



REPUBLIQUE DE LA COTE D'IVOIRE

**ETUDE DE FAISABILITE DES FORAGES MANUELS
IDENTIFICATION DES ZONES POTENTIELLEMENT
FAVORABLES**

PRACTICA
FOUNDATION


EnterpriseWorks/VITA
A Division of  RELIEF INTERNATIONAL

unicef 

**Etude réalisée avec la coordination de la UFR-STRM
Laboratoire de Télédétection et de l'Analyse spatiale Appliquée
à l'Hydrogéologie**

Valide à Lomé le 1 octobre 2009 par DGEA

Reproduction autorise si la source est mentionnée

INTRODUCTION	6
CARACTERISATION GENERALE DE LA COTE D'IVOIRE	7
Localisation et situation administrative	7
Relief et géomorphologie.....	7
Situation climatique et environnementale	8
Géologie	14
Ressources en eau utilisées.....	17
Distribution de la population et couverture en eau potable	25
Existence, distribution et caractéristiques des puits traditionnels en Côte d'Ivoire	30
Subdivision du pays en zones avec caractéristiques homogènes.....	32
METHODOLOGIE D'IDENTIFICATION DES ZONES FAVORABLES AUX FORAGES MANUELS AU COTE D'IVOIRE.....	40
Sources d'information	40
Critères utilisés pour l'identification des zones favorables	40
Détermination de l'aptitude géologique.....	41
Détermination de l'aptitude sur la base de la profondeur de l'eau	53
Analyse intégrée et estimation de l'aptitude hydrogéologique	57
Aptitude morphologique.....	61
Analyse intégrée d'aptitude morphologique et hydrogéologique. Aptitude finale aux forages manuels.....	62
CARTE FINALE DES ZONES FAVORABLES ET RÉSULTAT DE L'INTERPRETATION.....	65
Taux de desserte en eau potable et faisabilité des forages manuels.....	68
CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS,	70

Liste des abréviations et acronymes

AEP:	Alimentation en Eau Potable
CURAT:	Centre Universitaire de Recherche Appliquée en Télédétection
DHH:	Direction de l'Hydraulique Humaine
JICA:	Japan International Cooperation Agency
LATASAH:	Laboratoire de Télédétection et de l'Analyse Spatiale Appliquée à l'Hydrogéologie
MA:	Milliards d'Année
MPD:	Ministère du Plan et du Développement
PNUD:	Programme des Nations Unies pour le Développement
SADEM:	Société Africaine Des Eaux Minérales
SODEMI:	Société de Développement Minière
UFR-STRM:	Unité de Formation et Recherche en Sciences de la Terre et des Ressources Minières

INTRODUCTION

La satisfaction des besoins en ouvrages d'alimentation en eau potable afin d'atteindre les objectifs de développement du millénaire, des approches radicalement différentes comprenant une variété de solutions adaptées à chaque localité doivent-elles être envisagées. Un accent particulier devra être mis alors sur les solutions qui sont accessibles et qui permettent aux ménages et aux communautés de satisfaire leur besoin en eau potable. Les forages manuels à faible coût ont déjà démontré leur efficacité en Asie, en Afrique et en Amérique Latine, comme un moyen d'augmenter le taux de couverture en eau potable.

En effet, la réalisation des forages manuels est une solution pratique pour les points d'eau de moins de 40 mètres de profondeur dans des sols alluviaux ou des formations de roche altérée. Même s'il n'est pas une solution pratique dans toutes les formations géologiques, il y a beaucoup de zones en Afrique où il peut efficacement fournir de l'eau potable aux populations rurales qui en sont dépourvus, à un coût très limité représentant une petite fraction du coût d'un forage conventionnel.

Aussi, l'étude portant sur la réalisation de la cartographie géologique des zones aptes aux forages manuels a-t-elle été initiée. Elle vise à identifier les zones favorables en Côte d'Ivoire où cette méthode peut être utilisée pour offrir de l'eau aux zones qui ne sont pas toujours pris en compte par les programmes classiques d'hydraulique villageoise.

Le présent document a pour objet de présenter la faisabilité des forages manuels en Côte d'Ivoire. Il comprend deux parties dont la première est axée sur la caractérisation générale de la Côte d'Ivoire et la deuxième partie sur la méthodologie d'interprétation pour l'identification des zones favorables à la réalisation des forages manuels en Côte d'Ivoire et le résultat obtenu.

CARACTERISATION GENERALE DE LA COTE D'IVOIRE

Localisation et situation administrative

D'une superficie totale de 322 462 km², la Côte d'Ivoire est située entre les Longitudes 2°30' - 8°30' Ouest et les Latitudes 4°30' - 10°30' Nord. Limitée au Sud par l'Océan Atlantique sur une côte de 550 km, la Côte d'Ivoire partage les frontières avec : le Ghana à l'Est, le Burkina Faso et le Mali au Nord, la Guinée et le Libéria à l'Ouest.

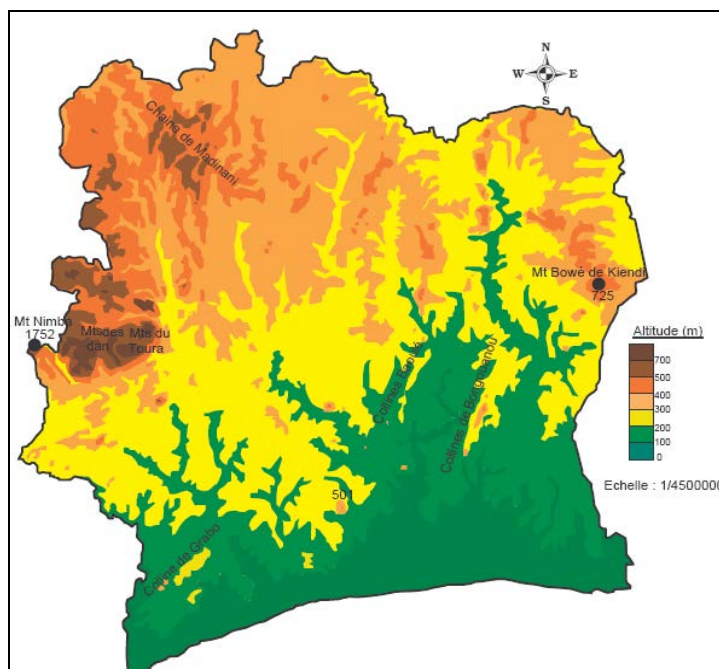


Situation géographique de la Côte d'Ivoire.

Depuis le 07 juillet 2002, La Côte d'Ivoire est subdivisée en 19 Régions composées de 56 départements et 2 Districts (Abidjan et Yamoussoukro). A la suite du dernier réaménagement préfectoral de juin 2007, il existe désormais 68 départements pour lesquels les nouvelles limites administratives cartographiques n'existent pas encore.

Relief et géomorphologie

La Côte d'Ivoire est située sur d'anciennes roches de socle du Précambrien et, comme les autres pays de l'Afrique de l'Ouest, son relief topographique est monotone, ne présentant que peu de contrastes. L'altitude augmente légèrement du Sud-Est au Nord-Ouest. Les autres caractéristiques topographiques sont la zone littorale qui représente un plateau continental, les lagunes et les barres de sable situées dans la partie sud du pays le long du Golfe de Guinée, et qui est soutenu par des dépôts sédimentaires superficiels du Mésozoïque et du Cénozoïque.



Carte du relief de la Côte d'Ivoire

Situation climatique et environnementale

Climat

Par sa position géographique, en bordure du Golfe de Guinée, et par son étalement en latitude (4°30' - 10°30' Nord), la Côte d'Ivoire présente un régime climatologique non uniforme, qui va du climat équatorial au climat tropical pré-désertique. Le climat, généralement chaud et humide, constitue dès lors une transition entre l'équatorial et le tropical. Équatorial le long des côtes, il est semi-aride à l'extrême nord. Le pays connaît en général des variations importantes de température entre le Nord et le Sud, mais également le long de l'année en fonction des saisons.

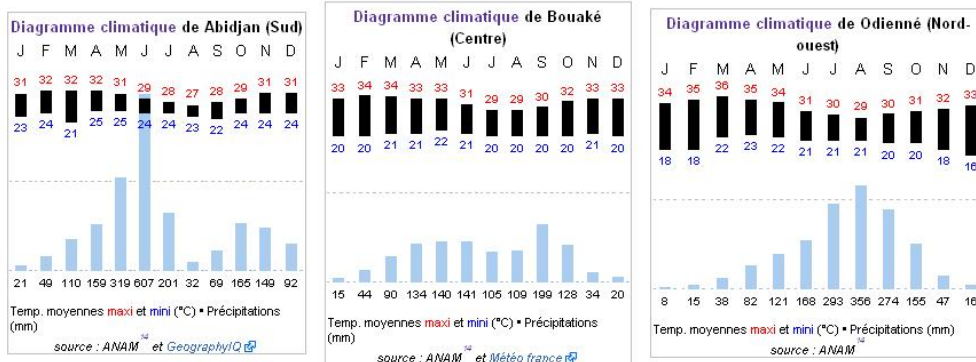


Diagramme climatique de trois zones climatiques de la Côte d'Ivoire

Les températures oscillent autour de 28 °C en moyenne. Deux grandes zones climatiques se côtoient : le climat équatorial et le climat tropical de savane, lui-même plus ou moins sec.

Le climat subéquatorial est caractérisé par des températures de faibles amplitudes (25 °C à 30 °C), un fort taux d'humidité (de 80 à 90 %) et des précipitations abondantes, qui atteignent à Abidjan 1766 mm et à Tabou 2129 mm. Cette zone connaît deux saisons sèches et deux saisons humides. La grande saison sèche, chaude, est entrecoupée de quelques pluies et s'étend du mois de décembre au mois d'avril. La petite saison sèche couvre les mois d'août et de septembre. Quant aux saisons de pluie, elles s'échelonnent de mai à juillet pour la grande et d'octobre à novembre pour la petite.

Le climat tropical de savane humide couvre le Nord de la zone forestière du Sud et le Sud de la région des savanes. Les températures, à amplitudes plus importantes, y oscillent entre 14 °C et 33 °C avec une hygrométrie de 60 % à 70 % et des précipitations annuelles de 1 200 mm³ à Bouaké. Cette région climatique connaît également quatre saisons : deux saisons sèches, de novembre à mars et de juillet à août et deux saisons pluvieuses, de juin à octobre et de mars à mai.

Le climat de savane sec concerne principalement la région des savanes. Les amplitudes thermiques quotidiennes et annuelles y sont relativement importantes, de l'ordre de 20°C, le taux d'humidité, inférieur à celui du sud du pays, varie de 40 % à 50 %. La zone considérée est caractérisée par la présence intermittente entre les mois de décembre et février d'un vent frais et sec, l'harmattan. On y relève deux saisons : l'une sèche, de novembre à juin, ponctuée par quelques pluies au mois d'avril, et l'autre pluvieuse, couvrant la période de juillet à octobre. Les précipitations moyennes enregistrées sont de 1 203 mm à Korhogo.

Type de climat	Précipitations moyennes annuelles (1980 – 1996) (mm)	Caractéristiques des saisons
Climat soudanais ou régime tropical de transition (zone III)	1 128 (1000 – 1700)	Deux saisons (sèche, pluvieuse) Chaleur plus élevée
Climat Baouléen ou régime équatorial de transition atténué (zone II)	1 097 (1000 – 1600)	Deux saisons sèches Deux saisons des pluies Taux d'humidité comprise : 60% – 70%
Climat Attiéen ou régime équatorial de transition (zone I)	1 521 (1500 – 2400)	Deux saisons sèches Deux saisons des pluies Forte hygrométrie (80 – 90%)
Climat des montagnes (zone IV)	1 449 (1500 – 2200)	Deux saisons (sèche, pluvieuse)

Régimes climatiques de la Côte d'Ivoire (JICA, 2001; Goula, 2005)

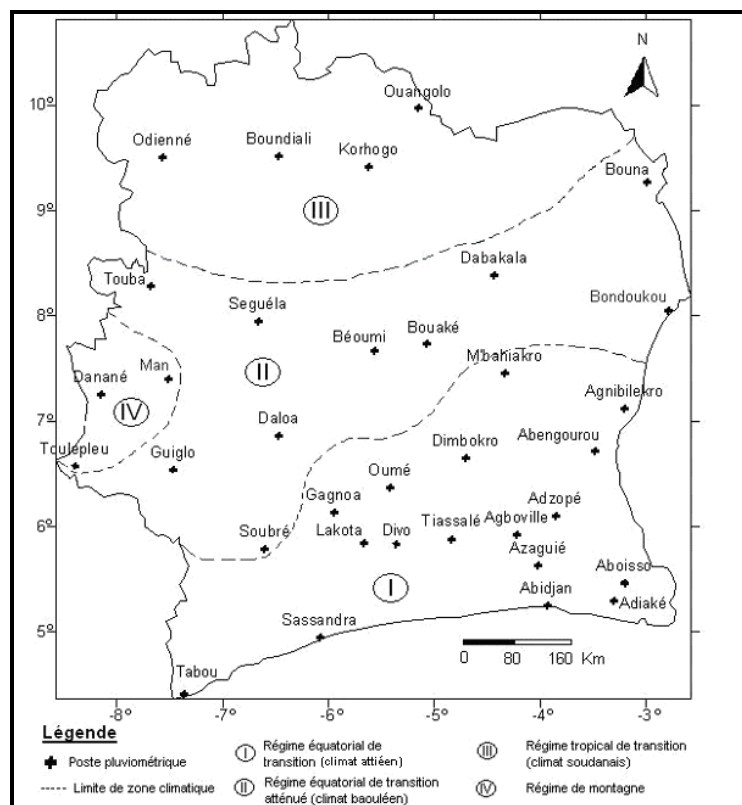
L'examen des normales pluviométriques des périodes (1980 - 1996) a permis de distinguer trois grandes zones climatiques (Nord, Centre et Sud). La zone Centre intégrant la zone montagneuse de l'Ouest, la Côte d'Ivoire se caractérise par quatre régimes climatiques nettement marqués.

Sols

Les sols connaissent une dégradation importante et continue causée par la surexploitation et l'extension de la zone agricole aux techniques inadaptées provoquant souvent une pollution inquiétante par les pesticides et autres produits chimiques.

Eaux de surface

Les quatre grands fleuves (Cavally, Sassandra, Bandama, Comoé), dont les régimes hydrologiques s'apparentent étroitement aux précipitations, enregistrent une baisse générale des apports. Certains cours d'eau et réservoirs présentent des signes d'eutrophisation caractérisés par la présence de végétaux aquatiques envahissants. Les pollutions des eaux et des sédiments ont été ponctuellement constatées, liées à l'utilisation des fertilisants et des pesticides près des grandes plantations ainsi qu'aux rejets des grandes industries. Les eaux des bassins lagunaires d'Abidjan connaissent une augmentation des concentrations en nitrates et phosphates et la pollution microbienne interdit toute baignade d'après les normes OMS. Dans la région d'Abidjan, on relève, de plus en plus, la présence de nitrates dans les eaux des forages. Ailleurs, des pollutions issues des effluents des déchets ménagers et industriels et des pesticides ont été enregistrées localement.



Zones climatiques de la Côte d'Ivoire (Goula & al., 2007)

Végétation et déforestation

Globalement, deux grands types de paysages végétaux se partagent le territoire ivoirien : un paysage forestier (moitié sud) et un paysage de savane (moitié nord). Toutefois, la classification des régions agro-climatiques permet de faire les distinctions suivantes (Figure 5)

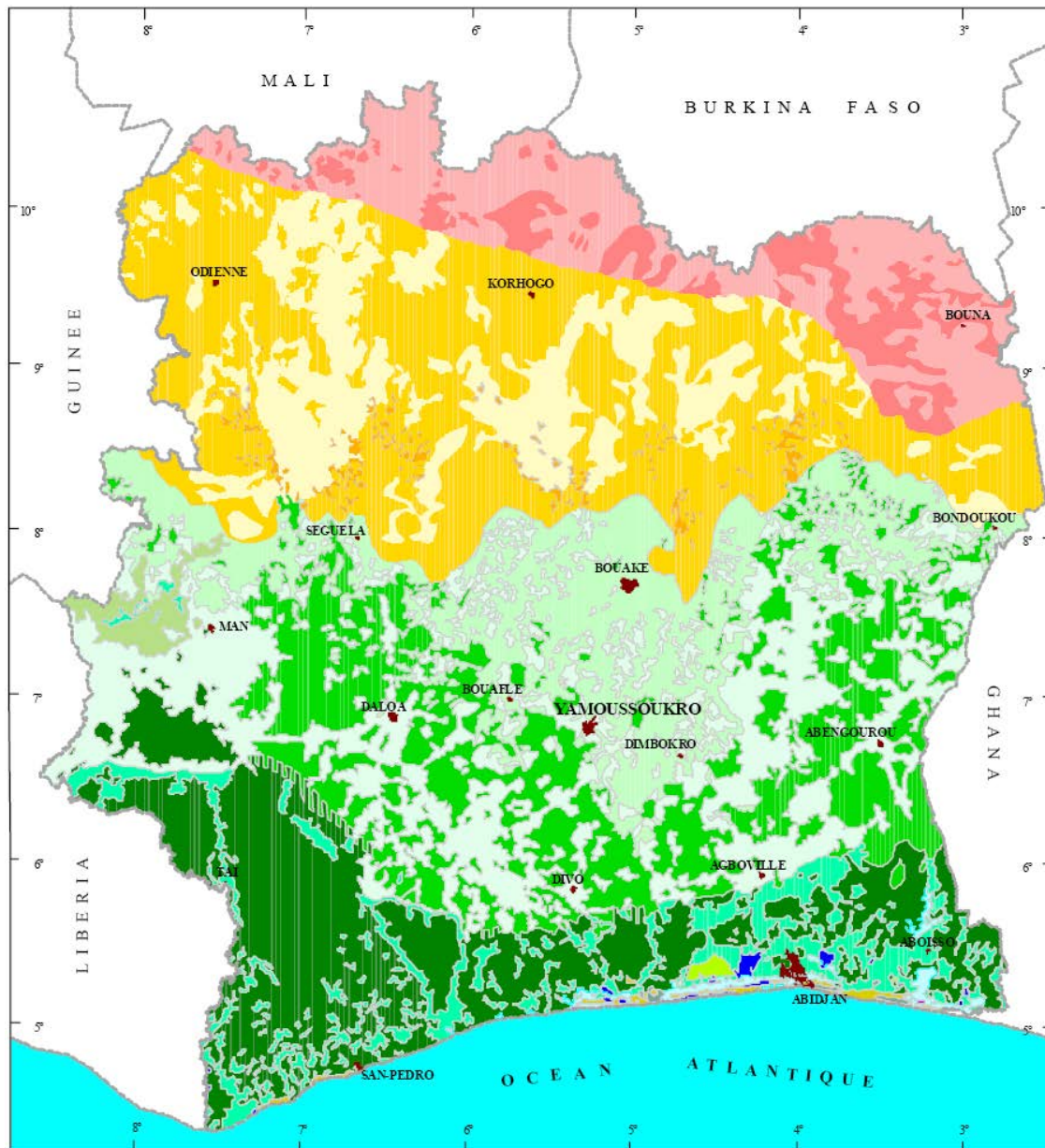
La Basse Côte d'Ivoire forestière occupe les massifs forestiers du Sud et du Sud-Ouest auxquels se rattache le massif montagneux de Man. Elle est limitée au Nord par la ligne Bianouan-Agboville-Guitry-Soubré-Duékoué qui remonte le long du Sassandra jusqu'au niveau du massif de Man. Elle est couverte d'une forêt dense humide sempervirente (secteur hyperombrophile et secteur ombrophile) ;

La Moyenne Côte d'Ivoire forestière, située au Nord de la zone précédente, est limitée au Nord par les deux branches du V Baoulé, à l'Ouest par le Sassandra et à l'Est par la frontière du Ghana. Elle est couverte d'une forêt dense semi-décimée (secteur mésophile) ;

La Côte d'Ivoire préforestière occupe d'une part le « V Baoulé » et d'autre part une bande centrale située au dessus de la forêt mésophile et limitée au Nord par la ligne Nassian-Kani. Des blocs et des îlots de forêt dense humide mésophile et de forêt dense sèche sont inclus dans une savane plus ou moins boisée appartenant aux savanes guinéennes et sub-soudaniennes ;

La région nord de la Côte d'Ivoire, située au dessus de la ligne Kani-Nassian, peut être subdivisée en trois sous régions qui sont du Nord au Sud, le secteur soudanais, le secteur sub-soudanais et la forêt claire.

En 1900, la Côte d'Ivoire disposait d'un couvert forestier de 16 millions d'hectares. La croissance économique enregistrée jusque dans les années 80 s'est faite au détriment de ses ressources forestières. Aujourd'hui, la zone forestière est quasiment réduite à quelques lambeaux de forêts secondaires, isolés au sein d'une succession de plantations (villageoises ou industrielles) et de jachères. La couverture forestière s'élève à 6,38 millions d'hectares composée de 4,2 millions d'hectares de forêts classées fortement dégradées (environ 13% du territoire national), de 168.000 hectares de plantations forestières et de 2 millions d'hectares d'aires protégées. La déforestation s'est ralentie depuis une dizaine d'années mais reste toujours largement supérieure aux possibilités de régénération de la forêt naturelle. De plus, le bois couvre une partie des besoins en énergie des ménages. L'utilisation domestique de combustibles ligneux, augmente avec l'accroissement de la population et constitue une cause majeure de déboisement, surtout en savane et au voisinage des centres urbains.



- | | | | |
|----------------------------------|---------------------------------|---|--|
| I- DOMAINE GUINEEN | | II- DOMAINE SOUDANAIS | |
| A- SECTEUR LITTORAL | C- SECTEUR MESOPHILE | A- SECTEUR SUB-SOUDANAIS | |
| Forêt et zone agricole | Forêt dense humide semi-décidue | Forêt dense sèche | |
| Savane littorale | Forêt défrichée mésophile | Forêt claire sèche et/ou savane boisée sub-soudanaise | |
| Mangrove | Savane mésophile | Savane arborée et/ou savane arbustive sub-soudanaise | |
| B- SECTEUR OMBROPHILE | D- SECTEUR MONTAGNARD | B- SECTEUR SOUDANAIS | |
| Forêt dense humide sempervirente | Forêt et prairies | Forêt claire sèche et/ou savane boisée soudanaise | |
| Forêt marécageuse | | Savane arborée et/ou arbustive soudanaise | |
| Forêt défrichée ombrophile | | | |
| Savane ombrophile | | | |

N
Echelle 1:4000000

Carte de végétation de la Côte d'Ivoire

Biodiversité

La biodiversité se caractérise par une richesse et une diversité biologique importantes (232 espèces de mammifères, 756 espèces d'oiseaux...). Toutefois, la croissance de la population

de 3,5% par an, l'expansion de l'agriculture, la déforestation, l'agriculture sur brûlis, le braconnage et l'abattage des arbres pour le charbon de bois ont entraîné la destruction des habitats naturels, l'érosion des sols et la raréfaction de la faune. L'utilisation de produits toxiques pour la pêche continentale a comme conséquence la destruction des milieux halieutiques. Cette situation a contribué à la diminution drastique de nombreuses espèces qui, pour certaines d'entre elles, sont menacées de disparition. Les écosystèmes marins et lagunaires sont aujourd'hui fortement touchés par la pollution en l'absence d'un système de traitement adéquat des déchets polluants venant des activités domestiques, industrielles, agricoles, minières et maritimes. Depuis les événements de fin 2002, la situation dans les aires protégées apparaît alarmante, l'Administration ayant quitté les zones occupées. Cette situation a favorisé les activités illicites (défrichement agricole, surexploitation forestière, braconnage) dans les aires protégées.

Géologie

Histoire géologique de la Côte d'Ivoire

La géologie de la Côte d'Ivoire appartient au craton Ouest-Africain. Son histoire se confond avec celle du craton Ouest-Africain. Elle se résume en deux mégacycles :

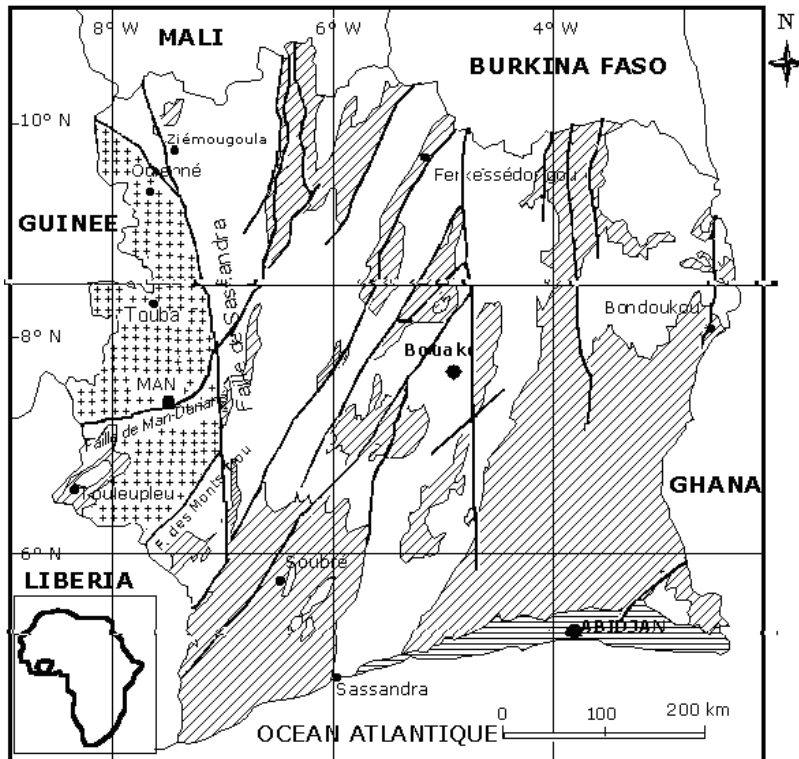
le mégacycle Libérien (3000 à 2400 MA) au cours duquel s'est produite l'orogénèse libérienne (2800 à 2400 MA) aboutissant à la formation d'un noyau libérien qui sera repris plus tard par l'orogénèse éburnéenne;

le mégacycle Eburnéen (2400 à 1500 MA) marqué par l'orogénèse éburnéenne (2000 à 1800 MA) responsable de la mise en place d'un ensemble de roches plutoniques. A la fin de ce cycle, le territoire ivoirien acquiert une stabilité géologique qu'il conservera jusqu'à ce jour.

Formations géologiques

Formations du socle précambrien

La quasi-totalité de la Côte d'Ivoire (97.5%) est couverte par un socle précambrien exceptée la frange côtière au Sud occupée par les formations du bassin sédimentaire.



LEGENDE

<p>ARCHEEN</p>	<p>PALEOPROTEROZOÏQUE</p> <p> Formations éburnéennes volcano-sédimentaire</p> <p> Granitoides éburnéens</p> <p> Bassin sédimentaire secondaire à quaternaire</p>	<p> Faille</p>
----------------	--	----------------

Esquisse géologique de la Côte d'Ivoire (Kouamelan, 1996)

Trois grandes orogénèses (léoniennes, libérienne et éburnéenne) ont contribué à la mise en place de deux domaines géologiques précambriens :

- domaine à l'Ouest (Kénéma-Man) affecté par le mégacycle libérien ;
- domaine à l'Est (Baoulé-Mossi) affecté par le mégacycle éburnéen.

Ces deux domaines étant séparés par l'accident N-S de Sassandra

Socle libérien ou antébirrimien du domaine KENEMA-MAN (Archéen)

Ce domaine est le plus accidenté et est limité à l'Est par la faille de Sassandra. On le trouve à l'Ouest dans la région montagneuse de Man et dans le Sud-Ouest, de San Pedro jusqu'à Tabou. Ce domaine contient de nombreuses reliques de l'orogénèse léonienne et quelques traces insignifiantes de l'orogénèse éburnéenne. L'orogénèse libérienne est l'événement ayant le plus marqué le domaine Archéen Kénéma-Man de la dorsale de Man en Côte d'Ivoire.

Les formations archéennes sont constituées de deux grands ensembles lithologiques:

- un complexe de base, de nature cristalline, constituée de migmatites et de gneiss granulitiques est aussi connu sous le nom de granito-gneiss ;

-un ensemble de ceintures de roches à caractère supracrustal, constituées de quartzites à magnétites, de roches basiques à ultrabasiques, reposant en discordance sur le premier ensemble dont l'épaisseur est d'environ 150 m.

A ces deux ensembles s'associent des granites et des charnockites sous forme d'intrusion dans le socle granito-gneissique, ou sous forme de mobilisation anatectique.

Socle éburnéen du domaine BAOULE-MOSSI (Protérozoïque inférieur ou Paléoprotérozoïque)

Ce domaine se trouve à l'Est de la faille de Sassandra et constitue la majeure partie cristalline et métamorphique du pays. L'orogénèse éburnéenne (2000-1800 MA) est l'événement tectono-métamorphique majeur qui a affecté ces formations. Sur le plan lithologique on distingue les formations birrimiennes et les granitoïdes.

- **Les formations birrimiennes** sont représentées par des métasédiments (schistes, quartzites, conglomérats) étroitement associés à des métavulcanites (métarhyolites, métadacites, andésites, basaltes, amphibolites etc..) constituant le complexe volcano-sédimentaire (CVS) et par des formations détritiques de comblement (SC) constituées de dépôts détritiques (schistes, grauwackes, grès, arkoses et des conglomérats à ciment arkosique) plus ou moins grossiers peu déformés et localement métamorphisés. Les formations birrimiennes constituent des bandes étroites et orientées NNE-SSW.
- **Les granitoïdes** sont constitués :
 - d'un socle granito-gneissique constitué d'un ensemble de roches granitiques généralement foliées et migmatisées par endroit ;
 - de massifs granitiques caractérisant le domaine éburnéen constitué de plusieurs générations d'intrusions granitiques.

En résumé, pour ces deux grands ensembles, les roches comprennent essentiellement :

Les granites : Les granites et les migmatites sont très variés et souvent hétérogènes. On y distingue des granites calco-alcalins de types variés (granites à muscovites, granites à deux micas, granites à amphibolites et biolite, granodiorites), des migmatites qui ne se distinguent pratiquement pas des granites éburnéens comme roche mère.

Les roches métamorphiques schisteuses : Elles occupent le panneau Sud-Est et les parties centrales des chaînes de collines des Intragéosynclinaux (particulièrement ceux de la Bagoé, du Haut-Bandama, du Haut-N'zi, de la haute Comoé, d'Oumé Fêtékro, de Bondoukou, de Duékoué, de la Hana-Lobo et de San Pédro) Ce sont principalement des schistes arkosiques ou argileux, des arkoses et des quartzites qui conservent encore leur tendance schisteuse.

Les roches vertes : Elles comprennent des amphibolites et des schistes amphibolitiques dérivées de roches basiques, dolérites et gabbros. Elles forment l'ossature des chaînes de collines des intragéosynclinaux;

Formations du bassin sédimentaire

Le bassin sédimentaire dont la partie émergée forme un croissant étroit aux pointes orientées vers le Sud et s'étend sur 360 km depuis la région de Fresco Sassandra à l'Ouest jusqu'à la ville d'Axim au Ghana et couvre 2,4% du territoire. Cette partie (onshore) du bassin est très étroite à l'Ouest mais atteint 35 km au niveau d'Abidjan. Sa superficie totale d'environ 7 000 km² avoisine 30 000 km² si l'offshore plus développé est pris en compte. Il constitue d'ailleurs, la partie occidentale de l'ensemble Eburnéo-nigérian, issu de l'ouverture de l'Atlantique.

Les formations du bassin sédimentaire sont d'âge Crétacé inférieur à Quaternaire. Cependant, seules les formations du Tertiaire et du Quaternaire affleure.

Les sables tertiaires (Mio-Pliocène ou Continental Terminal): les sables tertiaires, répartis sur une bande de 20 à 30 km de large parallèlement à la côte, forment des plateaux dominant les lagunes de 30 à 40 m. Ces sables jouent un rôle important dans la géologie et la pédologie de la zone forestière proche du littoral ;

Les sables quaternaires : les sables marins quaternaires et actuels constituent le cordon littoral. Ce cordon littoral plus ou moins développé (0,1 à 8 km) est séparé des sables tertiaires par le système lagunaire ou s'y rattache par des plaines marécageuses ;

Les alluvions récentes : Les alluvions anciennes et récentes des fleuves et des grandes rivières sont caractérisées par leur texture très variable depuis des argiles plastiques compactes jusqu'à des sables grossiers graveleux.

Les alluvions récentes sont localisées dans les zones de bas fonds et des talwegs ?

Ressources en eau utilisées

Eaux de surface :

Réseau hydrographique et disponibilités

La Côte d'Ivoire est drainée par un ensemble de cours d'eau subdivisé en onze principaux bassins versants. Les eaux de surface se composent de cours d'eau, de retenues répartis sur l'ensemble du territoire ainsi que des lagunes situées dans la zone côtière. Le réseau hydrographique de la Côte d'Ivoire se compose principalement :

- quatre bassins majeurs que sont, d'Ouest en Est, le Cavally, le Sassandra, le Bandama et la Comoé ;
- de petits cours d'eau côtiers dont les plus significatifs sont le Tabou, le San-Pédro, le Niouniourou, le Boubo, l'Agnéby, la Mé, la Bia et le Tanoé ;
- Des affluents du Niger, notamment le Gbanhala, (Kouroukélé), le Baoulé, le Dégou, le Kankélaba et la Bagoué ;
- quelques affluents de la Volta Noire dont une partie du cours principal constituent la frontière Nord-Est entre la Côte d'Ivoire et le Ghana, à savoir le Koulda, le Gbanlou, le Gougoulo et le Kohodio.

Aux cours d'eau classiques s'ajoutent les lagunes qui sont une particularité du réseau hydrographique de la Côte d'Ivoire qui dispose un littoral d'environ 555 km de long. La superficie totale des lagunes est approximativement de 1200 km². Ainsi, d'Ouest en Est, il faut distinguer :

- **la lagune de Grand-Lahou** : Elle a une superficie de 190 km² et s'étend sur une longueur de 50 km. Elle comprend en outre une suite de quatre lagunes de petite taille ;
- **la lagune Ebrié**, avec une étendue de 566 km² de superficie pour une largeur et une longueur moyennes de 7 km et 150 km sur une profondeur moyenne de 4 m. Elle est aussi divisée en plusieurs sections par les lagunes Aghien et Potou, le canal d'Assini, la ville d'Abidjan et le canal de Vridi ;
- **la lagune Aby**, d'une superficie de 427 km², s'étend sur 56 km de largeur d'Est en Ouest et 24 km de long du Nord au Sud. C'est un complexe de trois lagunes (tendo, Aby et Ehy).

Trois principaux canaux relient ces différentes lagunes, à savoir :

- **le canal d'Azagny**, long de 17 km et reliant les lagunes de Grand-lahou et Ebrié ;
 - **le canal de Groguida**, qui connecte deux branches de la lagune de Grand-lahou avec une longueur de 1 km ;
 - **le canal d'Assinie** qui relie la lagune Ebrié à la lagune Aby avec une longueur de 48 km.
- Selon l'UNESCO (2003), environ 10% des eaux de surface proviennent des pays voisins.



Réseau hydrographique et principaux bassins versants de la Côte d'Ivoire

Mobilisation et utilisation des eaux de surface

La mobilisation des eaux de surface a nécessité la réalisation de 578 retenues d'eau (Tableau 2) à vocation agro-pastorale , hydro-électrique et approvisionnement en eau potable (Figure 8 et Tableau 3). La plupart d'entre eux sont de moyenne ou de petite envergure mais les barrages hydro-électriques sont les plus importants (Tableau 4). La capacité de stockage des retenues avoisine 38 milliards de m³ dont 36,8 Milliards de m³ pour l'hydro-électricité et 1,2 Milliard de m³ pour les autres.

Des stations de pompage sont aussi utilisées pour les prélèvements en rivière en vue de l'approvisionnement en eau potable des populations et l'irrigation des domaines agro-industrielles.

Bassin versant	Nombre de barrages		Capacité de stockage	
	Quantité	%	10 ⁶ m ³	%
Sassandra	10	1,7	8 337,6	21,8
Bandama	267	46,2	28 796,4	75,3
Comoé	99	17,1	37,3	0,1
Cavally	1	0,2	-	-
Niger	73	12,6	31,7	0,08
Volta Noire	43	7,4	3	-
Bia	2	0,4	969	2,5
Agnéby	82	14,2	24	0,06
San - Pédro	1	0,2	25	0,06
Total	578	100	38 223	100

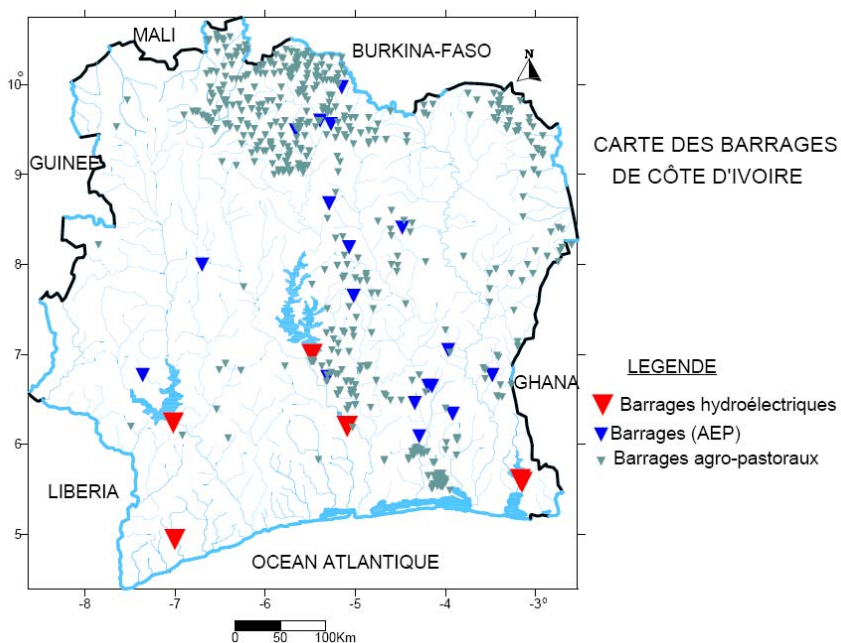
Principaux ouvrages de mobilisation des eaux de surface de la Côte d'Ivoire par bassin hydrographique. (JICA, 2001)

Usage	Répartition	
	Quantité	%
Élevage	361	62,5
Agriculture	120	20,8
Pisciculture	25	4,3
Eau domestique (AEP)	22	3,8
Hydro-électricité	6	1
Multi-usages	38	6,6
Autres	6	1
Total	578	100

Répartition des barrages selon les usages (JICA, 2001)

	Barrage					
Nom du barrage	Buyo	Kossou	Taabo	Ayamé I	Ayamé II	Faye (Grah)
Longitude	7°01' O	5°29' O	5°05' O	3°10' O	3°10' O	6°39' O
Latitude	6° 14' N	7° 01' N	6° 12' N	5° 36' N	5° 35' N	4° 58' N
Année de création	1980	1972	1979	1959	1965	1983
Fleuve	Sassandra	Bandama	Bandama	Bia	Bia	San Pedro
Sup du BV (km ²)	42250	32400	57799	9320	9330	-
Autres objectifs	Pisciculture	Pisciculture	-	-	-	AEP
Hauteur (m)	37	58	34	30	35	10
Volume (10 ⁶ m ³)	7 000	26 962	340	849	68	-
Puissance installée (MW)	165	174	210	20	30	5
Production annuelle (GWH) (*)	900	450 (50)	960 (380)	80	120	22

**Caractéristiques des barrages hydro-électriques de la Côte d'Ivoire
(JICA, 2001)**



Ouvrages de mobilisation des eaux de surface complétée par la localisation des barrages hydroélectriques

Eaux souterraines

En Côte d'Ivoire, les aquifères ou réservoirs d'eaux souterraines se rencontrent respectivement dans les formations de bassins sédimentaires côtiers, les horizons d'altérites au toit du socle, les séries volcano-sédimentaires et les granito-migmatites.

Les ressources en eau souterraine sont principalement utilisées pour l'approvisionnement en eau potable (AEP) des populations rurales.

L'agglomération d'Abidjan qui fait près de 5 millions d'habitants est exclusivement alimentée par la nappe du Continental Terminal.

Aquifères du bassin sédimentaire côtier

Le bassin sédimentaire côtier de la Côte d'Ivoire est constitué d'aquifères homogènes et très perméables. La colonne lithologique de la partie continentale du bassin sédimentaire montre des sables, des argiles sableuses et des argiles. Sur le bassin sédimentaire côtier, les réservoirs ayant un rôle important sur le plan hydrogéologique sont au nombre de trois (Aghui et Biémi, 1984) :

- Aquifère du Quaternaire ;
- Aquifère du Continental Terminal d'âge Mio-pliocène ;
- Aquifère du Maestrichtien.

- **Aquifère du Quaternaire**

L'aquifère du Quaternaire contient la nappe la plus vulnérable de la région d'Abidjan. Cette nappe phréatique dont le niveau piézométrique est très proche de la surface du sol, inonde à chaque pluie les plaines côtières. Elle pourrait recevoir directement les polluants d'origines diverses (Aghui et Biémi, 1984).

Le Quaternaire présente du haut vers le bas quatre horizons (Aghui et Biémi, 1984) :

- horizon 4 : sables marins, sables grossiers des cordons (40 à 50 m) ;
- horizon 3 : sables fins à grossiers peu argileux (30 m) ;
- horizon 2 : argiles tourbeuses (8 à 16 m) ;
- horizon 1 : marnes silteuses (0 à 40 m).

De ces quatre horizons, seuls les horizons 4 et 3 contiennent la nappe du Nouakchottien (sables marins grossiers) et la nappe de l'Oogolien (sables fins grossiers).

La perméabilité des nappes du Quaternaire varie de 10^{-3} à 4.10^{-5} m/s avec un débit de 2 m³/h à 22 m³/h (Loroux, 1978).

Le Quaternaire repose sur le Continental Terminal par l'intermédiaire des cuirasses latéritiques. Quand ces cuirasses et les horizons h1 et h2 sont absents, les deux aquifères communiquent entre eux.

- **Aquifère du Continental Terminal d'âge Mio-Pliocène**

Le Continental Terminal comprend également quatre Horizons du haut vers le bas :

- Horizon 4 : cuirasse latéritique discontinue coiffant localement les argiles sableuses et sables argileux (0 à 70 m) ;
- Horizon 3 : sables grossiers fluviaux (0 à 90 m) ;
- Horizon 2 : argiles noires et sables argileux (0 à 10 m) ;

- Horizon 1 : sables graveleux à passées d'argiles bariolées (0 à 20 m).

Les Horizons 3 et 4 constituent l'essentiel de l'aquifère du Continental Terminal. Au toit de l'Horizon 3, des bancs argileux lenticulaires rendent localement la nappe captive. Les Horizons 3 et 4 forment une seule nappe en absence de ces bancs (Aghui et Biémi, 1984).

Cet aquifère, selon les études antérieures, est le mieux indiqué pour l'alimentation en eau de consommation de la région d'Abidjan. On l'appelle communément "Nappe d'Abidjan" ou "Nappe du Continental Terminal".

La nappe du Continental Terminal, la plus importante réserve d'eau souterraine, présente les paramètres hydrauliques suivants (Loroux, 1978; Aghui et Biémi, 1984 ; Jourda, 1987) :

- la transmissivité est comprise entre 0,14 et 0,2 m²/s ;
- le coefficient d'emménagement est compris entre 0,05 et 0,2 ;
- le débit est variable suivant les ouvrages, de 7 à 338 m³/s ;
- la perméabilité, de l'ordre de 10⁻³ m/s dans les sables fins grossiers, peut diminuer localement jusqu'à 10⁻⁵ ou 10⁻⁶ m/s, suite à une variation de faciès ;
- le gradient hydraulique est de 0,17% et 0,19% respectivement le long du Banco et du Gbangbo, et s'accroît au Nord sur les hauts plateaux (Loroux, 1978).

Les eaux du Continental Terminal se déversent directement dans la lagune ou par l'intermédiaire de plusieurs sources bordières (Aghui et Biémi, 1984).

La nappe du Continental Terminal alimente aussi la nappe du Maestrichtien par sa base (Loroux, 1978).

- **Aquifère du Maestrichtien (Crétacé supérieur)**

C'est une nappe située à 200 m de profondeur dans les bancs calcaires du Maestrichtien. Le réservoir est un biseau qui s'insère au Nord de la faille de bordure du bassin sédimentaire côtier, entre le socle et les sables du Continental Terminal dont il n'est pas vraiment séparé (Jourda, 1987). Cette nappe est constituée de bancs de calcaires gréseux, peu fissurés, à gros grains de quartz roulés et surmontée de niveaux coquillés d'âge crétacé supérieur (Loroux, 1978). En Côte d'Ivoire, précisément à Abidjan, un forage, celui de la SADEM à Locodjro, d'une profondeur totale de 191 m, atteint cet aquifère.

Les paramètres hydrodynamiques et les caractéristiques hydrochimiques des aquifères du bassin sédimentaire côtier sont résumés dans les tableaux 5 et 6.

Aquifères du socle cristallin et métamorphique

Un aquifère discontinu qui couvre 97,5% du pays et se subdivise en deux formations hydrogéologiques : la nappe des aquifères de fissures et la nappe des aquifères d'altérites.

- **Aquifères des altérites**

Ils sont les mieux connus en Afrique de l'ouest, tant des milieux paysans que des sociétés de forage. En effet, pendant longtemps, ils ont été considérés comme étant les seuls à pouvoir contenir des ressources en eau exploitables sur le socle cristallin et cristalloyllien.

Aquifère	Epaisseur (mètre)	Transmissivité (m ² /s)	Perméabilité (m/s)	Niveau statique	Emmagasinement (%)	Direction d'écoulement	Débit d'exploitation	Alimentation
Aquifère du Quaternaire	80	1,4.10 ⁻¹ à 2.10 ⁻¹	10 ⁻³ à 4.10 ⁻⁵	0,5 à 1 m		Nord-Sud	2 à 22 m ³ /h	Recharge par infiltration directe des eaux de pluies et des eaux superficielles
Aquifère du Mio-Pliocène (Continental Terminal)	160	0,14 à 20	10 ⁻³ à 10 ⁻⁶	5 à 80 m	0,05 à 0,2	Nord-Sud	7,2 à 338 m ³ /h	Recharge par infiltration directe des eaux de pluies et des eaux superficielles
Aquifère du Crétacé Supérieur ou Maestrichtien	50	inconnue	inconnue	+2 m	Inconnu	Nord-Sud ?	inconnu	Semi captive avec une alimentation indirecte

Paramètres hydrodynamiques du bassin sédimentaire côtier de la Côte d'Ivoire (Jourda, 1987 ; SOGREAH,1996a ; Soro,2003

Aquifère	Conductivité	pH	Autres
Nappe de quaternaire		5 et 6	Nappes très vulnérables à la pollution, risque d'intrusion saline. Pollution chimique et bactériologique fréquente.
Nappe du Continental terminal	40 et 350 µS/cm	4,3 à 4,5	Niveau piézométrique : 7 à 20 m suivant les saisons. couleur : inférieur à 1 ; faible minéralisation et dureté ; sain au plan bactériologique ; pollution azotée et saline ; présence de nitrate (environ 70mg/l) sur les ouvrages de captage situés en zone urbanisée (Plateau, Adjamé, Zone Ouest) ; pollution par les chlorures de sodium : pénétration du biseau salé dans les zones proches de la lagune (Plateau : 90mg/l en 1996).
Nappe du Crétacé supérieur ou Maestrichtien	Aucune donnée	Aucune donnée	Calcium : 52 mg/l, Magnésium :2,82 ; Bicarbonates :264,7 Potassium : 3,60 Sulfates : 6,2 Chlorures : 8,5 Sodium : 18,5 Nitrates :00 (Eau minérale AWA)

Sur les granitoïdes, ce réservoir est composé, de haut en bas, de cuirasse latéritique, sables argileux et arènes grenues dont l'épaisseur peut atteindre 50 m en Côte d'Ivoire ; et de 10 à 20 m en Afrique de l'Ouest. Les arènes grenues constituant les niveaux les plus productifs et donc les plus recherchés. Les réservoirs d'altérites des séries volcano-sédimentaires sont en général les plus épais : 15 à 20 m en moyenne, et 100 m en Côte d'Ivoire (Boucle du cacao).

Cependant, l'exploitation des réservoirs d'altérites est en nette régression, du fait des profondeurs souvent assez grandes des niveaux d'eau (20 – 25 m), de l'épaisseur fréquemment faible des altérites saturées (5m), et surtout des profondeurs des puits-modernes qui ne dépassent pas 35 m.

Pour la réalisation des forages manuels, les arènes grenues des granitoïdes sont les plus indiquées. On les trouve dans les bas fonds (plaines alluviales) et ces zones sont les plus indiquées pour la réalisation des forages manuels car ces formations ne sont pas dures.

- **Aquifères des séries volcano-sédimentaires**

Les métasédiments recouvrent 34,8% du territoire. Il se caractérise par une profondeur moyenne des forages, une épaisseur de la partie altérée, un niveau d'eau statique et un rendement moyen qui sont respectivement de 63 m, 28,4 m, 17,4 m et 3,3 m³/h.

Les séries volcano-sédimentaires sont des complexes schisto-gréseux très hétérogènes à nombreux plis isoclinaux, dont les flancs sont généralement redressés. Ces roches se caractérisent par d'importantes schistosités pouvant augmenter la porosité des réservoirs. Elles peuvent également acquérir des potentialités en eau énormes, quand elles sont affectées par des phénomènes de fracturation. Leur perméabilité est généralement faible et donc les ressources qu'elles renferment sont limitées. Cependant, dans les cas où la roche présente une intercalation détritique ou volcano-détritique jouant le rôle de drain, les réservoirs peuvent acquérir une importance fonction capacitive en profondeur.

- **Aquifères des granito- migmatites**

Le socle granito-gneissique (Granitoïdes) couvre 62,7% du territoire. Sa partie altérée est caractérisée par une profondeur moyenne de 57,2 m, une épaisseur de 21,3 m, un niveau d'eau statique de 10,5 m et un rendement moyen par forage de 3 m³/h.

Ce sont des aquifères de fissures dont la présence se déduit du nombre impressionnant des arrivées d'eau dans les forages profonds réalisés directement dans le socle. En effet, à des profondeurs parfois assez élevées sous les horizons altéritiques (120 m au Mali ; 124 m en Côte d'Ivoire ; 400 m dans les mines de Tarkwa au Ghana), ont été enregistrées de nombreuses venues d'eau qui témoignent de la richesse en eau des formations cristallines, non nécessairement altérées. L'eau circule dans les roches cristallines à travers les réseaux de fractures à fonction drainante, généralement bien alimentés et capables de fournir des débits assez importants quand ils sont bien captés par les forages. A l'heure actuelle, les forages captant les fractures sont les plus sûrs et les moins influençables par les fluctuations saisonnières ; contrairement aux puits réalisés dans les altérites et qui sont placés sous l'influence directe du rythme des saisons.

Le taux de répartition des différents aquifères du pays est résumé dans le tableau

Type de formation géologique	% en superficie	Prof. moy. des forages	Épaisseur d'altération moy	Niveau statique moy	Rendement moyen
Bassin sédimentaire	2,5%	50,1 m		21,7 m	9,6 m ³ /h
Socle granito-gneissique	62,7%	57,2 m	21,3 m	10,5 m	3,0 m ³ /h
Socle schisteux	34,8%	63 m	28,4 m	17,4 m	3,3 m ³ /h

Caractéristiques moyennes des forages dans les différentes formations géologiques

Suivant le contexte géologique défini précédemment, le potentiel moyen annuel des eaux souterraines de la zone aquifère discontinu est d'environ 28 milliards de m³ tandis que celui de la zone de l'aquifère général est de 2,8 milliards de m³ (JICA, 2001).

Distribution de la population et couverture en eau potable

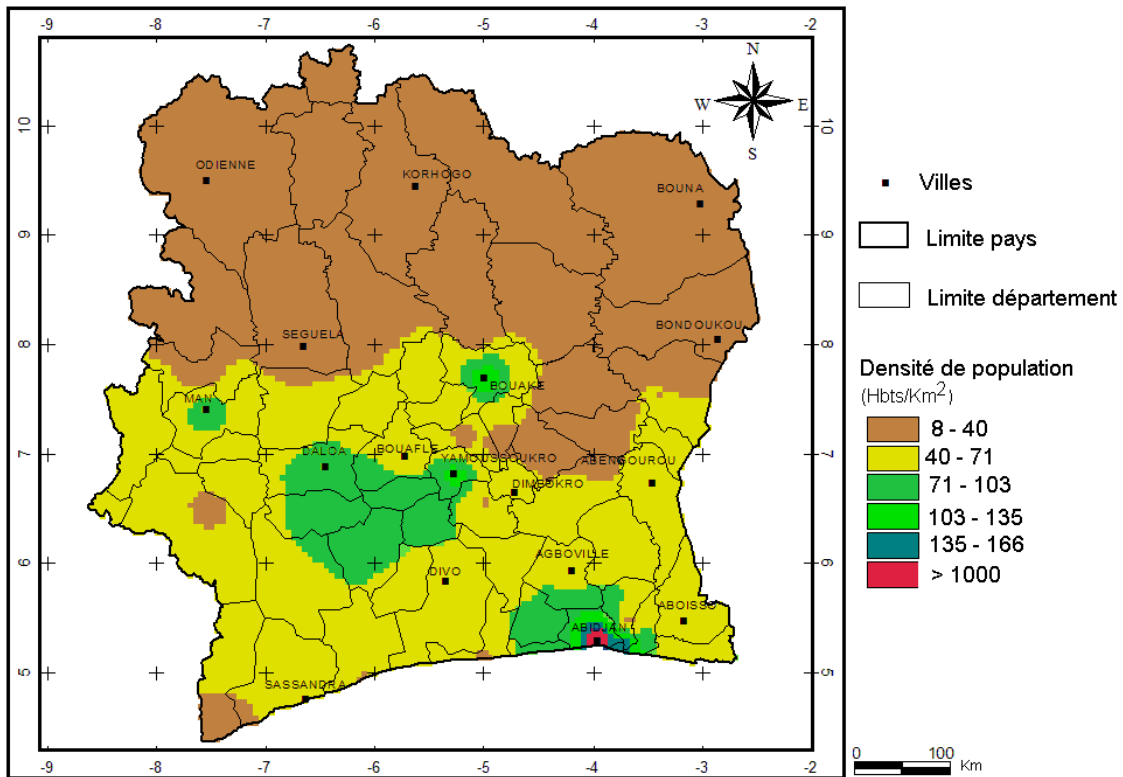
Distribution de la population

Selon le recensement général de la population de 1998, la population de la Côte d'Ivoire était de 15 366 672 d'habitants avec un taux de croissance de plus de 3,25 % par an.

		1990	2002	2005	2006	2010	2015
Population		11 809 854	17 461 446	19 096 988	19 657 734	21 991 170	25 062 954
Taux de croissance annuel		3,47	3,01	2,85	2,81	2,68	2,47
% Répartition de la Population	Urbain	40,0	44,35	46,67	47,45	50,57	54,48
	Rural	60,0	55,65	53,33	52,55	49,43	45,52

Estimation des populations (MPD & PNUD, 2004)

La carte de la densité de la population indique clairement que la zone nord est très faiblement peuplée avec une densité de population allant de 8 à 40 hbts /km². En dehors de la zone autour de la Ville d'Abidjan qui a une densité très élevée (>1000hb/km²), on dénombre trois pôles de peuplement autour des villes de Bouaké, Man, Daloa, Gagnoa, Soubré, Divo, Oumé et Yamoussokro avec une densité allant de 70 à 100 hbts/km².



Carte de densité de la population

La population est inégalement répartie entre les zones rurales et urbaines, avec une prédominance pour les zones rurales. L'analyse du tableau révèle que la population féminine relativement jeune (15-49 ans) est beaucoup plus présente en zone urbaine. L'ensemble de la population dont la tranche d'âge est comprise entre 15-64 ans est plus urbain.

Indicateurs	Population Rurale	Population Urbaine
Population totale (en milliers)	8 838	6 529
Population (en % de la Population totale)	57,51	42,49
Taux de croissance (%)	2,84	4,04
Population masculine (% de la Population rurale)	51,1	51,0
Population féminine (% de la Population urbaine)	48,9	49,0
<u>Répartition en % de la population par tranche d'âge</u>		
0 – 4 ans (en % de la population totale)	17,75	12,06
5 – 14 ans (en % de la population totale)	28,31	26,70
15 – 49 ans (en % de la population totale)	44,35	55,28
15 – 64 ans (en % de la population totale)	50,81	59,68
65 ans et plus (en % de la population totale)	3,14	1,56
Population féminine de 15 à 49 ans (en % de la population totale)	45,46	54,80

Répartition de la population rurale et urbaine selon le recensement 1998 (PNUD – Ministère du Plan et du Développement Côte d'Ivoire, 2004)

Principaux indicateurs socio-économiques

En 2002, seulement 40% de la population était active révélant ainsi qu'une grande partie de la population est sans activité. Dans cette population active, les hommes sont les plus nombreux par rapport aux femmes. On note une pauvreté de plus en plus grande au sein de la population en générale et particulièrement chez les femmes. La population active est beaucoup plus rurale qu'urbaine.

La situation de guerre que connaît la Côte d'Ivoire depuis le 19 septembre 2002, a eu de sérieuses répercussions sur la population. En effet, en plus des nombreux morts qu'elle a occasionnés, la guerre a entraîné un vaste mouvement de population des régions Nord, Centre et Ouest, occupées par la rébellion, vers les autres régions du pays et notamment vers Abidjan. De nombreux étrangers ont également rejoint leur pays d'origine. Aujourd'hui, en l'absence d'enquête démographique récente, il est pratiquement impossible de prendre en compte les changements intervenus au niveau des caractéristiques de cette population.

Sur une population active de 18 600 000 habitants (Source :PNUD, 2005), la répartition par secteur était la suivante (Source :Banque de France, 2006):

Primaire : 49% ;

Secondaire : 15 % ;

Tertiaire: 37 %.

La répartition en fonction de la nature de l'emploi n'a pas assez varié. L'agriculture demeure au niveau de la Côte d'Ivoire, le premier secteur d'emploi. Par ailleurs, l'emploi informel est très fortement développé en milieu urbain, occupant ainsi 54,4 % des chefs de ménages à Abidjan et 48,5% dans les autres villes en 2002.

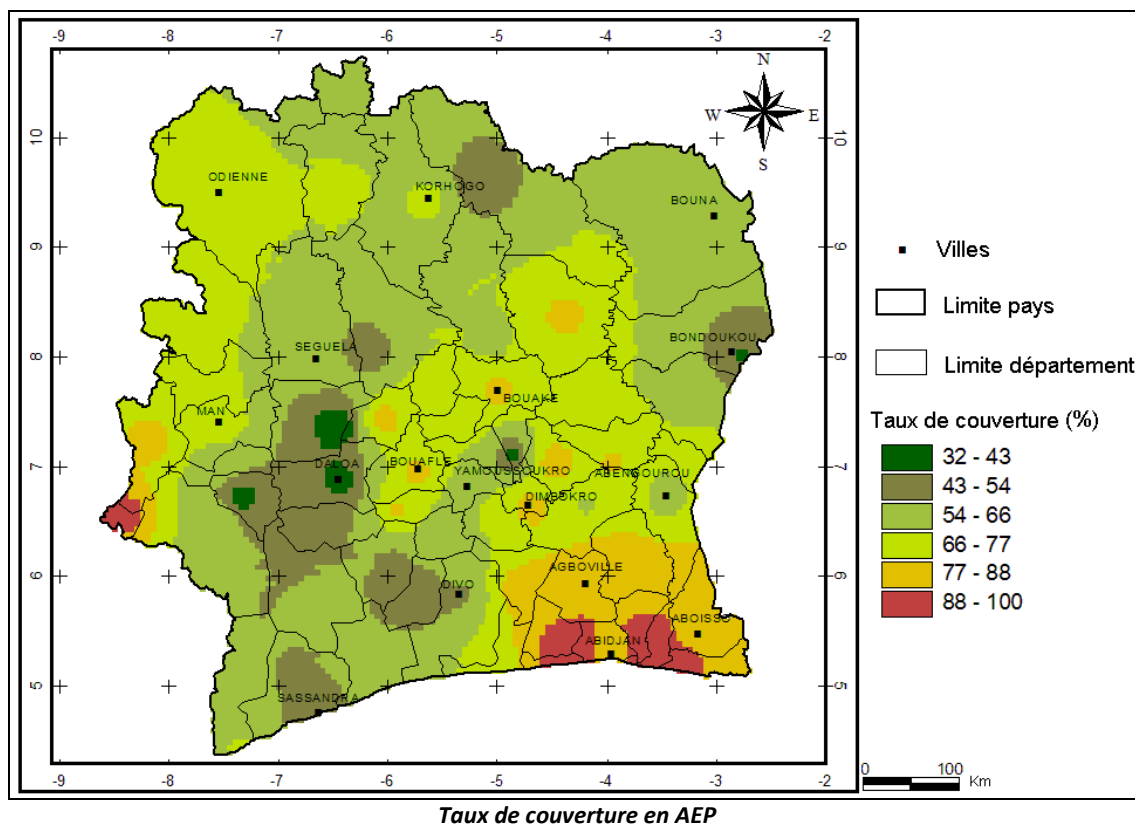
Indicateurs	2002
Population active	7 032 257
Population active (en % de la population totale)	40,27
Hommes (en % de la population active)	62,86
Femmes (en % de la population active)	37,14
Urbaine (en % de la population active)	37,1
Rural (en % de la population active)	62,9
Population active dans les secteurs d'activité économique (En % de la population active)	
• <i>Agriculture</i>	56,9
• <i>Moderne (Ind., Mines, etc.)</i>	16
• <i>Informel</i>	27,1

Répartition de la Population active selon le genre et le type de ménage (PNUD – Ministère du Plan et du Développement Côte d'Ivoire « Tableau de Bord Social », 2004).

Couverture en eau potable

Le taux de couverture est de 69% en milieu rural et de 70% en milieu urbain en 2001. La Côte d'Ivoire a adopté trois systèmes d'AEP pour répondre aux besoins des populations en milieu urbain et rural, à savoir :

- Hydraulique urbaine : Ce système concerne l'AEP des villes ;
- Hydraulique villageoise : il s'agit d'un système basé sur l'utilisation des pompes à motricité humaine, en milieu rural ;
- Hydraulique villageoise améliorée : c'est un système de transition entre les deux précédents qui permet à la population de se préparer à passer à l'AEP.



L'objectif national en matière d'hydraulique humaine était de porter le taux de couverture en eau potable de 75% en 1997 à 85% en 2000 (MPD & PNUD, 2004).

Pour le milieu urbain, les capacités de production ont été renforcées à travers les centres de production dont le nombre s'est accru en passant de 261 en 1997 à 292 (583 localités desservies) en 2000, 307 en 2001 et 311 (583 localités desservies) en 2002. En 2002, seulement 20% des ménages ivoiriens disposent d'un compteur individuel et 60% ont accès à l'eau potable.

Pour l'hydraulique villageoise, le bilan de 2001 (DHH, 2001) fait ressortir 21 776 besoins en points d'eau des populations. Le nombre de points d'eau en exploitation, représentant les besoins satisfaits, était de 14 970 avec un taux de couverture de 68,8%. Ces points couvraient totalement ou partiellement les besoins de plus de 8 000 villages et campements. De plus,

4 467 points d'eau étaient abandonnés pour différentes causes.

Existence, distribution et caractéristiques des puits traditionnels en Côte d'Ivoire

Existence et distribution des puits traditionnels en Côte d'Ivoire

En Côte d'Ivoire, on dénombre dans toutes les régions l'existence de puits traditionnels creusés dans les latérites (argiles sableuses). Elles sont dotées d'une perméabilité spéciale liée aux passages fossiles des racines et des termites (Guerin-Villeaubreil, 1962).

ZONES	Puits traditionnels
Zone nord (Odiéné, Boundiali, Korhogo, Bouna)	Très nombreux
Zone centre (Bouaké, Yamoussokro, Toumodi, Bondoukou, Béoumi, M'bahiakro, Dimbokro, Abengourou, Agnibilekro)	Très nombreux
Zone de montagne à l'Ouest	Nombreux (dans les bas-fonds)
Zone sud et le littoral	Très très nombreux (Plus de 400 puits traditionnels dénombrés à Treichville dans la zone littorale (quartier d'Abidjan en 1962)

Distribution des puits traditionnels en Côte d'Ivoire et par zones

Caractéristiques des puits traditionnels en Côte d'Ivoire

Les nappes de latérites (argiles sableuses) sont exploitées par des puisards et des puits paysans et sont parfaitement indiqués pour la réalisation de forages manuels.

-Puisards des villageois

Dans certains villages, les populations captent les eaux souterraines très superficielles à l'aide des ouvrages rudimentaires appelés puisards. Les puisards sont de petits creux peu profonds (0 à 2 m au plus), réalisés dans les alluvions, à proximité des lits de marigots en vue de recueillir l'eau qui imbibe les berges des rivières asséchées ou dans les sables de l'Oogolien et du Nouakchottien. En zone subsaharienne, la durée de vie des puisards est très courte (de quelques jours à 1 semaine ou un mois, mais jamais d'une saison à une autre). Pendant la saison des pluies, les puisards sont inondés et noyés puis détruits.



Exemple de Puitsards des villageois dans le département de Bondoukou au Nord-Est de la Côte d'Ivoire (Zone 2)

-Puits-paysans

Les puits paysans sont des ouvrages de 3 à 10 m (rarement 15 m) de profondeur creusée dans les altérites superficielles sur les plateaux et les collines à l'intérieur des villages et fréquemment loin de tout marigot. Leur diamètre est de l'ordre du mètre. Les pluies alimentent plus facilement les puits-paysans qui parfois débordent, offrant la possibilité aux femmes de puiser l'eau à la main. Malheureusement, au cours de la saison sèche, le niveau piézométrique des nappes baisse, provoquant le tarissement général des puits-paysans dont la profondeur s'arrête dans la zone de battement des nappes. Ils sont réalisés manuellement par les puisatiers. Le coût total d'un puits-paysan est de 15 000 F CFA environ ; mais sa profondeur est liée à la limite de pénétration d'air dans le trou et donc à la possibilité de respiration du puisatier. Les puits-paysans sont dépourvus d'un système de tubage, seule la construction d'une margelle cimentée de 0,5 à 1 m environ, au-dessus du sol, est le seul moyen utilisé par les paysans pour protéger le point d'eau contre la pollution.



Exemple de puits traditionnels creusé manuellement dans les latérites du socle altéré à Bondoukou (Centre-Est, Zone 2)

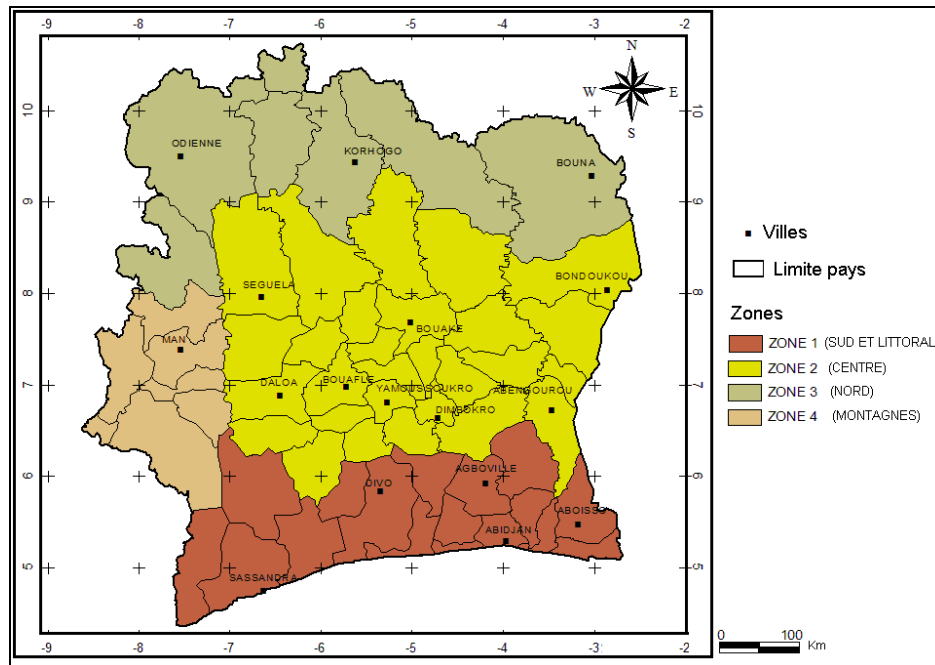


Exemple de puits moderne creusé mécaniquement dans les latérites du socle altéré à Korhogo (Nord, Zone 3)

Subdivision du pays en zones avec caractéristiques homogènes

Nous avons divisé la Côte d'Ivoire en quatre (4) zones qui recouvrent plus ou moins les quatre zones climatiques :

- Zone 1 (Sud et le littoral) ;
- Zone 2 (Centre) ;
- Zone 3 (Nord) ;
- Zone 4 (Montagne, Ouest).



Carte de situation des zones

Zone 1(Sud et le littoral)

Géomorphologie

La zone 1 est constituée de deux parties :

- La zone sud en général s'étend entre une altitude 0 m et 200 m se caractérise par de douces ondulations des terrains. Elle est presque entièrement recouverte de forêts et le contraste topographique est par conséquent plus faible. D'une manière plus détaillée, des roches "moutonnées" sont prédominantes à l'ouest du pays vers le sud, la plaine devient bas plateau venant en contact avec les lagunes par des pentes abruptes.
- La zone littorale du pays présente des caractéristiques différentes dans sa partie nord et sa partie est. A la frontière occidentale avec le Libéria, les roches du socle font directement face à la mer à proximité de Fresco et la côte est constituée principalement d'une série de caps, de baies et de plages de sable. De l'autre côté, vers l'est à la frontière avec le Ghana, la côte est sablonneuse et les barres de sable isolent la mer de vastes lagunes qui constituent un itinéraire de navigation maintenu artificiellement d'environ 300 km d'ouest en est (Lagune du Grand-Lahou, Lagune Ebrié, Lagune Aby et Lagune Ehy).

Situation climatique et environnementale

Le régime climatique de la Zone 1 est le Climat Attiéen ou régime équatorial de transition. La précipitation moyenne annuelle (1980_1996) est de 1 521 mm avec un minimum de 1500 mm et un maximum de 2400 mm. La saison est caractérisée par deux saisons sèches et deux saisons des pluies. On note une forte hygrométrie (80 – 90%)

Cette zone, contenant 80 % des industries du pays, va avoir un environnement des plus dégradés au niveau des eaux de surface ainsi que des eaux souterraines. La forêt est aussi dégradée.

Géologie

La géologie de cette zone est constituée de formations du socle et du bassin sédimentaire côtier.

Les formations du socle sont constituées de métasédiments, de métavulcanites et de granitoïdes concordants et discordants dont l'altération donne des terrains latéritiques rouge ocre.

Le Sud-Ouest, de San Pedro jusqu'à Tabou, contient de nombreuses reliques de l'orogénèse léonienne et quelques traces insignifiantes de l'orogénèse éburnéenne. L'orogénèse libérienne est l'événement ayant le plus marqué le domaine Archéen Kénéma-Man de ce secteur connu sous le nom de SASCA.

Les formations du bassin sédimentaires côtier sont constituées de sable, d'argile, de sable argileux et d'argile sableuse

Ressources en eau utilisées

La Zone I est principalement alimentée par les eaux souterraines de la nappe d'Abidjan et les eaux souterraines des aquifères du socle par les programmes d'hydraulique villageoise. Il faut cependant noté que certaines agglomérations sont alimentées par des eaux de surface (Agboville, Adzopé).

Distribution de la population et couverture en eau potable (AEP)

La zone 1 est la zone la plus peuplée avec une population de plus de 6 millions d'habitants avec une densité de population la plus élevée (> 1000 hbts/km² pour Abidjan). Le taux de couverture en eau potable de 76% qui est de loin le plus élevé (Tableau 12)

Présence de forages manuels

Il n'existe pas de forages manuels au sens du projet en cours, cependant il existe de nombreux puits creusés manuellement dans cette zone surtout dans le cordon sableux du littoral, mais également des puits modernes (687 puits modernes)

Zone 2 (Centre)

Géomorphologie

La zone 2 a une topographie située entre 200 et 300 m d'altitude. Elle se caractérise aussi caractérisée par de douces ondulations des terrains. Elle est recouverte en majorité par une forêt mésophile constituée de forêt dégradée mésophile et de savane mésophile

Situation climatique et environnementale

Le régime climatique de la Zone 2 est le Climat Baouléen ou régime équatorial de transition atténuée. La précipitation moyenne annuelle (1980_1996) est de 1 097 mm avec un minimum de 1000 mm et un maximum de 1600 mm. La saison est caractérisée par deux saisons sèches et deux saisons des pluies. On note une hygrométrie comprise entre 60 – 70%.

Géologie

La géologie de cette zone est constituée de formations du socle. Ce sont des formations d'âge Protérozoïque. Nous avons les formations éburnéennes volcano-sédimentaires constituées de métasédiments, de métavulcanites et les granitoïdes éburnéens concordants et discordants. L'altération de ces formations donne des terrains latéritiques rouge ocre.

Ressources en eau utilisées

Les grandes agglomérations sont alimentées par des eaux de surface au travers de retenues d'eau AEP. Les zones rurales sont alimentées en eau potable des eaux souterraines au travers des forages des programmes d'hydraulique villageoise et aussi par des puits traditionnels creusés manuellement

Distribution de la population et couverture en eau potable (AEP)

La zone 2 est celle qui a une population proche de la zone 1 (>5 millions d'habitants). La population est uniformément répartie avec une densité allant de 40 à 100 hbts/km². Le taux de couverture est de 65 %.

Présence de forages manuels

Comme pour la précédente zone, il n'existe pas de forages manuels au sens du projet en cours, cependant il existe de nombreux puits traditionnels creusés manuellement dans cette zone ainsi que de nombreux puits modernes (1483 puits modernes, Tableau 12)

Zone 3 (Nord)

Géomorphologie

La zone 3 est située à une altitude de 300 m, les caractéristiques topographiques sont les ondulations dominantes atteignant le plateau. Ces plateaux peuvent se diviser en plusieurs de 200 à 500 m, chacun des plateaux étant séparé par une pente relativement élevée (10 à 30 m). Ce relief monotone est interrompu par des unités de reliefs isolées appelées "inselbergs", unités de relief pouvant être divisées dans les trois types suivants : a) alignement de collines, b) petites montagnes tabulaires et c) dômes granitiques ;

La zone nord-ouest est caractérisée par un relief montagneux et elle est appelée chaîne de Guinée.

Situation climatique et environnementale

Le régime climatique de la Zone 3 est le Climat soudanais ou régime tropical de transition. La précipitation moyenne annuelle (1980_1996) est de 1 128 mm avec un minimum de 1000 mm et un maximum de 1700 mm. La saison est caractérisée par une saison sèche et une saison de pluie. On note une faible hygrométrie (40 – 50%). La Chaleur est plus élevée.

Géologie

Nous avons la même géologique la Zone 2. Elle est constituée de formations du socle. Ce sont des formations d'âge Protérozoïque. Nous avons les formations éburnéennes volcano-sédimentaires constituées de métasédiments, de métavulcanites et les granitoïdes éburnéens concordants et discordants. L'altération de ces formations donne des terrains latéritiques rouge ocre.

Ressources en eau utilisée

Dans cette zone également les grandes agglomérations sont alimentées par des eaux de surface au travers de retenues d'eau AEP. Les zones rurales sont alimentées en eau potable des eaux souterraines au travers des forages des programmes d'hydraulique villageoise et aussi par des puits traditionnels creusés manuellement. Dans cette zone on dénombre un très grand nombre de puits modernes par lesquels les populations s'alimentent en eau.

2.3.5. Distribution de la population et couverture en eau potable (AEP)

Cette zone est relativement moins peuplée et son taux de peuplement tend vers celui de la zone 4. Elle a aussi la plus faible densité de population qui varie de 8 à 40 hbts/km². La couverture en eau potable est autour de 62%.

Présence de forages manuels

Comme pour la précédente zone, il n'existe pas de forages manuels au sens du projet en cours, cependant il existe de nombreux puits traditionnels creusés manuellement dans cette zone ainsi que de nombreux puits modernes creusés dans les latérites des formations du socle altérés (1486 puits modernes)

Zone 4 (Montagne, Ouest)

Géomorphologie

La zone ouest est caractérisée par un relief montagneux et elle est appelée chaîne de Guinée. Dans cette zone, les pentes montagneuses sont abruptes, les différences d'altitude importants et certains sommets ont plus de 1.000 mètres ;

Situation climatique et environnementale

Le régime climatique de la Zone 4 est le Climat des montagnes

. La précipitation moyenne annuelle (1980_1996) est de 1449 mm avec un minimum de 1500 mm et un maximum de 2200 mm. La saison est caractérisée par une saison sèche et une saison de pluie.

Géologie

La géologie de cette zone est caractéristique et différente de tout l'ensemble du pays. On y rencontre les formations les plus vieilles et qui datent de l'Archéen.

Ce domaine est le plus accidenté et est limité à l'Est par la faille de Sassandra. On le trouve à l'Ouest dans la région montagneuse de Man et dans le Sud-Ouest, de San Pedro jusqu'à Tabou. Ce domaine contient de nombreuses reliques de l'orogénèse léonienne et quelques traces insignifiantes de l'orogénèse éburnéenne. L'orogénèse libérienne est l'événement ayant le plus marqué le domaine Archéen Kénéma-Man de la dorsale de Man en Côte d'Ivoire.

Les formations archéennes sont constituées de deux grands ensembles lithologiques:

- un complexe de base, de nature cristalline, constituée de migmatites et de gneiss granulitiques est aussi connu sous le nom de granito-gneiss ;
- un ensemble de ceintures de roches à caractère supracrustal, constituées de quartzites à magnétites, de roches basiques à ultrabasiques, reposant en discordance sur le premier ensemble dont l'épaisseur est d'environ 150 m.

A ces deux ensembles s'associent des granites et des charnockites sous forme d'intrusion dans le socle granito-gneissique, ou sous forme de mobilisation anatectique.

Ressources en eau utilisée

Dans cette zone également les grandes agglomérations sont alimentées par des eaux de surface au travers de retenues d'eau AEP. Les zones rurales sont alimentées en eau potable des eaux souterraines au travers des forages des programmes d'hydraulique villageoise et aussi par des puits traditionnels creusés manuellement.

Distribution de la population et couverture en eau potable (AEP)

C'est la zone la moins peuplée avec un taux de couverture relativement faible.

Présence de forages manuels

Comme pour les précédentes zones, il n'existe pas de forages manuels au sens du projet en cours, cependant il existe de nombreux puits traditionnels creusés manuellement dans cette zone ainsi que des puits modernes creusés dans les latérites des formations du socle altérés (228 puits modernes). De toutes les zones, c'est la zone qui a le moins de puits modernes. Ce chiffre peut indiquer une relative difficulté de réalisation des puits compte tenu du relief très accidenté de la zone.

Zone	Population	Accès à l'eau				Puits modernes existants
		= besoin théorique en point d'eau	Point d'eau exploité	= Point d'eau à créer	Taux de couverture	
Zone 1	6.632.075	4290	2524	1596	76	687
Zone 2	5.223.338	10508	6581	3927	65	1483
Zone 3	1.740.484	5057	3115	1942	62	1486
Zone 4	1.119.149	19855	12220	7465	62	228

Population et accès à eau potable dans les 4 zones

METHODOLOGIE D'IDENTIFICATION DES ZONES FAVORABLES AUX FORAGES MANUELS AU COTE D'IVOIRE

Au fin d'identifier les zones favorables aux forages manuels en Côte d'Ivoire, on a réalisé une collecte d'information au niveau locale (dans les institutions principales) et dans des sources de données internationale, au fin de analyser avec un système d'information géographique les différents couches thématique qui permettent déterminer, dans chaque zone, les paramètres qui contribuent à déterminer la faisabilité des forages manuels.

Sources d'information

On a utilisé principalement les suivantes sources d'information pour la determination de l'aptitude :

- Carte géologique en format numérique, échelle 1 :2.000.000
- Base de données de points d'eau avec plus de 13000 de puits et forages ; pour chaque point d'eau il ya des information importantes (type de points d'eau, profondeur, niveau statique, venue d'eau) mais il n'y a pas aucun informations stratigraphiques sur les couches géologiques
- Base de données de 200 logs de forages dans le département de Korhogo (zone centre-nord du pays)
- Modèle d'élévation du terrain avec pixel de 90 m, élaboré à partir des images radar (programme SRTM) et disponible en internet
- Carte de zones de protection ambientales

On doit remarquer qu'il n'y a pas des informations spécifiques sur les aspects géomorphologiques ou sur la présence des couches d'altérations superficielles ; c'est pour ça qu'on a utilisé des élaborations du modèle d'élévation pour avoir des informations sur la morphologie.

Les informations sur les autres aspects (données climatiques, réseau hydrographique, lac et bassins artificiaux, données démographique, etcetera) n'ont pas été élaborées mais ils ont permis de définir le contexte générale du point de vue environmental et social.

Critères utilisés pour l'identification des zones favorables

Pour identifier les zones favorables on a fait une estimation des conditions existantes dans les couches superficielles (maximum 40 mètres, c'est-à-dire la profondeur considerée limite pour la réalisation des forages manuels) en termes de dureté, permeabilité, présence d'eau. Les aspects pris en considération pour déterminer le niveau d'aptitude sont :

L'aptitude géologique : Il s'agit d'identifier les zones où les couches superficielles ont des caractéristiques de dureté et perméabilité favorables à la réalisation des forages manuels (il doit être possible de perforer avec les techniques manuelles, et aussi la perméabilité de la couche exploitée doit être suffisante pour donner un débit significatif dans un forage à faible profondeur et de petit diamètre)

L'aptitude sur la base de la profondeur de l'eau : Il s'agit d'identifier les zones où il est possible de trouver des venues d'eau exploitable à une profondeur compatible avec les techniques manuelles de perforation

L'aptitude morphologique: c'est à dire la présence des zones avec caractéristiques topographiques favorable (zone de bas fonds, ou zones plaine) à la présence de couches d'altération des roches dures enregistrées dans la carte géologique ; ces couches peuvent avoir des caractéristiques, épaisseur, dureté et perméabilité apte pour l'exploitation avec forages manuels ; en plus dans les zones de bas fond il est probable que le niveau statique de l'eau soit superficiel

Les limitations à l'utilisation du territoire: dans les zones de protection environnementale il n'est pas possible que la présence humaine soit permanente, et pour cette raison elles ne sont pas aptes pour le développement d'un programme de forages manuels pour augmenter la disponibilité en eau de la population

Les différentes phases de la procédure d'analyse sont les suivantes :

- détermination de l'aptitude géologique ;
- détermination de l'aptitude sur la base de la profondeur de l'eau ;
- analyse combinée de ces deux paramètres et détermination de l'aptitude hydrogéologique ;
- détermination de l'aptitude morphologique ;
- modification de l'aptitude hydrogéologique sur la base de la morphologie, et estimation de l'aptitude globale aux forages manuels ;
- exclusion des zones avec limitation dans l'exploitation du territoire par l'homme (parcs et réserves, lac et bassins artificiaux) ;
- construction de la carte finale des zones favorables.

La comparaison entre la distribution des zones favorables et la situation actuelle de distribution de la population et taux de desserte permette de donner des recommandations pour maximiser la rélevance et l'efficacité d'un programme de développement des forages manuels

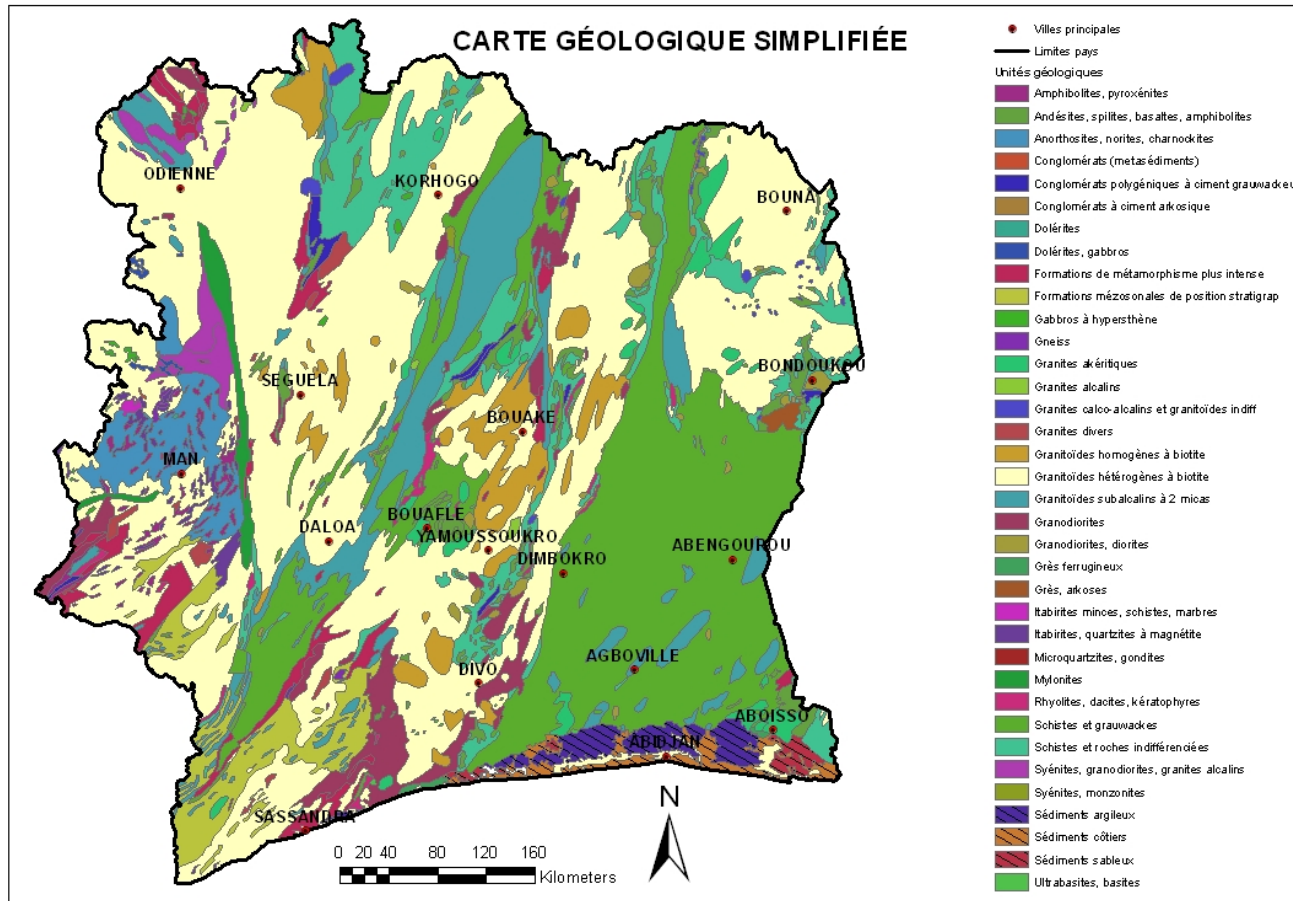
Détermination de l'aptitude géologique

Il s'agit d'identifier les zones qui présentent des formations géologique avec caractéristiques de dureté et perméabilité favorables à la réalisation des forages manuels, ou identifier les

zones de roches dures où il ya probabilité d'existence de couche d'altération ou sédimentation superposée à la formation géologique principale. Ces couches d'altération ne sont pas enregistrées dans la carte géologique, et leur existence doit être estimée sur la base des autres sources d'information :

- Expérience systematisée par les techniciens locaux : bien si l'information n'est pas systematisée et disponible en format numérique, l'expérience directe des techniciens locaux qui connaissent le contexte des différentes régions du pays permette d'estimer la probabilité d'avoir des couches superficielles perforables et exploitables, pour chaque formation géologique ; cette experience a permis la rédaction d'une table des descriptions des caractéristiques
- Logs de forages : ils donnent une information de détails sur les couches superficielles ; malheureusement ce type de données est disponible seulement pour la zone de Korhogo (zone centre-nord du pays)
- Base de données des points d'eau : l'existence d'un grand nombre des puits creusés à la main dans des zones caracterisées par formations géologiques dures peut indiquer la présence des couches superficielles perforables, pas marquées sur la carte

A partir de l'inventaire de lithologies enregistrées dans la carte géologique, une table de description des caractéristiques de la roche mère et de la couche d'altération pour chaque formation



Carte géologique simplifiée

Lithologie	Age géologique	Caractéristiques de la roche mère			Caractéristiques de la couche d'altération	
		Dureté	perméabilité/ Transmissivité	Aptitude à la perforation manuelle	existence et épaisseur de la couche d'altération	description de couche d'altération
Amphibolites pyroxénites	Archéen	forte	Faible		Faible	argile latéritique , peu consolidé, perméabilité moyenne, plateaux
Andésites, Spilites, Basaltes, Amphibolites (Metavulcanites)	Protérozoïque inférieur	forte	Faible	faible	Forte	argiles latéritiques, peu consolidé, perméabilité moyenne, plateaux
Anorthosites, norites, Charnockites	Archéen	forte	Faible	faible	Forte	argile latéritique , peu consolidé, arène granitique, perméabilité moyenne, plateaux
Conglomérats polygéniques à ciment grauwackeux	Protérozoïque inférieur	faible	Forte	moyenne	Forte	argiles latéritiques, peu consolidé, perméabilité moyenne, plateaux
Conglomérats à ciment arkosique	Protérozoïque inférieur	moyenne	Forte	forte	Forte	argiles latéritiques, peu consolidé, perméabilité moyenne, plateaux
Conglomérats (Metasédiments)	Protérozoïque inférieur	moyenne	Forte	forte	Forte	argiles latéritiques, peu consolidé, perméabilité moyenne, plateaux
Dolérites	Permien à Protérozoïque moyen	forte	Faible	faible	Faible	horizon d'altérites sablo-argileuse, peu consolidé, perméabilité moyenne
Dolérites, Gabbros	Permien à Protérozoïque moyen	forte	Faible	faible	Faible	horizon d'altérites sablo-argileuse, peu consolidé, perméabilité moyenne
Formations de métamorphisme plus intense (Metasédiments)	Protérozoïque inférieur	forte	Moyenne	moyenne	Forte	argiles latéritiques, peu consolidé, perméabilité moyenne, plateaux
Formations mézozonales de position stratigraphique incertaine	Protérozoïque inférieur	faible	Forte	faible	Forte	argiles latéritiques, peu consolidé, perméabilité moyenne, plateaux

Lithologie	Age géologique	Caractéristiques de la roche mère			Caractéristiques de la couche d'altération	
		Dureté	perméabilité/ Transmissivité	Aptitude à la perforation manuelle	existence et épaisseur de la couche d'altération	description de couche d'altération
Gabbros à hypersthène	Protérozoïque inférieur	forte	Faible	faible	Faible	argile latéritique , peu consolidé, perméabilité moyenne, plateaux
Gneiss roses	Archéen	forte	Moyenne	moyenne	Forte	horizon d'altérites sablo-argileuse, peu consolidé, perméabilité moyenne
Granites akéritiques	Protérozoïque inférieur	forte	Faible	faible	Forte	argile latéritique , peu consolidé, perméabilité moyenne, plateaux
Granites alcalins	Protérozoïque inférieur	forte	Faible	faible	Forte	horizon d'altérites sablo-argileuse, peu consolidé, perméabilité moyenne
Granites calco-alcalins et granitoides indifférenciés	Protérozoïque inférieur	forte	Faible	faible	Forte	horizon d'altérites sablo-argileuse, peu consolidé, perméabilité moyenne
Granites divers	Archéen	forte	Faible	faible	Forte	argile latéritique , peu consolidé, perméabilité moyenne, plateaux
Granitoides homogènes à biotites	Protérozoïque inférieur	forte	Faible	faible	Forte	horizon d'altérites sablo-argileuse, peu consolidé, perméabilité moyenne
Granitoides hétérogènes à biotites	Protérozoïque inférieur	forte	Faible	faible	Forte	horizon d'altérites sablo-argileuse, peu consolidé, perméabilité moyenne
Granitoides subalcalins à deux micas	Protérozoïque inférieur	forte	Faible	faible	Forte	horizon d'altérites sablo-argileuse, peu consolidé, perméabilité moyenne
Granodiorites	Protérozoïque inférieur	forte	Faible	faible	Forte	horizon d'altérites sablo-argileuse, peu consolidé, perméabilité moyenne

Lithologie	Age géologique	Caractéristiques de la roche mère			Caractéristiques de la couche d'altération	
		Dureté	perméabilité/ Transmissivité	Aptitude à la perforation manuelle	existence et épaisseur de la couche d'altération	description de couche d'altération
Granodiorites, diorites	Protérozoïque inférieur	forte	Faible	faible	Forte	horizon d'altérites sablo-argileuse, peu consolidé, perméabilité moyenne
Graviers, conglomérats, Grès ferrugineux	Mioplicène	faible	Moyenne	moyenne	pas de couche d'altération	pas de couche d'altération, meuble, bonne perméabilité
Grès, arkoses	Protérozoïque inférieur	moyenne	Moyenne	moyenne	Forte	argiles latéritiques, peu consolidé, perméabilité moyenne, plateaux et bas fond
Itabirites minces, schistes, marbres	Protérozoïque inférieur	forte	Moyenne	faible	Forte	argile latéritique, peu consolidé, perméabilité moyenne, plateaux
Itabirites, quartzite à magnétite	Archéen	forte	Faible	faible	Faible	argile latéritique, peu consolidé, perméabilité moyenne, plateaux
Microquartzites, Gondites (Metasédiments)	Protérozoïque inférieur	forte	Forte	moyenne	Forte	argiles latéritiques, peu consolidé, perméabilité moyenne, plateaux
Mylonites	Archéen	forte	Faible	faible	Forte	argile latéritique, sable, peu consolidé, bonne perméabilité, bas fond
Rhyolites, Dacites, Kératophyres (Metavulcanites)	Protérozoïque inférieur	forte	Forte	moyenne	Forte	argiles latéritiques, peu consolidé, perméabilité moyenne, plateaux
Schistes et grauwackes	Protérozoïque inférieur	moyenne	Moyenne	moyenne	Forte	argiles latéritiques, peu consolidé, perméabilité moyenne, plateaux et bas fond

Lithologie	Age géologique	Caractéristiques de la roche mère			Caractéristiques de la couche d'altération	
		Dureté	perméabilité/ Transmissivité	Aptitude à la perforation manuelle	existence et épaisseur de la couche d'altération	description de couche d'altération
Schistes et roches indifférenciées (Metasédiments)	Protérozoïque inféieur	moyenne	Moyenne	moyenne	Forte	argiles latéritiques, peu consolidé, perméabilité moyenne, plateaux
Syénites, granodiorites, granites alcalins	Protérozoïque moyen	forte	Faible	faible	Forte	horizon d'altérites sablo- argileuse, peu consolidé, permeabilité moyenne
Syénites, monzonites	Protérozoïque inféieur	forte	Faible	faible	Forte	horizon d'altérites sablo- argileuse, peu consolidé, permeabilité moyenne
Sédiments argileux	Mioplicène	faible	Moyenne	forte	pas de couche d'altération	pas de couche d'altération, meuble, bonne perméabilité
Sédiments côtiers	Quaternaire	faible	Forte	forte	pas de couche d'altération	pas de couche d'altération, meuble, très bonne perméabilité
Sédiments sableux	Mioplicène	faible	Moyenne	forte	pas de couche d'altération	pas de couche d'altération, meuble, bonne perméabilité
Ultrabasites, basites	Protérozoïque inféieur	forte	Faible	faible	Faible	argiles latéritiques, peu consolidé, perméabilité moyenne, plateaux et bas fond

Table de description des caractéristiques des formations géologiques

Sur la base des 3 paramètres (caractéristiques de dureté de la roche mère, épaisseur probable de la couche d'altération et perméabilité estimée de la couche superficielle) on a assigné pour chaque formation géologique une classe d'aptitude géologique à l'exploitation avec techniques de perforation manuelle. Les classes sont les suivantes :

- FO : zone à aptitude géologiques forte (correspondante à conditions de dureté et perméabilité très favorables) sur la roche principale de la formation aquifère
- FO- a : zone à aptitude géologiques forte sur la couche d'altération de la roche principale de la formation aquifère
- MO : zone à aptitude géologique moyenne (correspondante à conditions de dureté et perméabilité moyennement favorables ou discontinues) sur la roche principale de la formation aquifère
- MO-a: zone à aptitude géologiques forte sur la couche d'altération de la roche principale de la formation aquifère
- FA : zone à aptitude géologique faible, c'est-à-dire en général pas favorable à la réalisation des forages manuels

Lithologie	Aptitude à la perforation manuelle de la roche mère (1= faible dureté, perforable; 2 = roche pas perforable)	Epaisseur probable de la couche d'altération perforable (1 = bien épaisse; 2 = épaisseur limité ou couche d'altération inexistante)	Permeabilité de la couche superficielle (1= bonne perméabilité; 2 (permeabilité moyenne; 3 = peu permeable)	Aptitude géologique à l'exploitation avec techniques de perforation manuelle
Amphibolites pyroxénites	2	2	2	FA
Andésites, Spilites, Basaltes, Amphibolites (Metavulcanites)	2	1	2	MO-a
Anorthosites, norites, Charnockites	2	1	2	MO-a
Conglomérats polygéniques à ciment grauwakeux	1	1	2	MO
Conglomérats à ciment arkosique	2	1	2	MO-a
Conglomérats (Metasédiments)	2	1	2	MO-a
Dolérites	2	2	2	FA
Dolérites, Gabbros	2	2	2	FA

Lithologie	Aptitude à la perforation manuelle de la roche mère (1= faible dureté, perforable; 2 = roche pas perforable)	Epaisseur probable de la couche d'altération perforable (1 = bien épaisse; 2 = épaisseur limité ou couche d'altération inexistante)	Permeabilité de la couche superficielle (1= bonne permeabilité; 2 (permeabilité moyenne; 3 = peu permeable)	Aptitude géologique à l'exploitation avec techniques de perforation manuelle
Formations de métamorphisme plus intense (Metasédiments)	2	1	2	MO-a
Formations mézozonales de position stratigraphique incertaine	1	1	2	MO
Gabbros à hypersthène	2	2	2	FA
Gneiss roses	2	1	2	MO-a
Granites akéritiques	2	1	2	MO-a
Granites alcalins	2	1	2	MO-a
Granites calco-alcalins et granitoides indifférenciés	2	1	2	MO-a
Granites divers	2	1	2	MO-a
Granitoides homogènes à biotites	2	1	2	MO-a
Granitoides hétérogènes à biotites	2	1	2	MO-a
Granitoides subalcalins à deux micas	2	1	2	MO-a
Granodiorites	2	1	2	MO-a
Granodiorites, diorites	2	1	2	MO-a
Graviers, conglomérats, Grès ferrugineux	1	1	3	FO
Grès, arkoses	2	1	2	MO-a

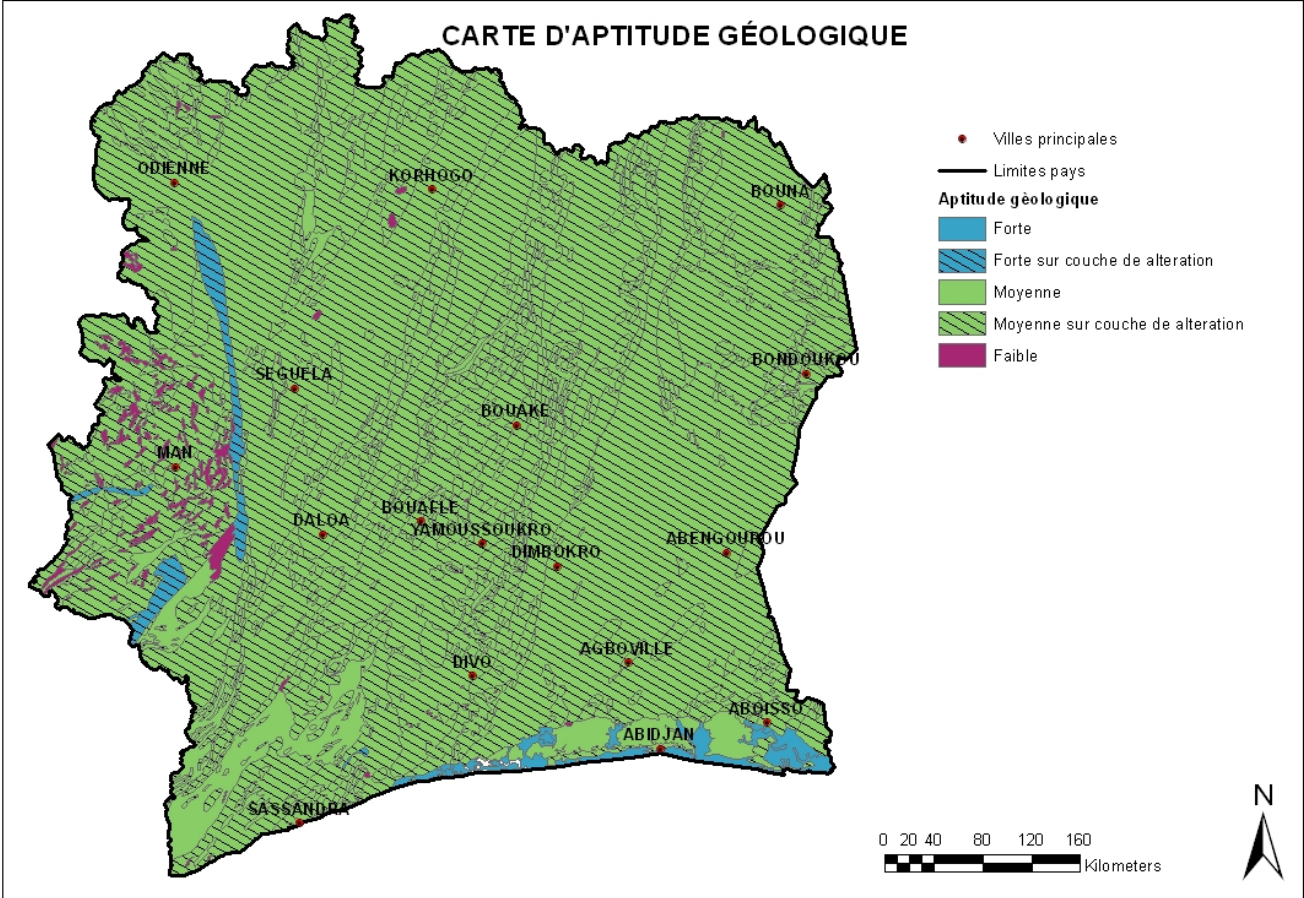
Lithologie	Aptitude à la perforation manuelle de la roche mère (1= faible dureté, perforable; 2 = roche pas perforable)	Epaisseur probable de la couche d'altération perforable (1 = bien épaisse; 2 = épaisseur limité ou couche d'altération inexistante)	Permeabilité de la couche superficielle (1= bonne permeabilité; 2 (permeabilité moyenne; 3 = peu permeable)	Aptitude géologique à l'exploitation avec techniques de perforation manuelle
Itabirites minces, schistes, marbres	2	1	2	MO-a
Itabirites, quartzite à magnétite	2	2	2	FA
Microquartzites, Gondites (Metasédiments)	2	1	2	MO-a
Mylonites	2	1	3	FO-a
Rhyolites, Dacites, Kératophyres (Metavulcanites)	2	1	2	MO-a
Schistes et grauwackes	2	1	2	MO-a
Schistes et roches indifférenciées (Metasédiments)	2	1	2	MO-a
Syénites, granodiorites, granites alcalins	2	1	2	MO-a
Syénites, monzonites	2	1	2	MO-a
Sédiments argileux	1	1	2	MO
Sédiments côtiers	1	1	3	FO
Sédiments sableux	1	1	3	FO
Ultrabasites, basites	2	2	2	FA

Classification d'aptitude à la perforation manuelle pour les formations géologiques de la carte

Sur la base de la classification d'aptitude pour chaque formation, on a élaboré la carte d'aptitude géologique de la Côte d'Ivoire

La grande partie de la Côte d'Ivoire est formée par des roches cristallines granitoides ou de schistes. Ces roches sont généralement dure, mais avec des couches de altération bien développés dans les situations morphologiques favorables (bas fond et faible pente), avec une perméabilité moyenne mais en général suffisante pour une exploitation avec des forages manuels. En consideration de cette homogeneité du pays du point de vue lithologique, aussi l'aptitude géologique est presque uniforme, classifiée moyenne car il y a potentiellement des couches perforables superficielles (formées par l'altération des roches du socle cristallin) mais elles sont discontinues et de perméabilité parfois limitée (couches d'altération de texture arcilleuse)

Les zones les plus favorables sont formées par des dépôts sédimentaires pas consolidées, principalement concentrés dans la zone côtière.

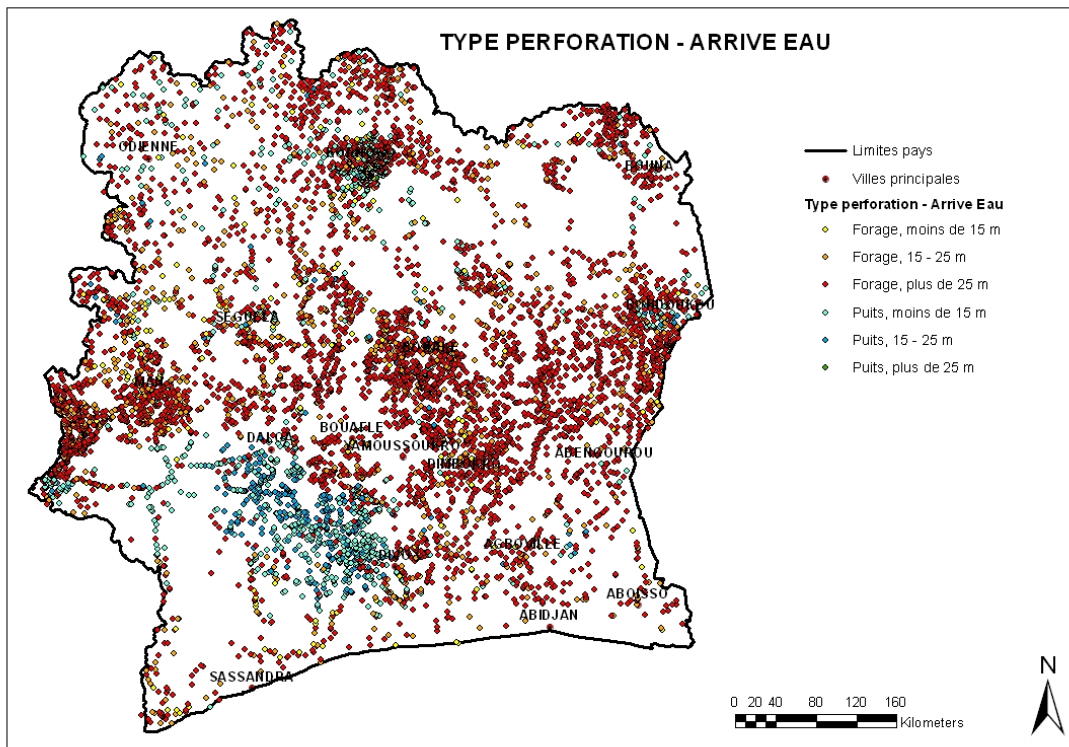


Carte d'aptitude géologique

Determination de l'aptitude sur la base de la profondeur de l'eau

Dans la Côte d'Ivoire, il y a une situation mixte de puits et forages dans la plupart de la zone centrale.

Il est connu qu'en général les puits exploitent les couches d'altération superficielles, mais au contraire les forages vont en profondeur pour exploiter des aquifères en pression très productifs dans le socle cristallin. C'est pour cela que le niveau statique peut être différent de la profondeur des venues d'eau exploitable (principalement pour les forages), et que dans les zones à faible perméabilité de la couche d'altération il est possible de trouver des aquifères profonds confinés



Carte de classification de points d'eau par type et profondeur de la venue d'eau

Pour estimer la profondeur de l'eau plus probable dans les différentes zones du pays on a utilisé principalement l'information sur la venue d'eau existante dans l'inventaire de points d'eau. On a utilisé en général la profondeur de la venue d'eau et pas le niveau statique, car ce dernier paramètre en condition d'aquifères confiné peut donner des indications pas réelles sur la profondeur où on peut trouver des venues d'eau exploitables. En plus on a considéré plus importante l'information des puits (où il y en avait un nombre suffisant) que des forages, car il est possible que dans les couches superficielles à faible productivité il y a des venues d'eau exploitable par les puits et par des forages manuels, mais qui ne sont pas

considérées par les forages qui exploitent des aquifères profonds, plus productifs (dans ce cas la base de données enregistre des profondeurs plus grandes).

Pour la détermination de l'aptitude sur la base de la profondeur de l'eau, on a utilisé une interprétation directe par le technicien de la condition moyenne du niveau statique pour chaque zone, à partir de la carte de profondeur du niveau statique dans les points d'eau, sans utiliser des algorithmes automatiques d'interpolation entre les données disponibles. On a utilisé cette méthodologie parce que la densité de points d'eau est très différente entre une zone et l'autre, et dans certaines régions il y a une distance très grande entre les points d'eau enregistrés ; pour donner des résultats fiables les algorithmes d'interpolation demandent une distribution des données de référence le plus possible homogène et compatible avec la dimension de la maille d'interpolation.

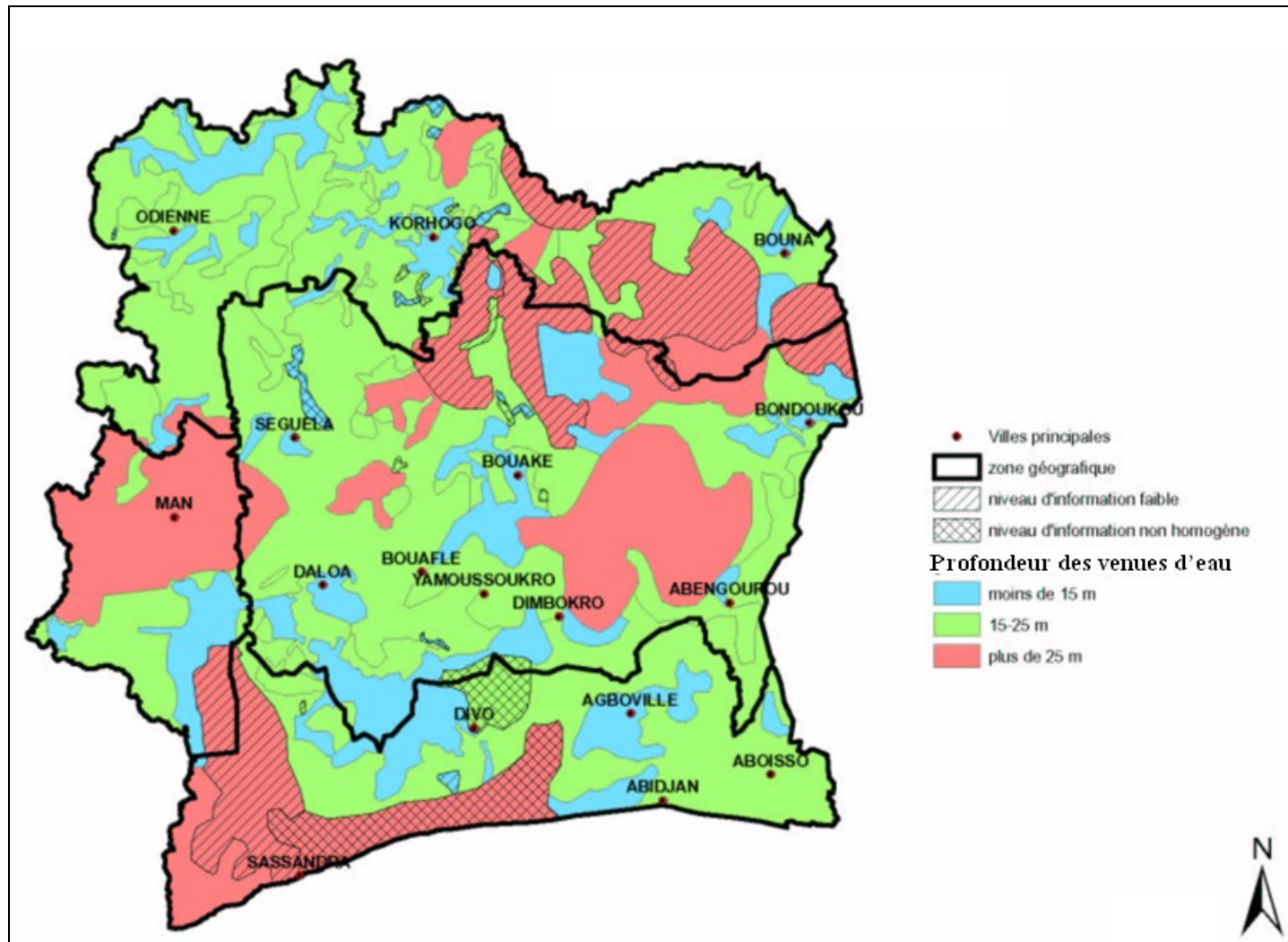
En plus l'interprétation directe par le technicien permet d'évaluer dans quelles situations il y a cohérence entre les données des puits et forages, ou au contraire les zones où il y a une claire indication d'existence de différence entre les nappes exploitées (et par conséquent dans la profondeur de venue de l'eau).

Dans quelque zone la densité d'information sur la profondeur de la venue d'eau est très faible ; c'est pour cela qu'on a estimé que la présence d'un grand nombre des puits potentiellement montre que l'eau se trouve à profondeur accessible par les puits creusés à la main, et par conséquent aux forages manuels ; au même temps la limitation des puits peut indiquer l'existence des conditions moins favorables, mais est aussi contrôlé par des autres facteurs (différence de distribution de la population, enrégistrement incomplet dans la base de données de certaines catégories de points d'eau, notamment les puits traditionnels, existence de sources d'eau superficielle comme fleuves et lagunes, etc) et par conséquent n'indique pas directement conditions pas favorables.

La carte de profondeur des venues d'eau fait une zonification du territoire en base à la profondeur probable des venues d'eau exploitables par les forages manuels ; pour chaque zone on a défini la classe de profondeur (moins de 15 m, entre 15 et 25 m, plus de 25 m ; toutes les zones avec venues d'eau plus profonde que 25 m sont assignées à la même classe, c'est à dire à la classe de zones où la profondeur de l'eau ne permet pas l'utilisation des forages manuels). Pour chaque zone on a aussi indiqué si le niveau d'information est faible (c'est-à-dire la densité de points d'eau enregistrés dans la base de données est faible pour une bonne validation de l'interprétation) ou il est pas homogène (correspond aux zones où la profondeur des venues d'eau est très variable entre un point d'eau et l'autre, à courte distance)

Comme on peut observer dans la carte, la profondeur estimée est généralement entre 15 et 25 mètres ; il y a des zones dans la partie ouest / sud-ouest (entre les Monts de Man et la région de Sassandra) et dans la zone orientale et nord-orientale (zones de Bouaké, Bouna et Korhogo) où la profondeur estimée est plus de 25 m ; on doit considérer que dans ces zones la plupart des points d'eau sont des forages, et peut être que les valeurs de venues d'eau enregistrées dans la base de données sont en relation à l'exploitation des aquifères profonds

plus productifs, mais il n' y a pas d'information des puits qu'exploitent les nappes plus superficielles.



carte de profondeur des venues d'eau

Analyse intégrée et estimation de l'aptitude hydrogéologique

La superposition de l'aptitude géologique et de l'aptitude en relation au niveau de l'eau nous porte à estimer l'aptitude hydrogéologique globale du territoire.

L'aptitude hydrogéologique a été calculée avec la procédure suivante :

- Transformation de l'aptitude géologique en valeur numérique :
 - aptitude forte = 1
 - aptitude moyenne = 0.5
 - aptitude faible = 0

- Transformation de l'aptitude sur la base de la profondeur de l'eau en valeur numérique :
 - favorable, avec profondeur de l'eau moins de 15 m = 1
 - partiellement favorable, avec profondeur de l'eau entre 15 et 25 m = 0.5
 - pas favorable, avec profondeur de l'eau plus de 25 m = 0

- Superposition de l'aptitude géologique et de profondeur de l'eau, et subdivision en polygones qui résultent de l'intersection des deux couches géographiques

- Calcul de la valeur numérique d'aptitude hydrogéologique, avec la formule
Aptitude hydrogéologique = (Aptitude Géologique) * (Aptitude prof. Eau) * 100

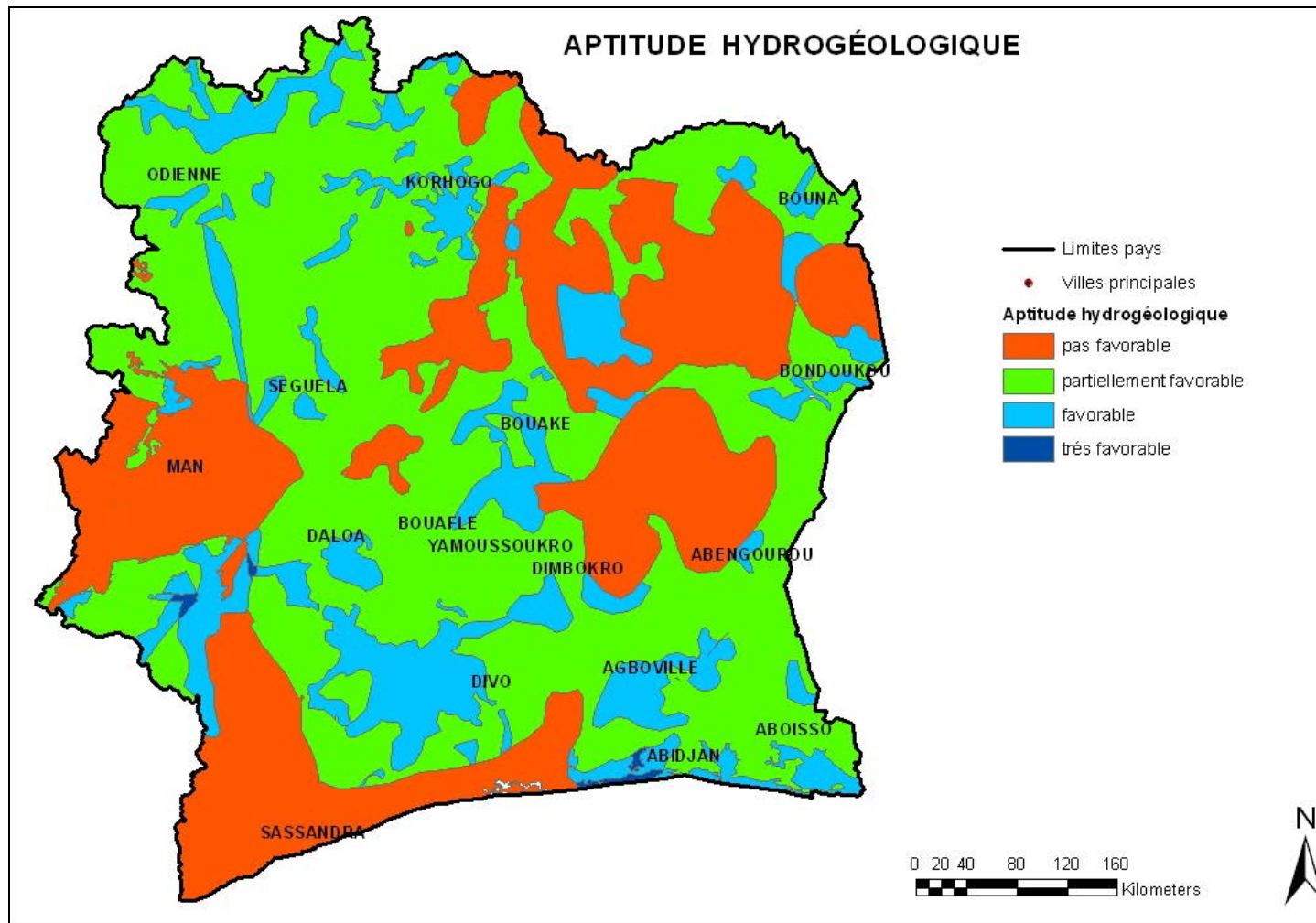
Le résultat a été classifié en :

Valeur de la multiplication	Classe d'aptitude hydrogéologique
0	Pas favorable
25	Partiellement favorable
50	Favorable
100	Très favorable

La correspondance entre combinaison des facteurs et résultat d'aptitude hydrogéologique est la suivante :

Aptitude Géologique	Aptitude sur la base du niveau de l'eau		
	faible	moyenne	forte
faible	pas favorable	pas favorable	pas favorable
moyenne	pas favorable	partiellement favorable	favorable
forte	pas favorable	favorable	très favorable

Le résultat est la carte d'aptitude hydrogéologique



Carte d'aptitude hydrogéologique

On peut observer comme la zone centrale et sud-est il ya une alternance des régions avec condition peu favorable (dans cette situation on devra faire attention aux conditions topographique locales qui peuvent déterminer l'épaisseur d'altération) ou favorable.

Dans la zone ouest et nord-est il y a des régions où les conditions ne sont pas favorables, principalement pour la profondeur des nappes exploitables.

En considération de l'homogénéité de la géologie de la Côte d'Ivoire, la distribution géographique de l'aptitude hydrogéologique est contrôlée principalement par les différences en terme de profondeur de l'eau ; conséquemment on devra faire attention aux zones où l'information sur la profondeur de l'eau est faible ou tres variable entre puits et forages, et vérifier localement les conditions avant de réaliser des forages manuels dans des zones considérées favorable mais sans information suffisante pour permettre une vision claire de la situation des nappes.

En plus, on doit aussi considérer bien que la géologie soit consituée presque dans tout le pays de roches cristallines dures, l'existence de couches d'altération pas identifiée dans la carte géologique permettra d'avoir des conditions favorables à la réalisation des forages manuels dans les couches superficielles ; l'existence de ces conditions sera prise en considération avec l'analyse suivante focalisée sur la morphologie du territoire

Aptitude morphologique

Une grande partie du pays est formée par des unités géologiques qui ne sont pas favorables, par la nature de la roche mère, mais qui peuvent être couvertes par une importante couche d'altération exploitable par les forages manuels. L'épaisseur des couches d'altération est en relation avec les caractéristiques de la roche, le climat (et l'action des eaux de surface et du vent) et avec l'existence des morphologies qui facilitent la déposition et l'accumulation à la surface des sédiments pas consolidées

Le manque ou l'insuffisance des données ne permet pas de faire une reconstruction de l'épaisseur des couches d'altération à partir des données directes des logs de forages (avec la procédure d'interpolation) ; il y a seulement les données pour un nombre limité de logs dans les régions centre-nord du pays. En plus il n'y a pas de cartographie qui donne des informations sur les aspects géomorphologiques

L'analyse morphologique a été faite à partir du Modèle Digitale d'Elevation de 90 m de pixel obtenue des données radar (project SRTM, disponibles sur internet). Après la transformation du pixel de 90 m à 200 m, on a utilisé une procédure automatique basée sur un algorithme (TPI, Topographic Position Index) qui fait une comparaison entre l'élévation de chaque pixel et l'élévation des pixels proches, jusqu'à une distance qui doit être définie par le technicien du SIG (dans cette étude on a utilisé une distance de 5 km).

Utilisant une procédure automatique de comparaison entre la carte du TPI et la carte d'inclination du terrain (aussi produite automatiquement à partir du modèle d'élévation), on a obtenu la carte des classes de position topographique (slope position classification), qui classifie le territoire en :

- zone de bas-fond ;
- zone à faible pente ;
- zone à forte pente ;
- zone de relief.

Cette carte a été transformée avec l'application d'un filtre majeur sur une fenêtre de 10x10 pixel (c'est-à-dire que pour chaque pixel l'algorithme assigne la classe de position topographique prédominant dans une zone de 2 km) pour identifier la morphologie générale dans chaque zone dans la zone.

Enfin on a élaboré la carte d'aptitude morphologique, avec la définition des classes :

- zone morphologiquement très favorable (zone de bas-fonds, avec pente < 3 degrés)
- zone morphologiquement pas favorable (zone de relief, avec pente > 3 degrés)
- zone partiellement favorable (toutes les autres zones)

Ce type d'analyse est d'une importance dans les zones avec aptitude géologique moyenne sur couches d'altération, car l'existence et l'épaisseur de ces couches est en relation avec les conditions morphologiques

Analyse intégrée d'aptitude morphologique et hydrogéologique. Aptitude finale aux forages manuels

La dernière partie de la procédure d'analyse a vue la modification de la valeur numérique d'aptitude hydrogéologique pour prendre en considération la morphologie, de la forme suivante et calculer la valeur d'aptitude finale:

- Valeur d'aptitude finale dans les zones morphologiquement favorable = aptitude hydrogéologique + 25
- Valeur d'aptitude finale dans les zones morphologiquement pas favorable = aptitude hydrogéologique – 25
- Dans toutes les autres zones on a laissé la valeur de l'aptitude hydrogéologique sans modification

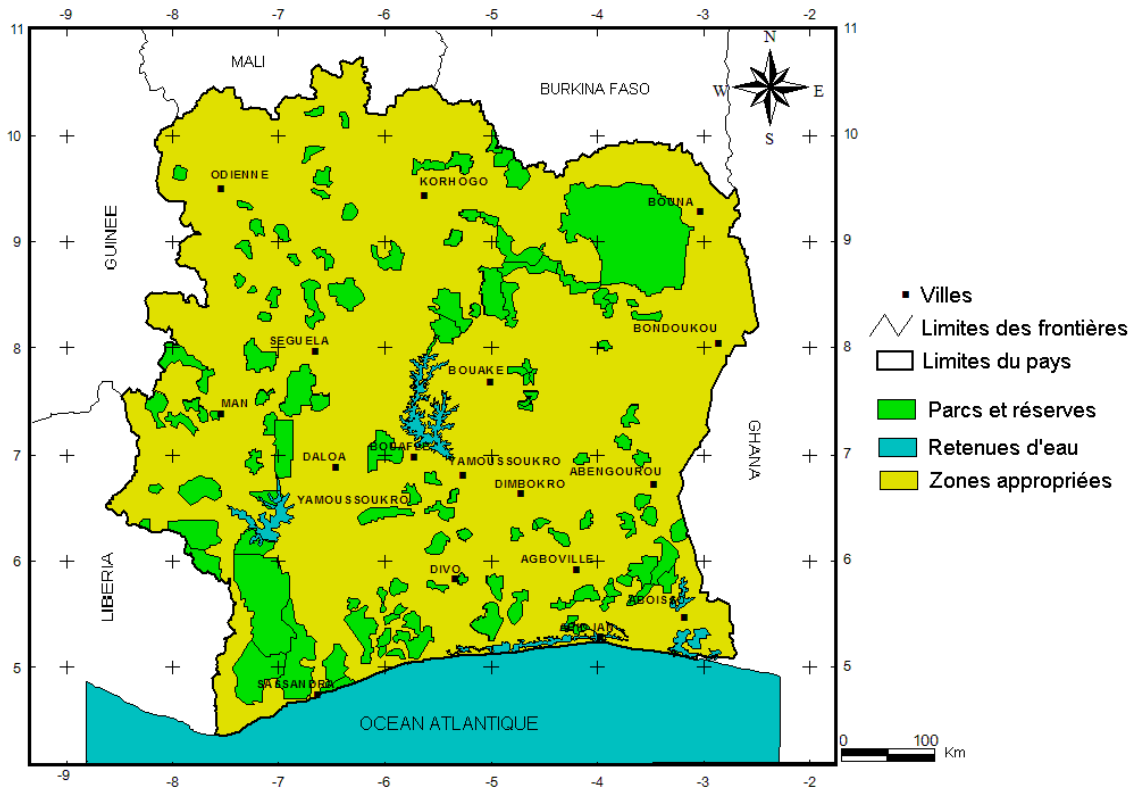
Les suivantes classes d'aptitude finale résultent définies :

Valeur	Classe d'aptitude final
Moins ou egal `0	Pas favorable
25	Partiellement favorable
50	Favorable
75 ou plus	Tres favorable

Avec cette correction les zones de bas fonds et faible pente (avec morphologie favorable) ont augmenté leur aptitude finale en relation à leur aptitude hydrogéologique ; au contraire les zones de relief ont vue une réduction de son aptitude

La carte intrinsèque des zones favorables aux forages manuels est liée à l'environnement physique (géologie, géomorphologie, niveau statique) et ne tient pas compte des limitations existantes dans l'occupation de sol. C'est pour cela qu'on a éliminé de la carte intrinsèque de zones favorables toutes les zones des parcs et réserves, des forêts classées et des retenues d'eau (zones identifiées dans la carte des contraintes)

Le résultat final est la carte de zones favorables aux forages manuels



Carte des contraintes issue du croisement des critères parc et réserves et retenue d'eau

CARTE FINALE DES ZONES FAVORABLES ET RÉSULTAT DE L'INTERPRÉTATION

La carte définitive des zones favorables aux perforations manuelles met en évidence un grand secteur peu favorable à l'ouest, sud-ouest et nord-est du pays (partiellement favorables dans les zones de vallée) et un secteur moyennement favorable dans la zone centrale et sud-orientale (plus favorable dans les zones de vallée).

La carte des zones favorables aux perforations manuelles fournit le cadre suivant :

ZONE 1 : SUD ET LITTORAL

Les caractéristiques hydrogéologiques de cette zone se subdivisent comme suit :

- La région d'Abidjan et le secteur centre-oriental montrent une aptitude favorable ou moyennement favorable ; la géologie dans le secteur oriental est composée de dépôts sédimentaires côtiers à plus haute perméabilité
- dans le secteur occidental affleurent les roches du socle cristallin avec couches d'altération superficielle moyennement perméables et plus dures. Les niveaux statiques dans le secteur occidental se situent généralement à > 25 m ; la zone ouest considérée peu favorable, et en plus est caractérisée par la présence d'une large zone de réserve naturelle

Il est important de mettre en évidence que cette zone méridionale littorale présente une faible couverture en données relatives aux points d'eau ainsi qu'à une dishomogénéité de ces mêmes données, tout particulièrement dans la zone côtière occidentale. Il serait par conséquent intéressant de compléter la reconnaissance par la récolte de données supplémentaires.

La zone côtière orientale, qui se caractérise par des aptitudes favorables aux perforations manuelles, présente également une densité de population très élevée et par conséquent des risques élevés de contamination des nappes phréatiques peu profondes. Ceci est montré par le taux de présence de forages profonds présents dans cette zone.

ZONE 2 : CENTRE (ZONE MONTAGNEUSE DU MASSIF DE MAN EXCLUSE)

L'aptitude globale aux perforations manuelles de la zone centrale résulte être de moyennement favorable à plus favorable dans les zones morphologiquement déprimées (sauf pour la zone centre-orientale où l'on observe une prévalence de forages sur puits et des niveaux statiques moyennement plus profonds). L'homogénéité dans la nature des roches (socle cristallin) n'explique pas cette tendance.

L'on observe une nette prévalence de puits sur forage ainsi qu'une certaine densité de présence de ces puits dans la zone entre les villages de Divo et Daloa et en proximité du village de Bondoukou. Dans le restant de la zone centrale (zone 2), il y a une nette prévalence de forages sur puits. Une limitation de l'interprétation est donnée par la faible densité de données relatives à la présence de puits ou forages dans la zone entre les villages de Bondoukou et Korhogo. Il serait intéressant d'investiguer si la prévalence de forages sur puits de cette zone est le résultat des caractéristiques hydrogéologiques ou plutôt à

l'absence de données des puits existants (puits traditionnels) ou la présence d'autres sources d'approvisionnement hydrique (rivières, sources,...).

De manière générale, ce secteur présente une aptitude moyenne sur couches d'altération à la réalisation des perforations manuelles, tout particulièrement dans les zones de vallée, le long des cours d'eau et dans les zones inondables.

ZONE 3 : NORD

Dans le secteur Nord du pays, l'aptitude à la réalisation de perforations manuelles est moyenne dans les zones de vallée, à l'exception du secteur nord-est où les niveaux statiques moyens de la nappe présentent des profondeurs majeures. Ce secteur est également caractérisé par des surfaces protégées et des réserves naturelles et par conséquent de faible intérêt pour l'exploitation des ressources hydriques souterraines.

Les aquifères exploitables par des perforations manuelles sont ceux se situant dans la couche superficielle d'altération des formations cristallines (formations volcaniques métamorphisées et granitoïdes). Les chances de réalisation de perforations manuelles augmentent dans les zones de vallée, dans le talweg et dans les zones inondables.

La qualité des données de départ, particulièrement les données relatives aux points d'eau existants, résulte ici moyenne, à l'exception du secteur nord-est où la faible couverture en points d'eau s'explique par la présence de larges zones protégées très peu habitées. L'on observe généralement une présence diffuse de puits peu profonds, ce qui reconduit à des conditions favorables, tout particulièrement dans la zone de Korhogo.

ZONE 4 : RELIEFS MONTAGNEUX DE L'OUEST (CHAINE DE GUINEE)

Pentes et dénivellement dans cette zone rendent le paysage plus accidenté, avec des reliefs à environs 1000 m. La géologie également se diversifie des autres zones du pays par l'affleurement de roches archéennes du craton (migmatites, gneiss, granites, quartzites, roches basiques et ultrabasiques).

Cette zone résulte être très peu favorable à la réalisation de perforations manuelles, à cause de la nature lithologique du terrain et de la morphologie accidentée. Il est également à noter que cette zone présente une nette prévalence de forages sur puits. Les zones de vallée et les zones inondables le long des cours d'eau représentent les secteurs à préférer pour d'éventuelles perforations manuelles.

Le tableau suivant résume la distribution en pourcentage entre les classes d'aptitude des quatre zones géographiques décrites préalablement:

Région	Pas favorable	Partiellement favorable	Favorable	Tres favorable
Zone 1 - Sud e littoral	28	42	26	4
Zone 2 - Centrale	22	48	26	4
Zone 3 - Nord	18	50	28	4
Zone 4 – Reliefs montagneux de l'Ouest	49	30	17	4
TOTAL	25	45	26	4

Taux de desserte en eau potable et faisabilité des forages manuels

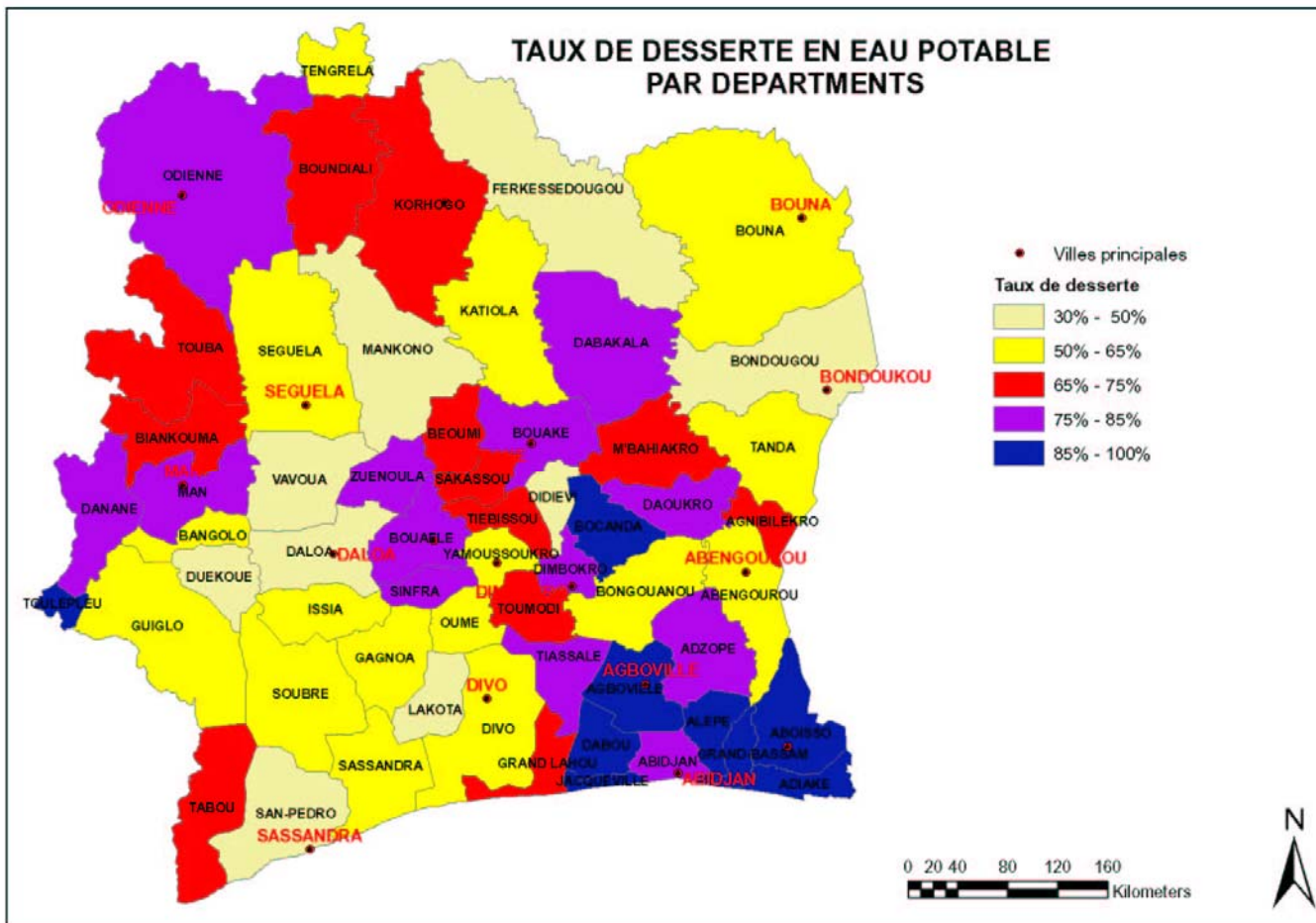
La carte des zones favorables à la réalisation de puits manuels, couplée à des approfondissements et à des phases successives d'étude, peut être un outil très utile pour la définition et localisation des actions d'appui à la diffusion des techniques appropriées pour la construction des forages manuels. Il est important de se focaliser dans les zones où les conditions sont favorables et prioritairement vers des zones où le taux de couverture en installation d'approvisionnement hydrique est le plus faible. En se basant sur les données récoltées au niveau local il a été possible d'élaborer une carte de taux de couverture (exprimé en pourcentage) par département, reportée ci-après.

Cette carte met en évidence des faibles taux de couverture dans les secteurs nord-orientaux et centre-occidentaux, avec des valeurs inférieures à 63%. Dans ces mêmes régions, la carte d'aptitude globale reporte :

- des zones généralement à faible faisabilité pour le secteur nord-oriental
- des zones à faisabilité moyenne pour le secteur centre-occidental et sud-occidental
- des zones très défavorables pour le secteur côtier occidental

La faible aptitude du secteur nord-oriental est conditionnée par les profondeurs moyennes du niveau statique de la nappe (prévalence de puits profonds sur puits manuels peu profonds). La zone se situe dans la zone de transition entre une région à climat tropical et une région à savanes ; avec précipitations plus faibles. Dans cette zone il est possible que dans la saison sèche les puits superficiels qu'exploitent les nappes superficielles des couches d'altération ne peuvent pas assurer une eau potable, et par conséquent son nombre est plus limité.

Le secteur centre-occidental, où l'aptitude est moyen, le potentiel d'exploitation des nappes phréatiques peu profondes est relativement bon, pouvant ainsi améliorer le taux de couverture des points d'eau par la réalisation de nouveaux ouvrages de captation, tel que des forages manuels.



Carte de taux de desserte en eau potable par départements

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS,

L'étude de la faisabilité de perforations manuelles en Côte d'Ivoire, réalisée grâce à la récolte de données géologiques et de données relatives aux points d'eau existants, intégrées avec des analyses géomorphologiques et des données non systématisées, a permis l'élaboration d'une première carte de zones favorables à l'approvisionnement des eaux souterraines à travers des puits peu profonds.

Vue la nature des données de base, les résultats obtenus de cette première analyse nécessitent d'approfondissements ultérieurs et une phase de validation directe sur le terrain, en particulier dans les zones qui résultent favorables à la réalisation de perforations manuelles et que pouvant être considérées comme prioritaires pour l'implémentation future du programme d'appui aux forages manuels

De manière générale, cette étude a permis la mise en évidence de larges zones de substrat cristallin couvert d'une zone d'altération argilo-sableuse d'épaisseur significative (20 – 30 m), facteur particulièrement favorable aux perforations manuelles (faible dureté de la couche superficielle). Ces mêmes formations hébergent souvent des nappes peu profondes (< 25 m), caractérisées par des niveaux saturés peu développés et par des fluctuations saisonnières importantes. Les niveaux les plus productifs se situent dans les formations plus sableuses, mais les aquifères existants dans les couches d'altération présentent donc des caractéristiques de faible productivité, adaptés à l'exploitation par petits groupes d'utilisateurs, peut être dans des contextes de petites communautés rurales isolées, mais non de grands agglomérations.

Lors de cette étude, les zones morphologiquement déprimées et à faible pente se situant dans des vallées fluviales ont été considérées particulièrement favorables car les épaisseurs de la couche d'altération y sont plus importantes, et à cause de la présence d'aquifères alluvionnaires exploitables par des perforations manuelles (faible profondeur de la nappe). Ces zones ont par conséquent été classifiées et paramétrées dans l'environnement GIS avec des termes de faisabilité plus élevés.

Il est aussi important considérer que les zones de bas fonds présentent potentiellement des conditions plus favorables, mais qu'en plusieurs situations la population est concentrée dans des zones plus élevées (risque d'inondation et de condition défavorables du terrain par la présence d'eau stagnante)

La carte de l'aptitude à la réalisation de perforations manuelles élaborée dans cette étude montre un niveau généralement partiellement favorable, qui devient favorable ou très favorable dans les vallées fluviales à faible pente (< 3°). Les secteurs les moins favorables se situent dans la zone nord orientale, sud occidentale et dans la zone montagneuse de Man.

Pour la réalisation d'une phase successive d'approfondissement de l'étude (concentré dans les zones prioritaires et aptitude généralement favorable), des techniciens locaux évalueront avec plus de détail et à travers d'études spécifiques les épaisseurs réelles des couches d'altération, les valeurs de perméabilité, la profondeur de l'eau ; cette phase résulte importante car tous ces paramètres peuvent présenter une variabilité locale forte, pas

observable à l'échelle d'analyse de l'étude nationale présentée dans ce rapport. Dans cette phase il sera important d'accéder à l'information qualitative pas systematisée et indisponible en format numérique, mais que se trouve dans l'expérience des personnes qui travaillent directement sur le terrain et dans les résultats de campagnes d'observation directe.

Documents consultés

BIEMI J. (1992): Contribution à l'étude géologique, hydrogéologique et par télédétection des bassins versants subsahariens du socle précambrien d'Afrique de l'Ouest : Hydrostructurale, hydrodynamique, hydrochimie et isotopie des aquifères discontinus de sillons et aires granitiques de la Haute Marahoué (Côte d'Ivoire). *Thèse doct. ès sc. nat., Univ. Nat. d'Abidjan* 493 p.

DIRECTION DE L'HYDRAULIQUE HUMAINE - Ministère des Infrastructures Economiques
« L'hydraulique humaine en Côte d'Ivoire » ; 2001.

FAILLAT J. P. (1986): Aquifères fissurés en zone tropicale humide : structure, hydrodynamique et hydrochimie d'Afrique de l'Ouest). *Thèse Doct. Etat, Univ. Sci. Tchn. du Languedoc, Montpellier* 534 pp.

GOULA B. T. A., KONAN B., BROU Y. T., SAVANE I., FADIKA V. & SROHOUROU B. (2007) : Estimation des pluies exceptionnelles journalières en zone tropicale : Cas de la Côte d'Ivoire par comparaison des lois lognormale et de Gumbel. *Hydrological Sciences Journal*, 52 (1), pp. 49 – 67

GOULA Bi Tié Albert (2007) EVALUATION DU SECTEUR DE L'ALIMENTATION EN EAU POTABLE ET DE L'ASSAINISSEMENT EN MILIEU RURAL ET URBAIN. Rapport provisoire, Banque Africaine de Développement, Abidjan, 125p.

HALLE B., BRUZON V. Profil Environnemental de la Côte d'Ivoire, rapport final ; Août 2006, 133 pages

JOURDA J.P. (2008). Etude sur l'analyse des institutions nationales et les initiatives en cours/planifiées en matière de gestion du bassin versant de la Volta en Côte d'Ivoire. Rapport *UNEP/GEF/Volta/NR. RCI 1/2008*

JOURDA J. P. (2005) Méthodologies d'application des techniques de télédétection et des systèmes d'information géographique à l'étude des Aquifères fissurés d'Afrique de l'ouest. Concept de l'hydrotechniquespatiale.Cas de la zone test de Korhogo (Côte d'Ivoire). *Thèse Doctorat d'Etat , Univ. de Cocody à Abidjan*, 215 fig, 89 tab, 402 p.

JOURDA J.P., SALEY M.B., DJAGOUE E.M.V., KOUAME K.J., BIEMI J., RAZACK M. (2006) Utilisation des images Landsat ETM+ pour l'évaluation des potentialités en eaux souterraines dans le milieu fissuré précambrien de la région de Korhogo (Nord de la Côte d'Ivoire): approche par analyse multicritère et test de validation. *Revue de Télédétection*, Vol. 5, N° 4, pp. 339-357

MINISTERE du Plan et du Développement, 2004. Tableau de Bord Social Côte d'Ivoire 2003. Tome 2 & 3 : Note météorologique et base de données, 117 p.

PNUD & MINISTERE du Plan et du Développement « Tableau de Bord Social Côte d'Ivoire 2003 – Tome 1 & 3 : 2004..

SANYU Consultants Inc & JICA « Plan Directeur de Gestion intégrée des ressources en eau en Côte d'Ivoire - Rapport Final » ; 2001.

SODEXAM - Ministère des Infrastructures Economiques « Le climat de la Côte d'Ivoire » ; 2000.

SAATY T. L. (1977). A scaling method for priorities in hierachical structures. J. Math. Psychology, 15, PP. 234-281

SAVANE I. (1997). Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique des aquifères discontinus du socle cristallin d'Odienné (Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire). Apports de la télédétection et d'un Système d'Information Hydrogéologique à Référence Spatiale (S.I.H.R.S.). *Thèse Doctorat d'Etat ès Sci. Nat., Univ. Abidjan, 386 p*

YOUAN Ta M. (2008) Contribution de la télédétection et des systèmes d'informations géographiques à la prospection hydrogéologique du socle précambrien d'Afrique de l'Ouest: Cas de la région de Bondoukou Nord Est de la Côte d'Ivoire. Thèse de doctorat unique, Université de Cocody-Abidjan (Côte d'Ivoire), 2008, 236 p

YOUAN TA M, THEOPHILE LASM, J. P. JOURDA, KOFFI FERNAND KOUAME, ET MOUMTAZ RAZACK (2008) Cartographie structurale par imagerie satellitaire ETM+ et analyse des réseaux de fractures du socle précambrien de la région de Bondoukou (Nord-Est de la Côte d'Ivoire) Revue de Télédétection, Vol 8, N° 2

Cartes utilisées

Carte géologique établie au 1/ 2 000 000 en 1972 par le Service cartographique ORSTOM- Université de Cocody et Tagini B. en collaboration avec la SODEMI

Carte Oro-hydrographique établie au 1/ 2 000 000 par le Service cartographique ORSTOM- Université de Cocody et Montels J. Riou G

Carte administrative établie au 1/ 2 000 000 par le Service cartographique ORSTOM- Université de Cocody en collaboration avec le Ministère de l'Intérieur