré. Sur les courbes de sondage électrique, il correspond à la remontée de la courbe. La courbe a un angle par rapport à l'horizontal supérieur ou égal à 45°, qui ne présente aucune perturbation. La résistivité est très élevée dans ce cas.

Dans le cadre de cette étude AB /2 se limite à 100 m. Si on continue d’augmenter AB (distance entre les électrodes d’injection de courant), il est possible de rencontrer des perturbations sur les courbes de sondage électrique. La pente de la courbe peut également changer et devenir inférieure à 45° et montrer la présence de fractures dans ce substratum granitique. La figure 22 illustre bien un exemple de substratum sain sur la courbe de sondage SE1 à Djérakro.

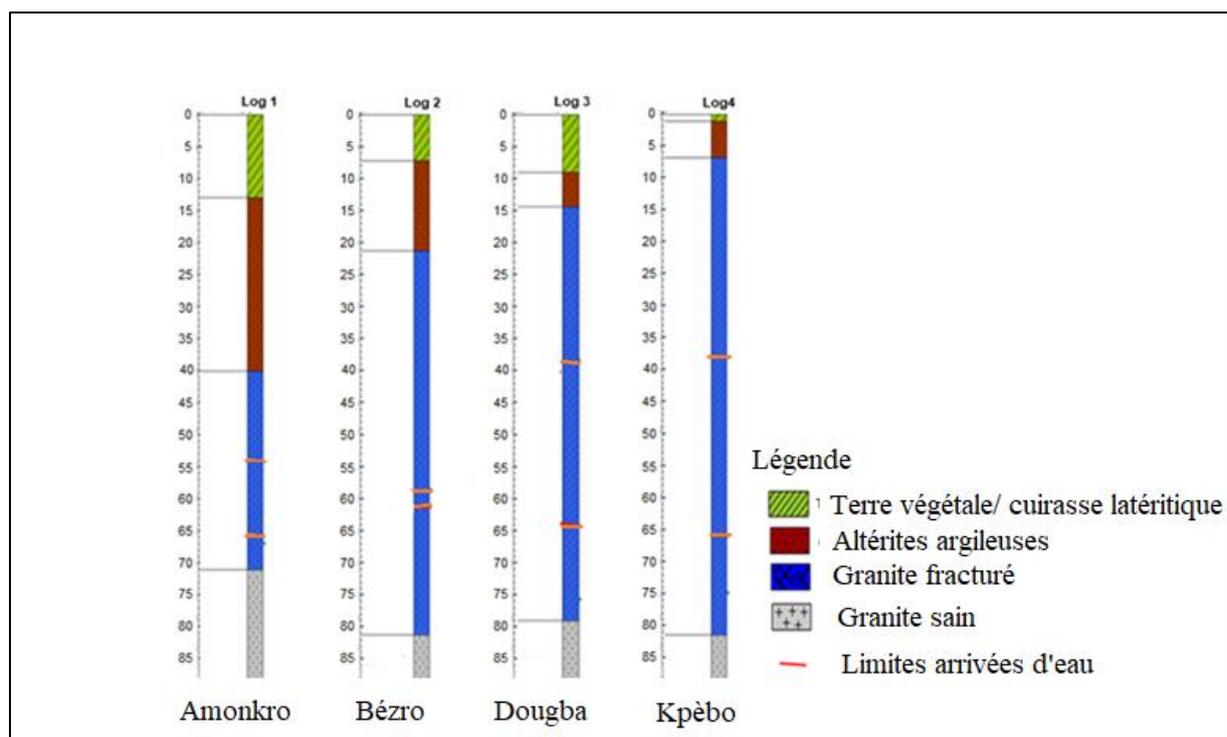


**Figure 22 :** courbe de sondage matérialisant un substratum sain : exemple de SE1 à Djérakro

### 3.1.1.2- Modèle conceptuel géologique

#### ❖ Logs de forages

L’analyse des logs de forages de la zone d’étude montre une hétérogénéité des couches géologiques (Figure 23). Ainsi, du haut en bas la structure lithologique de la zone d’étude se compose de : (i) terre arable et / ou cuirasse latéritique ; (ii) Altérites argileuses ; (iii) frange fissurée ; (iv) substratum granitique sain.



**Figure 23 :** quelques logs de forage de la zone d'étude

Un terrain composé de terre arable ou terre végétale de faible épaisseur (0,5 m en moyenne), auquel s'associe à sa base une cuirasse latéritique. L'ensemble des deux terrains atteint 2 à 12 m d'épaisseur.

Les altérites argileuses, située sous la terre arable et / ou cuirasse latéritique a une épaisseur très variable. Elle est de 4,5 m à Dougba et atteint 27 m à Amonkro.

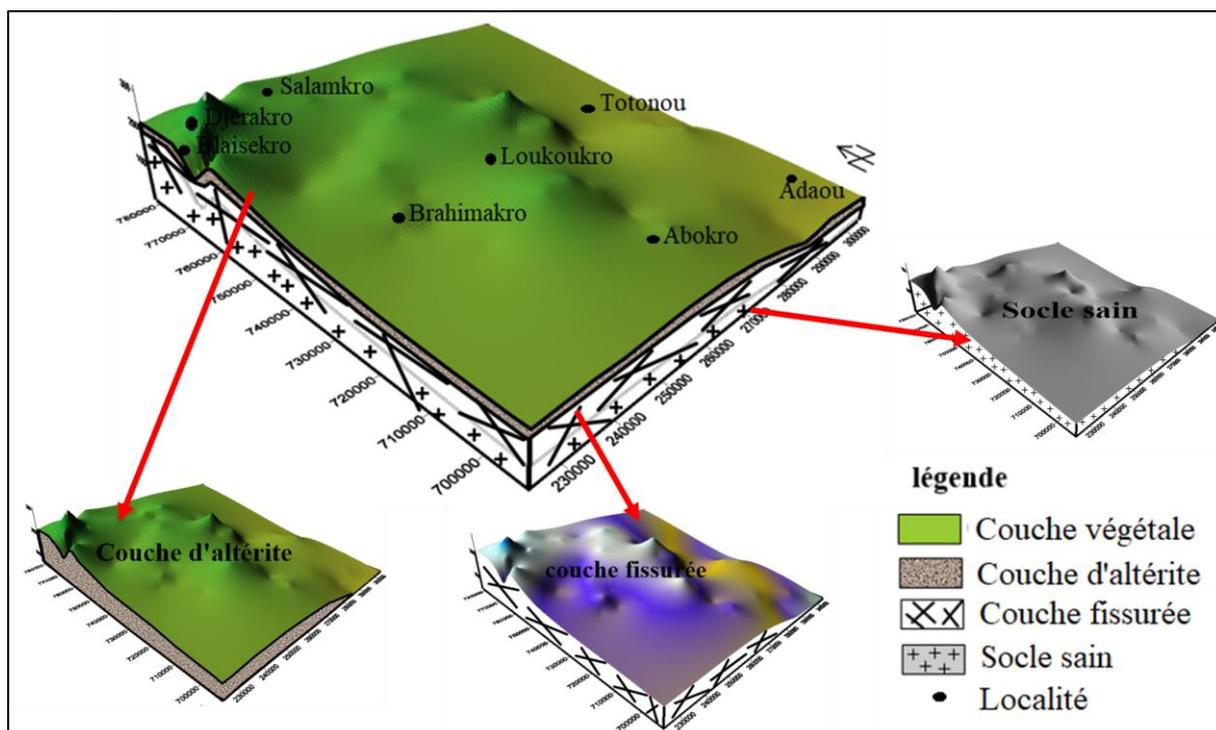
Une frange fissurée qui est l'intermédiaire entre la couche d'altérites et le socle sain. L'épaisseur de cette zone est comprise entre 31 m à Amonkro et 67 m à Bézro. Les arrivées d'eau sont toutes concentrées dans cette partie. Ces arrivées d'eau apparaissent entre 38 et 68 m de profondeur. La zone des venues d'eau dans le socle est par endroit très faible (moins de 5 m d'épaisseur).

La limite du granite sain n'est pas homogène, il varie entre 71 et 82 m de profondeur. Cette zone est considérée comme saine car aucune arrivée d'eau n'est enregistrée. Elle peut être fracturée, avec des fractures asséchées.

❖ **Bloc diagramme géologique**

Les forages fournissent des informations nécessaires à la modélisation structurale des réservoirs aquifères sur une plus grande superficie. Les forages permettent d'établir un bloc diagramme de la zone d'étude. Ces blocs diagrammes obéissent à une structuration verticale. Ils présentent des similitudes avec ceux obtenus à partir des données géophysiques. Trois grands horizons peuvent donc se différencier. Ainsi de haut en bas on distingue (Figure 24) :

- les couches d'altérites surmontées par la couverture végétale ;
- la frange fracturée ;
- le socle sain.



**Figure 24 :** blocs diagrammes géologiques réalisés à partir des résultats des forages

- **Couches d'altérites**

Cette couche est constituée de cuirasse latéritique généralement surmontée de terre arable (sable humifère). Elle a une épaisseur maximale qui varie entre 2,4 m à Tontonoukoffikro et 51,72 m à Maçon konankro et une épaisseur moyenne de 19,76 m. La cuirasse et la terre arable peuvent être absente. Dans ce cas, le profil d'altération commence à son sommet par les altérites d'argiles sableuses.

En dessous on atteint les altérites argilo-sableuses (allotérite et isaltérite), avec une épaisseur, qui varie selon le lieu. Elles peuvent atteindre les 30 m. c'est un véritable aquifère pour le monde rurale.

- **Frange fracturée**

Elle correspond au substratum fissuré. La densité de la fracturation importante au toit de la frange fracturée diminue avec la profondeur. Le toit de cet horizon fissuré est légèrement altéré, formant ainsi une zone de transition entre le substratum sain et les couches très altérées. La zone fracturée est très épaisse. Elle avoisine les 70 m d'épaisseur, avec de nombreuses arrivées d'eau. C'est donc une zone privilégiée dans la recherche de réservoir d'eau souterraine à grand débit, surtout qu'elle est à l'abri des variations saisonnières et de la pollution de toute sorte.

### **3.1.1.3- Comparaison des résultats géophysiques et des résultats de forage**

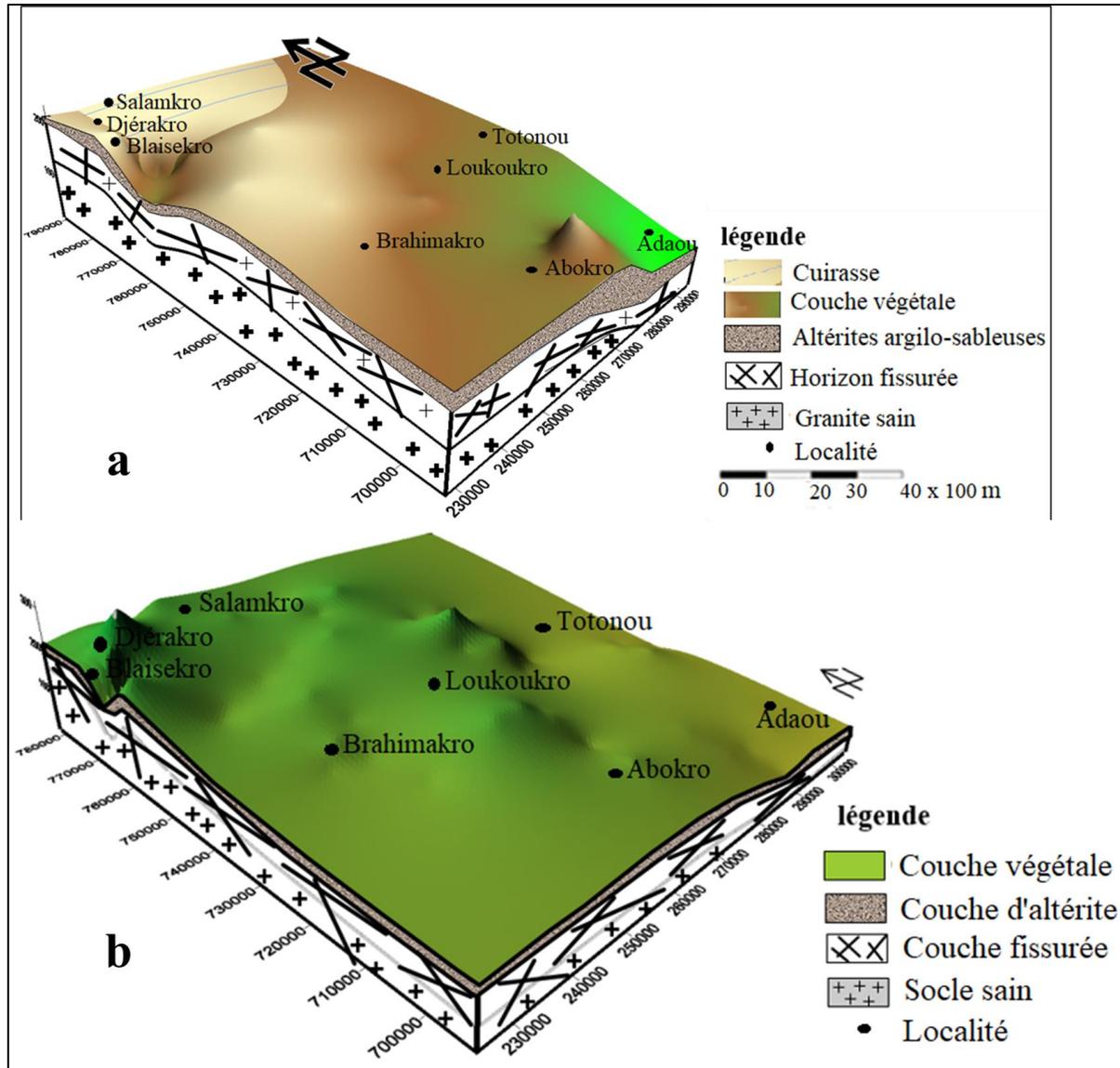
Les modèles géoélectrique et géologique réalisés au cours de cette étude (Figure 25) présentent les mêmes caractéristiques géométriques. Les différents blocs diagramme ont montrés que le contexte tectonique de la zone d'étude crée un environnement hydrogéologique favorable à l'existence d'aquifères. Deux types de formations aquifères se distinguent nettement dans ce contexte de socle :

- les nappes superficielles contenues dans les altérites argiles sableuses ;
- les aquifères de l'horizon fissuré du socle ;

Le profil d'altération est constitué de trois grands horizons distincts :

- la couche superficielle, composée de cuirasse latéritique et/ou de terre arable ;
- le complexe conducteur représentant les horizons altérés. Il est le plus souvent constitué de deux sous couches (allotérite et isaltérite) ;
- la frange fissurée, traversée par des fractures interconnectées. Elle peut être également subdivisée en deux compartiments distincts. Il s'agit d'une part de la couche très fissurée peu altérée, constituant la zone intermédiaire entre les horizons fracturés et les horizons fortement altérés.

Ces différents horizons constituent un aquifère composite, dont les propriétés hydrogéologiques sont optimales dans les secteurs où les trois compartiments décrits sont présents et où ils combinent au mieux leurs caractéristiques hydrodynamiques pour formés un aquifère productif.



**Figure 25 :** comparaison blocs diagrammes géoélectrique et géologique :

a) bloc diagramme géoélectrique ; b) bloc diagramme géologique

### 3.1.2- Propriétés hydrodynamiques

#### 3.1.2.1- Paramètres hydrodynamiques d'aquifère d'altérites

Dans l'aquifère d'altérites ce sont les perméabilités des couches altérites et leurs porosités qui sont présentées dans cette partie.

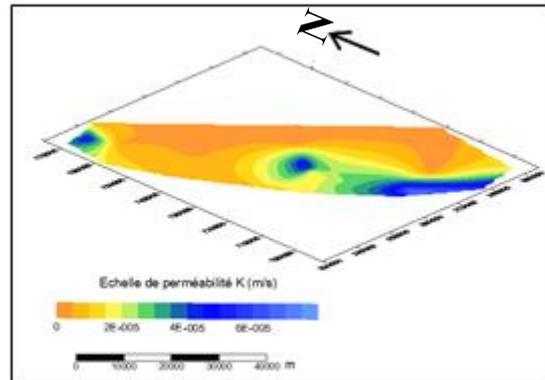
- **Perméabilités des couches altérites**

Les valeurs de la perméabilité de la couche d'altérites de la zone d'étude montrent que nous avons une bonne perméabilité avec un minimum de  $1,25 \times 10^{-6}$  m/s à Attiéguakro et un maximum de  $3,69 \times 10^{-5}$  m/s à N'zéré (Tableau I). La moyenne est de  $1,31 \times 10^{-5}$  m/s. L'écart-type est de  $1,22 \times 10^{-6}$  m/s et un coefficient de variation de 249,12 %. Ce coefficient étant supérieur à 100 % signifie que la perméabilité varie d'une localité à une autre, le milieu est donc hétérogène.

**Tableau I :** caractéristiques des valeurs de perméabilité des couches d'altérites

	<b>Perméabilité (m<sup>2</sup>/s)</b>
<b>Minimum</b>	$1,25 \times 10^{-6}$
<b>Maximum</b>	$3,69 \times 10^{-5}$
<b>Moyenne</b>	$1,31 \times 10^{-5}$
<b>Écart-type</b>	$1,22 \times 10^{-6}$
<b>CV(%)</b>	249,12

La carte de répartition des valeurs de perméabilité dans les couches d'altérites montre que la perméabilité est élevée au Sud, au Centre et dans l'extrême Nord de la zone d'étude. Dans ces zones, elle est supérieure à  $3 \times 10^{-5}$  m/s. Dans les altérites la perméabilité est moyenne à l'Est et faible dans l'Ouest de la zone d'étude (Figure 26).



**Figure 26** : carte de répartition des valeurs de perméabilités dans les couches altérites

- **Porosité des couches altérites**

Le tableau II présente les résultats des caractéristiques de la porosité totale des couches d'altérites de la zone d'étude. Ces valeurs de porosités totales sont comprises entre 0,5 % et 29,6 % avec une moyenne de 6,44 %. De façon générale ces porosités sont moyennes dont la plus faible a été observée dans la localité de Maçon-konankro avec un pourcentage de 0,5% et la plus forte à Tontonoukoffikro avec 29,6%.

**Tableau II** : caractéristiques des valeurs de porosité totale des couches d'altérites

	<b>Porosité (%)</b>
<b>Minimum</b>	0,5%
<b>Maximum</b>	29,6%
<b>Moyenne</b>	6,44%
<b>Écart-type</b>	7,58
<b>CV(%)</b>	117,7

### 3.1.2.2- Paramètres hydrodynamiques d'aquifère de fissure

Dans l'aquifère fissuré, ce sont la perméabilité, la transmissivité et le coefficient d'emménagement, qui sont présentées dans cette partie.

- **Perméabilité de la frange fissurée**

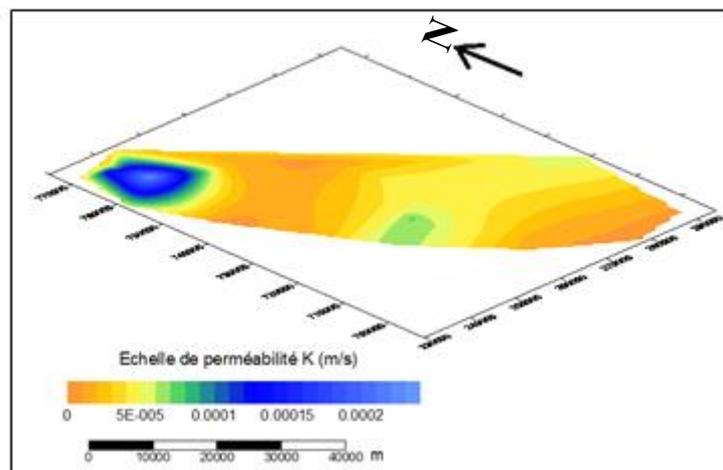
Le tableau III montre les valeurs de la perméabilité de la couche fissurée des départements de Yamoussoukro et Toumodi qui ont une bonne perméabilité, avec un minimum de  $2,93 \times 10^{-8}$  m/s à Attiéguakro et un maximum de  $2,67 \times 10^{-5}$  m/s à N'da-kouassikro. La valeur moyenne est de

$1,52 \times 10^{-6}$  m/s. L'écart-type est de  $3,79 \times 10^{-6}$  m/s, avec un coefficient de variation de 249,12 %. Ce coefficient étant supérieur à 100 % signifie que la perméabilité varie d'une localité à une autre, le milieu est donc hétérogène.

**Tableau III** : caractéristiques des valeurs de perméabilité de la frange fissurée

	Perméabilité (m <sup>2</sup> /s)
<b>Minimum</b>	$2,93 \times 10^{-8}$
<b>Maximum</b>	$2,67 \times 10^{-5}$
<b>Moyenne</b>	$1,52 \times 10^{-5}$
<b>Écart-type</b>	$3,79 \times 10^{-6}$
<b>CV(%)</b>	249,12

La carte de répartition des valeurs de perméabilité dans la frange fissurée montre qu'à l'Ouest et à l'Est de la zone d'étude la perméabilité est faible dans la zone reliant l'Est et l'Ouest. Elle est élevée dans l'extrême Nord avec des valeurs supérieures à  $2.10^{-4}$  m/s. Elle est très faible dans le reste de la zone d'étude (Figure 27).



**Figure 27** : carte de répartition des valeurs de perméabilités dans la frange fissurée

- **Transmissivité de la frange fissurée**

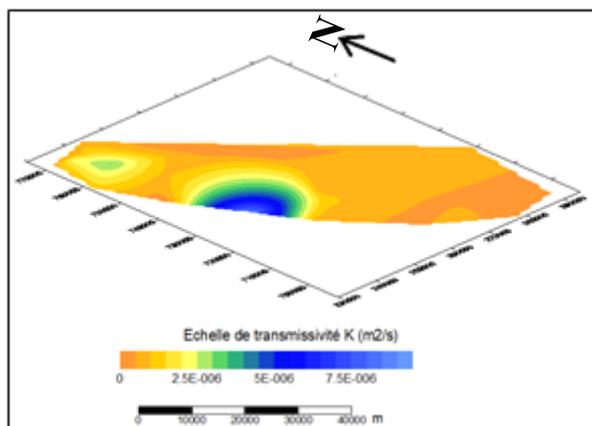
Les valeurs de transmissivité sont comprises entre  $1,84 \times 10^{-6}$  et  $6,69 \times 10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s avec une moyenne géométrique de  $6,80 \times 10^{-5}$  m<sup>2</sup>/s. L'écart type est de l'ordre  $1,28 \times 10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s et le coefficient de variation 189,5 %. Cette dernière montre l'état de dispersion des valeurs de transmissivité autour de la valeur moyenne. Notons la présence de valeur de transmissivité isolée par rapport à l'ensemble. Il s'agit principalement d'un forage d'ordre  $10^{-6}$  celui de la localité de Bonikro. En dehors de ce forage, l'ensemble des forages (soit 91,66%) ont des

transmissivités qui oscillent entre  $1,65 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$  et  $9,4 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ , de sorte que celle-ci s'échelonnent sur un ordre de grandeur. L'ordre de transmissivité le plus prépondérant au regard du tableau IV est l'ordre  $10^{-4}$ .

**Tableau IV** : caractéristiques des valeurs de transmissivité de la frange fissurée

	<b>Transmissivité (m/s)</b>
<b>Minimum</b>	$1,844 \times 10^{-6}$
<b>Maximum</b>	$6,69 \times 10^{-4}$
<b>Moyenne</b>	$2,95 \times 10^{-5}$
<b>Écart-type</b>	$1,28 \times 10^{-4}$
<b>CV(%)</b>	189,5

La carte de répartition des valeurs de transmissivité de la frange fissurée montre qu'à l'Ouest et au Nord de la zone d'étude la transmissivité est importante, avec des valeurs supérieures à  $3 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ . Elle faible dans le reste de la zone d'étude (Figure 28).



**Figure 28** : carte de répartition des valeurs de transmissivité de la frange fissurée

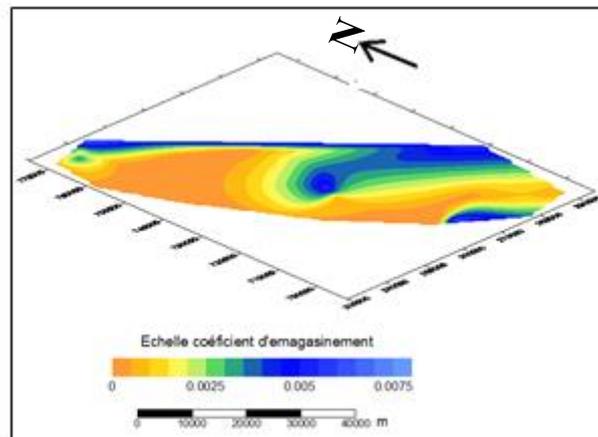
- **Coefficient emmagasinée**

Les valeurs de Coefficient emmagasinée rencontrés dans la zone sont comprises entre  $3,45 \times 10^{-5}$  entre  $5,30 \times 10^{-2}$  avec une moyenne de  $4,060 \times 10^{-3}$ . Le (tableau V) montre que nous avons un bon coefficient d'emmagasinement avec un minimum de  $3,45 \times 10^{-5}$  à Koimoi-diby Kro et un maximum de  $5,30 \times 10^{-2}$  à Ahouekro. L'écart-type est de 0,01, avec un coefficient de variation de 256%. Ce coefficient étant supérieur à 100 % signifie que le coefficient d'emmagasinement varie d'une localité à une autre, le milieu est donc hétérogène

**Tableau V** : caractéristiques du coefficient d’emmagasinement de la frange fissurée

	<b>Coefficient d’emmagasinement (m/s)</b>
<b>Minimum</b>	$3,45 \times 10^{-5}$
<b>Maximum</b>	$5,330 \times 10^{-2}$
<b>Moyenne</b>	$4,060 \times 10^{-3}$
<b>Écart-type</b>	0,01
<b>CV(%)</b>	256

La carte de répartition des valeurs du coefficient d’emmagasinement de la frange fissurée montre qu’à l’Est, au Sud et au Nord de la zone d’étude est importante. Les valeurs sont au-delà de  $5 \times 10^{-3}$  dans ces zones (Figure 29).



**Figure 29** : carte de répartition des valeurs du coefficient d’emmagasinement de la frange fissurée

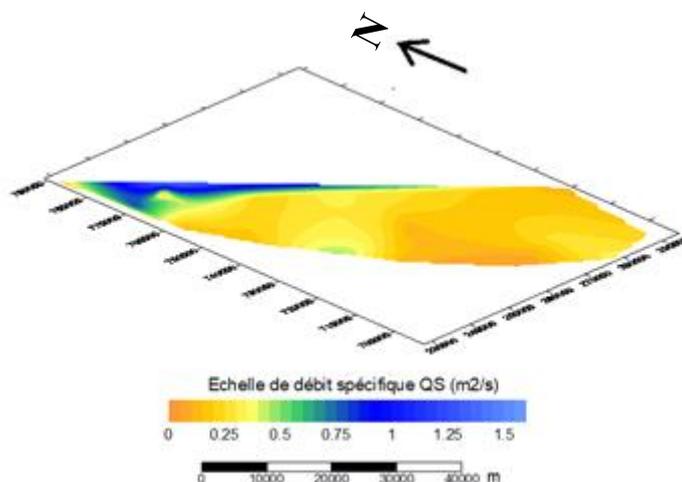
- **Débit spécifique**

Le tableau VI présente les valeurs des débits spécifiques rencontrés dans la zone d’étude. Ces valeurs sont comprises entre 0,036 et  $1,67 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ , avec une moyenne de  $0,32 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ . Le minimum est de  $0,036 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$  à Abokro et le maximum de  $1,67 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$  à Salamkro puis une moyenne de  $0,32 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$  à Koimoi-dibikro et un écartype de 1,14 et un coefficient de variation de 114%. Ce coefficient étant supérieur à 100 % cela signifie que le débit spécifique varie d’une localité à une autre, le milieu est donc hétérogène

**Tableau VI :** caractéristiques du débit spécifique de la frange fissurée

Débit spécifique (m <sup>3</sup> /h/m)	
<b>Minimum</b>	0,036
<b>Maximum</b>	1,67
<b>Moyenne</b>	0,31
<b>Écart-type</b>	1,14
<b>CV(%)</b>	114

La carte de répartition des valeurs du débit spécifique (Qsp) de la frange fissurée (Figure 30) montre qu’au Nord et à l’Est le débit spécifique est élevé (supérieure à 0,75 m<sup>2</sup>/s), donc bonne productivité. Les valeurs sont moyennes à l’Est (entre 0,5 et 0,75 m<sup>2</sup>/s). Dans le reste de la zone la productivité est faible, car de faibles valeurs de Qsp (inférieures à 0,5 m<sup>2</sup>/s)

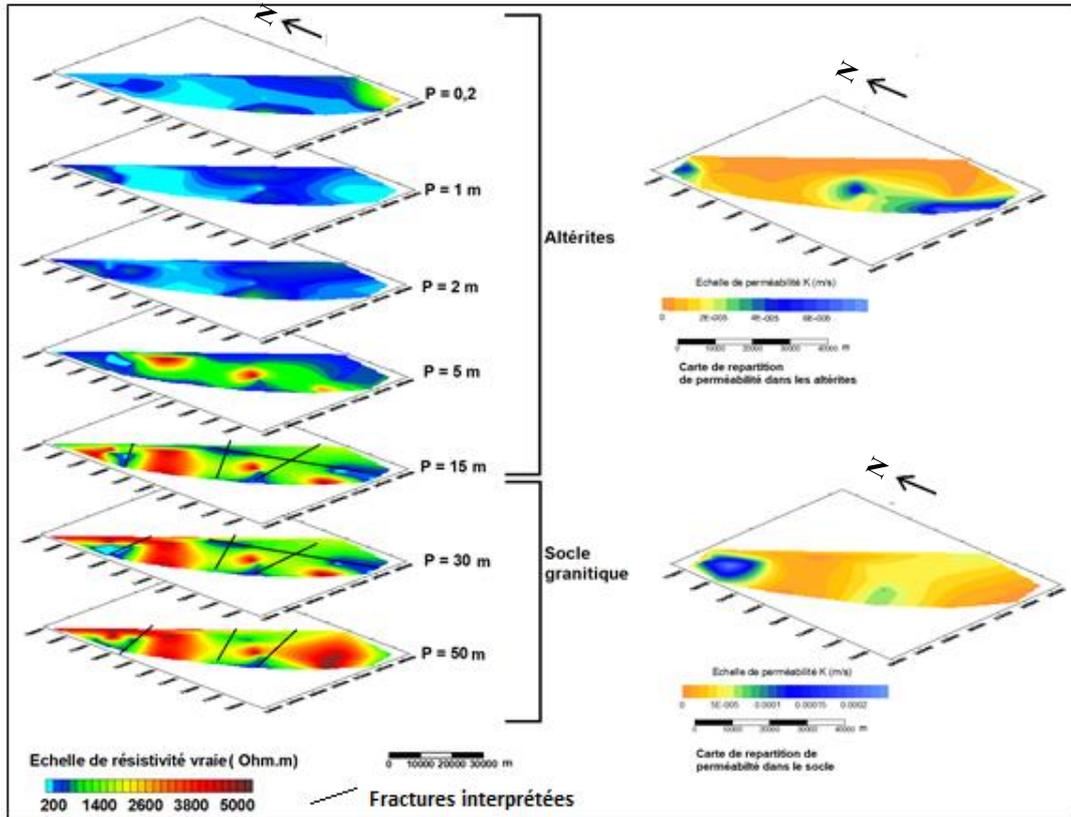


**Figure 30 :** carte de répartition des valeurs du débit spécifique (QS) de la frange fissurée

### 3.1.3- Relation entre les propriétés hydrodynamiques et les valeurs de résistivité

#### 3.1.3.1- Relation entre la perméabilité et la résistivité

La figure 31 illustre la relation entre la perméabilité et la résistivité dans les aquifères de socle.



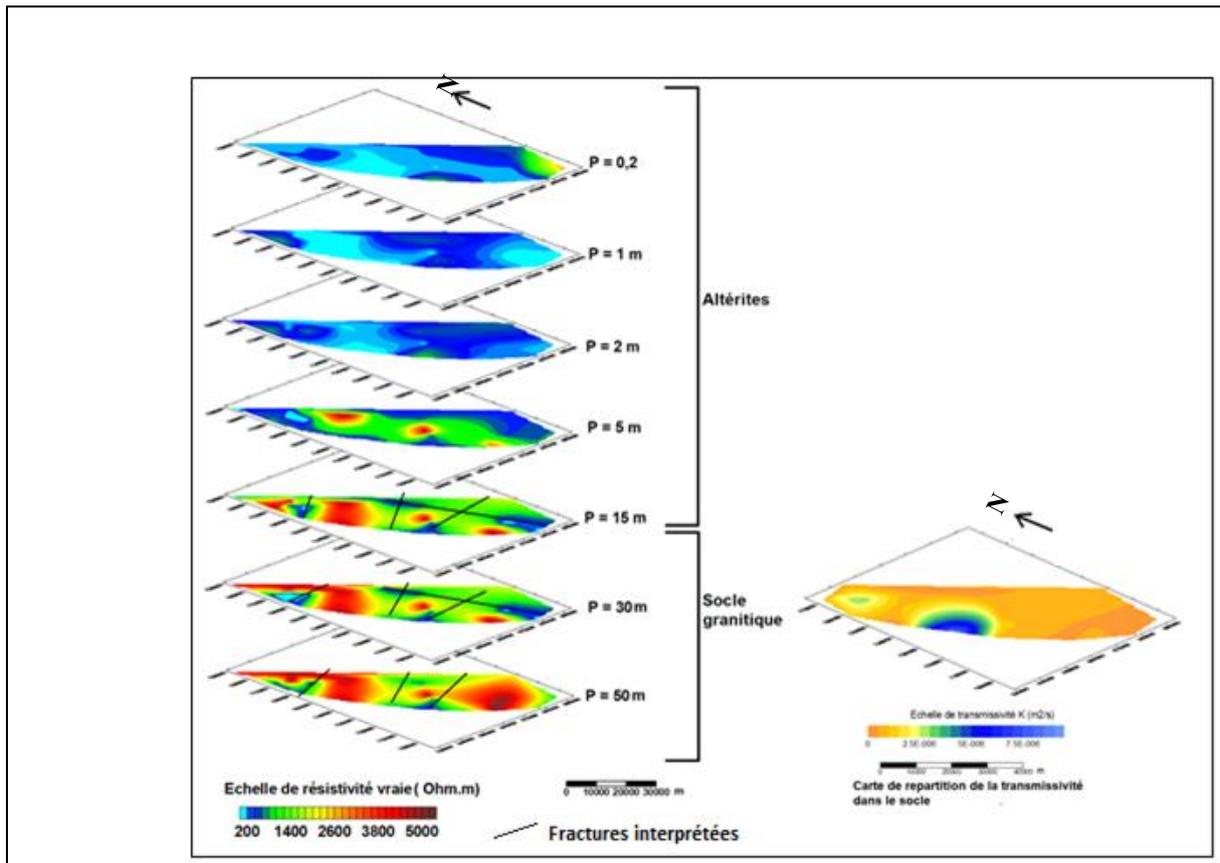
**Figure 31 :** relation entre la perméabilité et la résistivité dans les aquifères de socle

Dans les altérites, la résistivité est majoritairement faible sur toute la zone d'étude, donc bonne potentialité d'aquifère. Une bonne potentialité d'aquifère nécessite une bonne perméabilité (valeur forte) dans la zone. Ce qui n'est pas le cas pour la perméabilité, qui varie d'une zone à un autre. En se référant aux valeurs de résistivité et de perméabilité, les zones d'accumulation d'eau souterraine dans les altérites se situent au Nord, au Centre et au Sud de la zone d'étude. Dans ces zones la perméabilité est élevée et la résistivité est faible.

Dans le socle fissuré, les faibles résistivités (zones fracturée) coïncident avec les fortes perméabilités. Il s'agit du Nord et de l'Ouest de la zone d'étude.

### 3.1.3.2- Relation entre la transmissivité et la résistivité

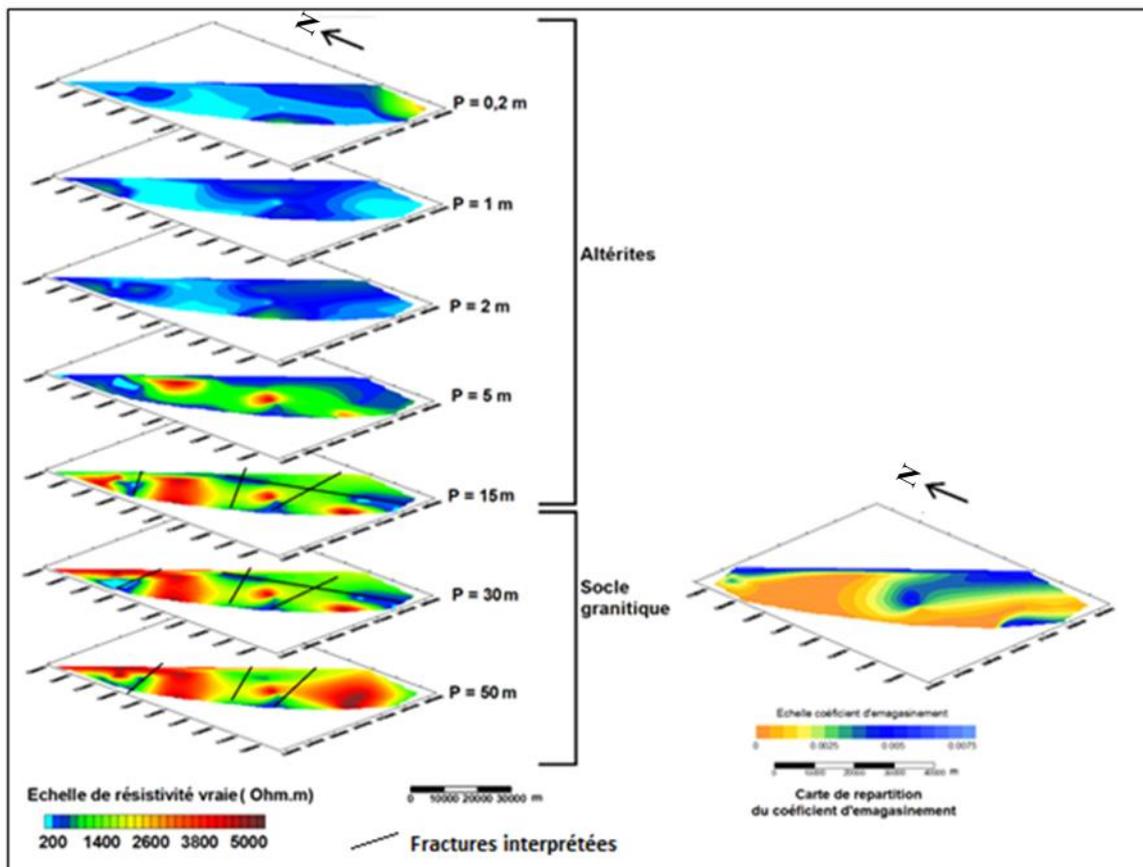
Dans le socle fissuré, la transmissivité évolue comme la perméabilité. En effet, les fortes transmissivités se superposent aux fractures dans le socle (zones de faible résistivité). C'est le cas à l'Ouest et au Nord de la zone d'étude. Au Nord, cette transmissivité est moyenne (Figure 32).



**Figure 32 :** relation entre la transmissivité et la résistivité dans les aquifères de socle

### 3.1.3.3- Relation entre le coefficient d’emmagasinement et la résistivité

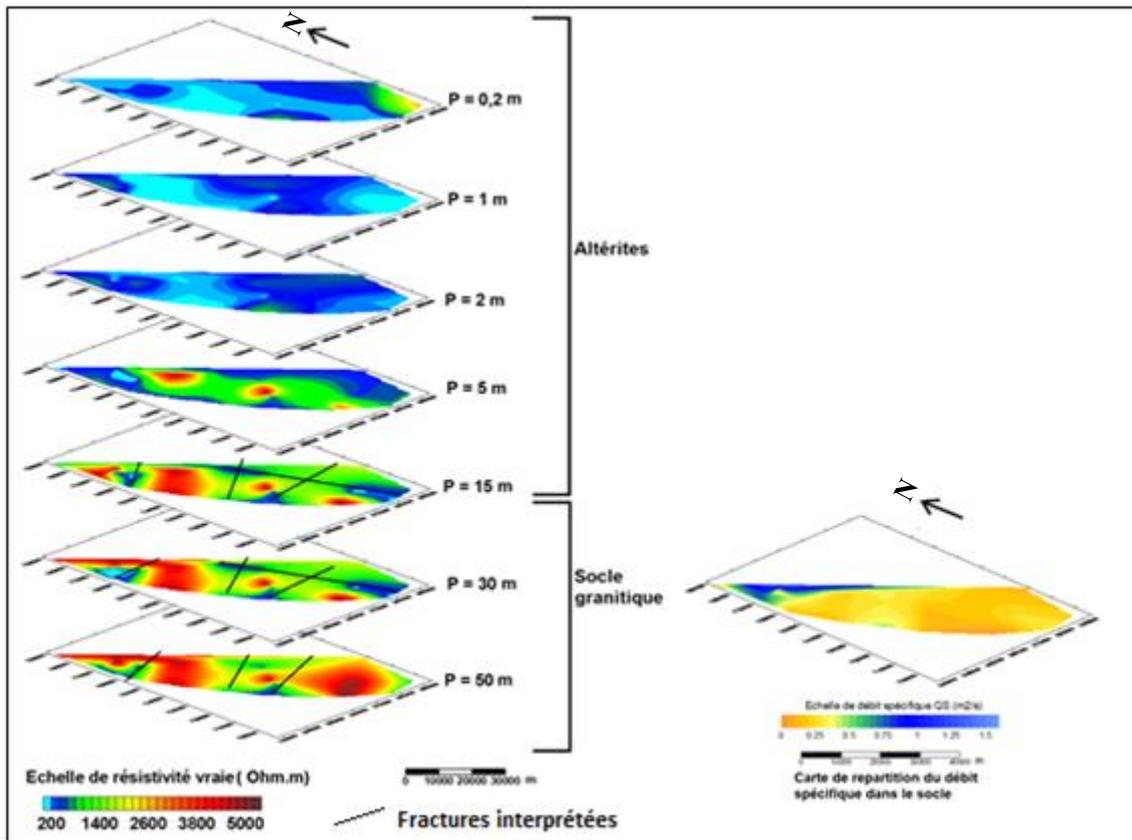
La figure 33 montre que le coefficient d’emmagasinement évolue indépendamment de la résistivité. Les faibles et fortes valeurs du coefficient d’emmagasinement s’observent dans des zones de faibles (zone non fracturée) et fortes résistivités (zone fracturée), vice versa. Ce qui signifie qu’il n’y a pas de liaison entre la résistivité et le coefficient d’emmagasinement.



**Figure 33 :** relation entre le coefficient d’emmagasinement et la résistivité dans le socle

### 3.1.3.4- Relation entre les débits spécifiques et la résistivité

Les débits spécifiques forts ne correspondent pas forcément aux faibles résistivités. En effet, au Nord de la zone d’étude les débits spécifiques sont élevés, pendant que les résistivités sont fortes. En outre, les débits spécifiques sont faibles ou moyens pour de fortes valeurs de résistivités au Sud et au Centre de la zone d’étude (Figure 34).



**Figure 34** : relation entre les débits spécifiques et la résistivité dans les aquifères de socle

### **3.2- Discussion**

Les modèles géoélectrique et géologique réalisés au cours de cette étude présentent les mêmes caractéristiques géométriques. Les différents blocs diagrammes ont montrés que le contexte tectonique de la zone d'étude crée un environnement hydrogéologique favorable à l'existence d'aquifères. Deux types de formations aquifères se distinguent nettement dans ce contexte de socle : (i) les nappes superficielles contenues dans les altérites argiles sableuses ; (ii) les aquifères de l'horizon fissuré du socle. Les études de nombreux auteurs (Savané, 1997 ; Lachassagne & Wyns, 2005 ; Koïta, 2010) ont également montré que ces nappes et aquifères souterrains sont contenus dans des formations dont le profil d'altération est généralement constitué de trois grands horizons distincts : (i) la couche superficielle, composée de cuirasse latéritique et/ou de terre arable ; (ii) le complexe conducteur représentant les horizons altérés et constitué de deux sous couches (allotérite et isaltérite) ; (iii) la frange fissurée, traversée par des fractures interconnectées. Cette dernière zone est également subdivisée en deux compartiments distincts. Il s'agit d'une part de la couche très fissurée peu altérée, constituant la zone intermédiaire entre les horizons fracturés et les horizons fortement altérés.

Ces différents horizons constituent un aquifère composite, dont les propriétés hydrogéologiques sont optimales dans les secteurs où les trois compartiments décrits sont présents et où ils combinent au mieux leurs caractéristiques hydrodynamiques pour former un aquifère productif. L'analyse des propriétés hydrauliques des forages existants, en rapport avec l'étude de la géométrie de l'aquifère, montrent que les forages de la zone d'étude sont susceptibles de produire des débits exploitables importants (Lachassagne & Wyns, 2005). Cette productivité est influencée par le faciès lithologique, la présence ou non d'altérites, la connectivité hydraulique des fractures recoupées par les ouvrages (M'Bonu, 1991).

Les résultats de notre étude laissent présager que les forages captent une zone fissurée à nappe captive, surmontée d'une matrice semi-captive d'altérites, en conformité avec le modèle conceptuel d'aquifère de socle constitué d'un réservoir d'altérites semi-perméable, à fonction capacitive et alimenté par la surface, et surmontant un aquifère de fissures ou de failles, captif, à fonction essentiellement conductrice (Dewandel et al., 2006).

Les valeurs de transmissivités sont comprises entre  $1,844 \times 10^{-6}$  et  $6,69 \times 10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s. Ces valeurs sont très hétérogènes sur la zone d'étude et par endroit, suivant les unités géologiques en présence, la structuration lithologique en place, et la géométrie de l'ensemble aquifère (altérites

et zone fissurée sous-jacente). Cela traduit la dispersion des valeurs de transmissivité sur notre zone d'étude, comme dans d'autres régions de la Côte d'Ivoire (Biémi, 1992 ; Savané, 1997 ; Koïta (2010), aussi bien qu'ailleurs en Afrique de l'Ouest (Savadogo, 1984). Ces valeurs de transmissivités relativement élevées s'expliqueraient par l'existence de ces joints subverticaux dans l'aquifère, à la connexion du réseau de fractures existants, selon Lachassagne et Wynn (2005) afin de garantir de bonnes propriétés hydrauliques.

Les valeurs de perméabilités issues de l'interprétation de l'essai de pompage sur chaque forage des aquifères de la zone d'étude sont comprises entre  $1,35 \times 10^{-6}$  et  $1,31 \times 10^{-5}$  m/s avec une moyenne de  $1,31 \times 10^{-5}$  m/s. Dans la région du N'zi-Comoé (Centre-Est de la Côte d'Ivoire), Kouassi *et al.* (2013) ont obtenu des valeurs allant de  $1,79 \times 10^{-8}$  et  $3,80 \times 10^{-6}$  m/s pour une moyenne de  $6,35 \times 10^{-6}$  m/s. Les résultats de cette étude ne sont pas identiques à ceux obtenus par Kouassi *et al.*, (2013). En effet, cette étude a été menée à partir de la transmissivité par la méthode de Cooper-Jacob alors que Kouassi *et al.*, (2013) se sont appuyés sur la méthode Hvorslev pour l'estimation de la conductivité hydraulique. Les valeurs des porosités obtenues sont comprises entre 0,5 % et 29,6%. Ces valeurs sont relativement faibles dans la région. Mais, elles sont dans la gamme des porosités proposées dans les travaux de De Marsily (2004). Cet auteur a montré la relation entre fluide-solide en milieu poreux tout en donnant la gamme de la porosité totale comprise entre 0,02 % à 90%.

Le coefficient d'emmagasinement est relativement faible (entre  $10^{-6}$  et  $10^{-2}$ ), mais reste en accord avec les valeurs obtenues pour ce genre de milieu (Maréchal *et al.*, 2004).

Le débit spécifique est une variable très importante dans la détermination de la productivité des ouvrages de captage. La gamme des débits spécifiques enregistrée (0,01 à  $1,359 \text{ m}^2/\text{h}$ ) s'inscrit dans l'intervalle des valeurs observées en Côte d'Ivoire et ailleurs en Afrique de l'Ouest. (Biémi, 1992, Savané, 1997 ; Lasm, 2000).

Les sondages électriques apportent une avancée notable, avec des zones plus profondes de très faible résistivité correspondant à des arrivées d'eau significatives identifiables à des fractures ouvertes d'origine tectonique. Les lithologs confirment les profondeurs, les couches et leur épaisseur et la localisation des arrivées d'eau.

Le coefficient d'emmagasinement évolue différemment de la résistivité. Les faibles et fortes valeurs du coefficient d'emmagasinement s'observent dans des zones non fracturée et aussi dans la zone fracturée. Il n'y a pas de liaison entre la résistivité et le coefficient d'emmagasinement.

## **CONCLUSION ET PERSPECTIVES**

Cette étude est menée en vue de caractériser, à partir des propriétés hydrodynamiques et hydrogéophysiques, les aquifères de socle des départements de Yamoussoukro et Toumodi (Centre de la Côte d'Ivoire). Il s'agit de : (i) élaborer un modèle conceptuel hydrogéologique des aquifères ; (ii) déterminer les paramètres hydrodynamiques de l'aquifères du socle ; (iii) établir une relation entre les propriétés hydrodynamiques et la résistivité.

La méthodologie adoptée consiste à élaborer des modèles conceptuels géoélectrique et géologique, respectivement à partir des résultats de sondage électrique (épaisseurs d'altérites et fracturation) et données (épaisseurs d'altérites, nature de la formation et la fracturation) de forage. De plus, la méthodologie consiste à déterminer des propriétés hydrodynamiques (transmissivité, perméabilité, porosité, débit spécifique et coefficient d'emmagasinement) des couches d'altérites et de l'aquifère de fissures. Une relation entre les propriétés hydrodynamiques et la résistivité vraie est également établie, en superposant des informations issues des résistivités courbes sondages et des propriétés hydrodynamiques de la zone étude.

Les résultats montrent que les courbes de sondage électrique sont de type A, H et KH. Les blocs diagrammes géoélectrique et géologique présentent (04) horizons géologiques, avec un profil d'altération, qui obéit à une structuration verticale. Ils montrent de haut en bas : (i) une terre arable, auquel s'associe à sa base une cuirasse latéritique atteignant 2 à 12 m d'épaisseur ; (ii) des altérites argileuses d'épaisseurs comprises entre 4 et 27 m ; (iii) une frange fissurée du socle très épaisse, qui atteint 67 m ; (iv) substratum granitique sain. Les cartes de résistivité avec la profondeur montrent bien deux domaines hydrogéologiques : l'aquifère d'altérites (jusqu'à 15 m à moyenne) et l'aquifère fissuré. Dans les altérites, la porosité varie entre 0,5 % et 29,6 % et la perméabilité est comprise entre  $1,25 \times 10^{-6}$  et  $3,69 \times 10^{-5}$  m/s. Dans le socle fissuré, la perméabilité est comprise entre  $2,93 \times 10^{-8}$  et  $2,67 \times 10^{-5}$  m/s, la transmissivité entre  $1,844 \times 10^{-6}$  et  $6,69 \times 10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s, le coefficient d'emmagasinement entre  $3,45 \times 10^{-5}$  entre  $5,30 \times 10^{-2}$  et le débit spécifique compris entre 0,036 et 1,67 m<sup>3</sup>/h/m. Dans le socle fissuré, les faibles résistivités (zones fracturée) coïncident avec les fortes perméabilité et transmissivité. De plus, il n'y a pas de liaison entre la résistivité et le coefficient d'emmagasinement. Les débits spécifiques forts ne correspondent pas forcément aux faibles résistivités.

En perspective, nous proposons d'associer à cette étude, la cartographie du sous-sol par des techniques de tomographie. La tomographie électrique permettra d'observer selon un profil 2D la structuration latérale et verticale du sous-sol.

## **RÉFÉRENCES**

- Ahoussi K.E. (2008). Évaluation quantitative et qualitative des ressources en eau dans le Sud de la Côte d'Ivoire. Application de l'hydrochimie et des isotopes de l'environnement à l'étude des aquifères continus et discontinus de la région d'Abidjan-Agboville. Thèse de Doctorat, Université de Cocody (Abidjan, Côte d'Ivoire), 283 p.
- Biémi J. (1992). Contribution à l'étude géologique, hydrogéologique et par télédétection des bassins versants Sub-sahariens du socle précambrien d'Afrique de l'Ouest : Hydrostructurale, hydrochimie et isotopie des aquifères discontinus des sillons et aires granitiques de la Haute Marahoué (Côte d'Ivoire). Thèse d'État, Université de Cocody (Abidjan, Côte d'Ivoire), 480 p.
- BRGM. (1997). Méthodes géophysiques utilisées en recherche d'eau minérale. Note Technique DNEMT, (France), 21 p.
- Castany G. (1982). Principes et méthodes de l'hydrogéologie. Infoscience, Dunod, Paris, (France), 236 p.
- Chapellier D. (2000). Cours online géophysique, prospection électrique de surface. Institut Français du pétrole, Université de Lausanne (Suisse), 97 p.
- Chouteau M. & Giroux B. (2006). Notes de cours. Géophysique appliquée : méthodes électriques. École Polytechnique, (France), 75 p.
- De Marsily G. (2004). Cours d'hydrogéologie. Université Paris VI, Paris (France), 226 p.
- Dewandel B., Lachassagne P., Wyns R., Maréchal J.C. & Krishnamurth Y. (2006). A generalized 3D geological and hydrogeological conceptual model of granite aquifers controlled by single or multiphase weathering. *Hydrology Journal*, 330 : 260-284.
- Dibi B. (2008). Cartographie des sites potentiels d'implantation des points d'eau dans le département d'Aboisso (Sud-Est de la Côte d'Ivoire) : Apport du SIG et de l'analyse multicritère. Thèse de Doctorat, Université de Cocody (Abidjan, Côte d'Ivoire), 164 p.
- Fossou A. (2010). Contribution hydrogéologique à l'étude des aquifères discontinus du département de Ferkessédougou pour une meilleure alimentation en eau potable. Mémoire DEA, Université Cocody (Abidjan, Côte d'Ivoire), 69 p.
- Gombert P. (1997). Variabilité spatiale de la productivité aquifère du socle sahélien en hydraulique rurale, *Hard Rock Hydro-Systems IAHS*, 241 : 113-122.
- Koita M. (2010). Caractérisation et modélisation du fonctionnement hydrodynamique d'un aquifère fracturé en zone de socle. Région de Dimbokro-Bongouanou (Centre Est de la Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université de Montpellier II, Montpellier (France), 220 p.

- Kouassi Y.D., Okaingni J.C., Kouakou K.E. & Biémi J. (2013). Évaluation des propriétés hydrauliques des aquifères de socle cristallin et cristallophyllien : Cas de la région du N'zi-Comoé (Centre-Est de la Côte d'Ivoire). *International Journal of Innovation and Applied Studie*, 2 : 61-71.
- Lasm T. (2000). Hydrogéologie des réservoirs fracturés de socle : Analyses statistiques et géostatistiques de la fracturation et des propriétés hydrauliques. Application à la région des montagnes de Côte d'Ivoire (domaine Archéen). Thèse de Doctorat, Université de Poitiers, Poitiers (France), 272 p.
- Lachassagne P. & Wyns R. (2005). Aquifères de socle : nouveaux concepts, application à la prospection et la gestion de la ressource en eau. *Géosciences*, 2 : 32-37.
- Leblond P. (1984). Contribution aux études hydrogéologiques en Côte d'Ivoire. Région de Yamoussoukro (Station expérimentale de l'ENSTP). Thèse de 3<sup>e</sup> cycle, Université de Bordeaux 1 Bordeaux (France), 150 p.
- Marescot D. (2009). Modélisation directe et inverse en prospection électrique sur des structures 3D complexes par la méthode des éléments finis. Thèse de doctorat, Université de Nantes et de Lausanne (Suisse), 208 p.
- M'Bonu M. (1991). Hydrogéologie, hydrochimie et Géochimie isotopique des aquifères de socle du Plateau de Jos et des plaines environnantes (Nigeria). Thèse de Doctorat, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse, Vaucluse (France), 171 p.
- Maréchal J.C., Dewandel B. & Subrahmanyak K. (2004). Use of hydraulic tests at different scales to characterize fracture network properties in the weathered-fractured layer of a hard rock aquifer, *Water resources Research*, 40(11) : 1-17.
- N'go Y.A., Goné D.L., Savane I. & Goblé M.M. (2005). Potentialités en eaux souterraines des aquifères d'Agboville (Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire) : Caractérisation hydro-climatique et physique. *Afrique Science*, 1(1) : 127-144.
- OMS & UNICEF (2017). Progrès en matière d'eau, d'assainissement et d'hygiène : mise à jour 2017 et évaluation des objectifs de développement durable. Rapport du Joint Monitoring Program, New York (Etats-Unis), 116 p.
- PCR (2019). Plan cadre de réinstallation. Projet d'électrification rurale de 1088 localités en Côte d'Ivoire. LOT 4 : Sassandra-Marahoué, Yamoussoukro, lacs, Zanzan, Comoé et Lagune. Rapport final, Abidjan (Côte d'Ivoire), 199 p.
- PRICI (2016). Projet de Renaissance des Infrastructures de Côte d'Ivoire. Rapport final du cadre de gestion environnementale et sociale, Côte d'Ivoire, 203 p.
- RGPH. (2014). Résultats globaux, recensement général de la population et de l'habitat,

- secrétariat technique permanent du comité technique du RGPH (Côte d'Ivoire), 26 p.
- Robert B., Alves D., Latorre C., Macleod N., Payen G., Roaf V. & Rouse M. (2018). Manuel des Droits de l'Homme à l'Eau Potable et à l'Assainissement à l'intention des Praticiens. IWA (International water Association) *Publishing, Alliance House*, 12 : 1-124.
- Savadogo A.N. (1984). Géologie et hydrogéologie du socle cristallin de Haute-Volta. Étude régionale du bassin versant de la Sissili. Thèse de Doctorat, Université Scientifique et Médicale de Grenoble, Grenoble (France), 340 p.
- Savane I. (1997). Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique des aquifères discontinus du socle d'Odiessnné (Nord-Ouest de Côte d'Ivoire). Apport de la télédétection et d'un système d'information hydrogéologique à références spatiales (SIHRS). Thèse d'État, Université de Cocody, (Abidjan, Côte d'Ivoire), 398 p.
- Sombo A.P., Kouassi F.W., Sombo B.C., Kouame L.N. & Kouassi E. (2011). Contribution de la prospection électrique à l'identification et à la caractérisation des aquifères de socle du département de Sikensi (Sud de la Côte d'Ivoire). *European Journal of Scientific Research*, 64(2) : 206-219.
- Sombo A.P. (2012). Application des méthodes de résistivités électriques dans la détermination et la caractérisation des aquifères de socle en Côte d'Ivoire. Cas des départements de Sikensi et de Tiassale (Sud de la Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université Félix Houphouët Boigny de Cocody, (Abidjan, Côte d'Ivoire), 203 p.
- Soro G. (2010). Évaluation quantitative et qualitative des ressources en eau souterraines dans la région des lacs (Centre de la Côte d'Ivoire) : hydrogéologie et hydrochimie des aquifères discontinus du district de Yamoussoukro et du département de Tiébissou. Thèse unique de Doctorat, Université de Cocody (Abidjan, Côte d'Ivoire), 250 p.
- Soro N., Oga M.S., Lasm T., Yao T.K., Saley M.B., Kouassi D. & Gnamba F. (2009). Caractérisation chimique des eaux des aquifères de fracture : cas de la région de Tiassalé en Côte d'Ivoire. *European Journal of Scientific Research*, 31(1) : 72-87.
- Sary B. (1985). Du village à la capitale : l'émergence de Yamoussoukro à travers la presse et le discours officiel ivoirien, Mémoire de maîtrise de géographie paris, France, 288 p.
- Telford W.M., Geldart L.P. & Sheriff R.E. (1990). Géophysique Appliquée : méthodes de résistivité. *Cambridge University Press*, 770 : 353-358.

## RÉSUMÉ

Le but visé par cette étude est de caractériser, à partir des propriétés hydrodynamiques et hydrogéophysiques, les aquifères de socle des départements de Yamoussoukro et Toumodi (Centre de la Côte d'Ivoire). La méthodologie adoptée consiste à élaborer un modèle conceptuel hydrogéologique de l'aquifère de socle. Elle consiste aussi à déterminer les propriétés hydrodynamiques (transmissivité, perméabilité, porosité, débit spécifique et coefficient d'emmagasinement) des couches d'altérites et de l'aquifère de fissures et de mettre en relation ces propriétés hydrodynamiques et les résistivités vraies obtenues par la géophysique. Les blocs diagrammes géoélectrique et géologique présentent un profil d'altération ayant une structuration verticale, avec (04) horizons géologiques distincts. Ce sont de haut en bas une terre arable et une cuirasse latéritique de 2 à 12 m d'épaisseur, des altérites argileuses d'épaisseurs comprises entre 4 et 27 m, une frange fissurée du socle très épaisse atteignant 67 m et un substratum granitique sain. Dans les altérites, la porosité varie entre 0,5 % et 29,6 % et la perméabilité est comprise entre  $1,25 \times 10^{-6}$  et  $3,69 \times 10^{-5}$  m/s. Dans le socle fissuré, la perméabilité est comprise entre  $2,93 \times 10^{-8}$  et  $2,67 \times 10^{-5}$  m/s, la transmissivité entre  $1,844 \times 10^{-6}$  et  $6,69 \times 10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s, le coefficient d'emmagasinement entre  $3,45 \times 10^{-5}$  et  $5,30 \times 10^{-2}$  et le débit spécifique compris entre 0,036 et 1,67 m<sup>3</sup>/h/m. Dans le socle fissuré, les faibles résistivités coïncident avec les fortes perméabilité et transmissivité. De plus, il n'y a pas de liaison entre la résistivité et le coefficient d'emmagasinement et le débit spécifique.

**Mots clés :** modèles conceptuels géoélectrique et géologique, sondage électrique, propriétés hydrodynamiques.

## ABSTRACT

The aim of this study is to characterize, from the hydrodynamic and hydrogeophysical properties, the basement aquifers of the departments of Yamoussoukro and Toumodi (Centre of the Ivory Coast). For the methodology adopted is to develop a conceptual hydrogeological model of the basement aquifer. It also consists in determining the hydrodynamic properties (transmissivity, permeability, porosity, specific flow and storage coefficient) of the layers of alterites and of the aquifer of fractures and of relating these hydrodynamic properties and the true resistivity obtained by the geophysics. The geoelectric and geological block diagrams present an alteration profile with a vertical structure, with (04) distinct geological horizons. These are from top to bottom arable land and a lateritic cuirass 2 to 12 m thick, argillaceous alterites with thicknesses between 4 and 27 m, a fissured fringe of the very thick basement which is 67 m and a granitic substratum. In alterites, the porosity varies between 0.5% and 29.6% and the permeability is between  $1.25 \times 10^{-6}$  and  $3.69 \times 10^{-5}$  m / s. In the basement fractured, the permeability is between  $2.93 \times 10^{-8}$  and  $2.67 \times 10^{-5}$  m / s, the transmissivity between  $1.844 \times 10^{-6}$  and  $6.69 \times 10^{-4}$  m<sup>2</sup> / s, the storage coefficient between  $3.45 \times 10^{-5}$  and  $5.30 \times 10^{-2}$  and the specific flow between 0.036 and 1.67 m<sup>3</sup> / h / m. In the basement fractured, the low resistivities coincide with the high permeability and transmissivity. There is no link between resistivity and storage coefficient and specific flow.

**Keywords:** geoelectric and geological conceptual models, electrical sounding, hydrodynamic properties.