

État des connaissances actuelles sur l'hydrogéologie du Congo Brazzaville

Current state of hydrogeological knowledge in Congo Brazzaville

Noël MOUKOLO *

Mots-clés : Inventaire, Ressource eau, Zone équatoriale, Zone tropicale
Congo, Brazzaville

Résumé

La République du Congo couvre 342 000 km² sur lesquels les grands ensembles hydrogéologiques se répartissent de la façon suivante :

- bassin sédimentaire côtier : 6 000 km²
- terrains continentaux de la cuvette congolaise : 224 000 km²
- séries du sédimentaire ancien : 68 000 km²
- roches cristallines et cristallophylliennes : 44 000 km².

Les ensembles 1 et 2 sont formés essentiellement de roches sédimentaires meubles, très peu ou pas consolidées, ayant une porosité d'interstice. Ces ensembles constituent des aquifères généralisés.

Les aquifères discontinus sont représentés par les deux derniers ensembles. Il s'agit de roches sédimentaires compactes et indurées, de roches granitiques et métamorphiques. Dans ces ensembles la porosité de fissure domine.

Abstract

The Republic of Congo covers 342 000 km² with the big hydrogeologic assembly units in the following order:

- coastal sedimentary basin: 6 000 km²
- continental fields of the congolese basin: 224 000 km²
- series of old sediment: 68 000 km²
- crystalline and crystallophillian rocks: 44 000 km².

Assembly units 1 and 2 are essentially made of sedimentary loose rocks. They aren't hard and have an interstice porosity. These assembly units constitute some generalized aquifers.

Discontinued aquifers represented by the last two assembly units. They are compact, sedimentary rocks or granitic and sedimentary bases with preponderance of crack porosity.

I - Généralités

I.1 - Introduction

Les ressources en eau souterraine de la République du Congo n'ont jamais fait l'objet d'une évaluation complète ou systématique. Certaines études n'ont été entreprises que très récemment dans la région de Pointe-Noire. Ces travaux et études entrent pour la plupart dans le cadre de l'amélioration de l'alimentation en eau potable de cette ville. La documentation la plus importante et la plus actuelle reste le rapport final de l'étude réalisée par ADVIES BUREAU WOD WATER WOOR ZIENHING (IWACO-BV) au terme d'un

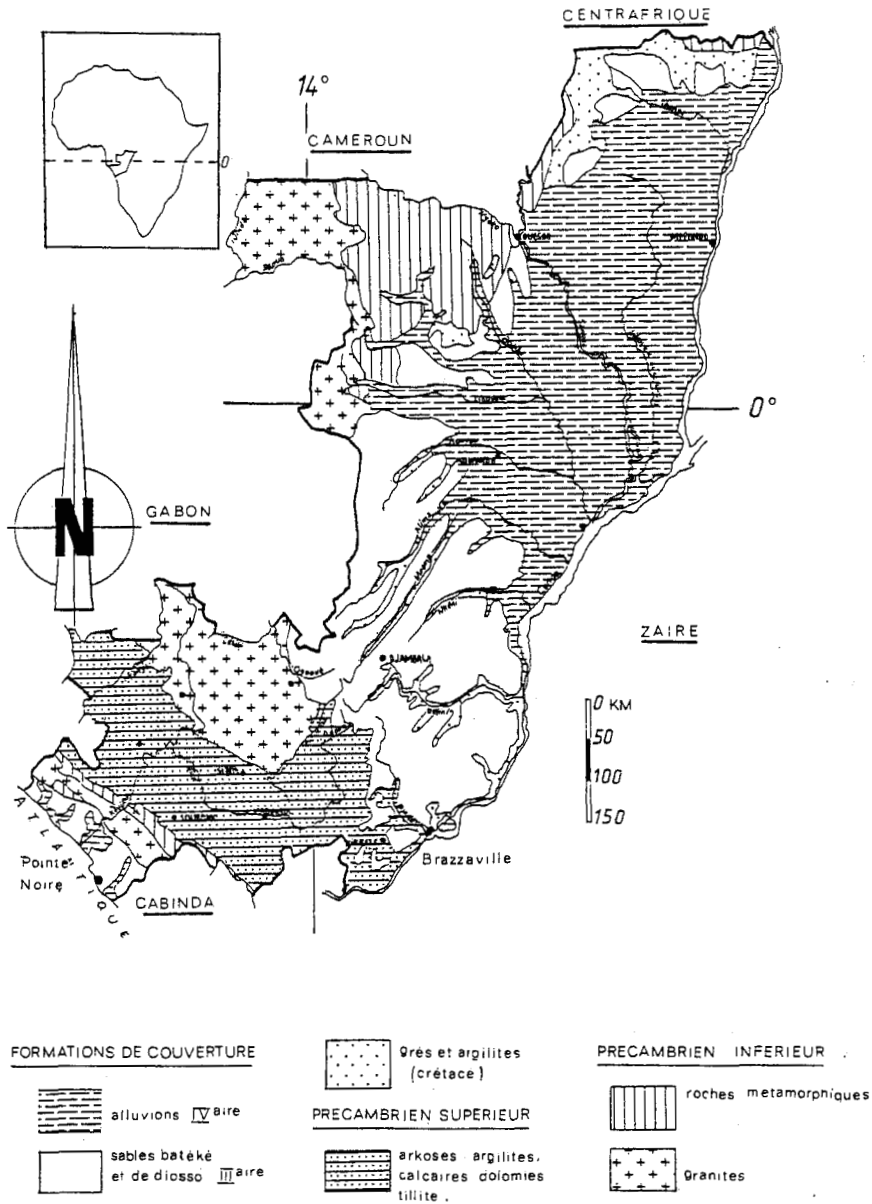
contrat qui a été conclu en 1980 entre cette entreprise et la Société nationale des eaux du Congo. Ce rapport rend compte d'un programme de recherche établi comme suit :

- 24 sondages géo-électriques (longueur totale 35 km) ;
- essais d'arrêt de pompage sur 5 forages ;
- programme de mesures piézométriques ;
- prise et analyse de 12 échantillons d'eau.

Un rapport plus ancien concerne le forage d'eau du « kilomètre 2 » réalisé en 1970 par le Service géologique d'Alsace et Lorraine pour les Brasseries Kronenbourg dans la même localité.

La notice explicative de la carte géologique du Congo-Brazzaville à 1/500 000 par P. Dadet [1966] quoique sommaire, reste à ce jour le document

* Hydrogéologue/Hydrochimiste, BP 181, ORSTOM, Brazzaville



SOURCE : SYNTHESE

Fig. 1. - Le Congo - Carte de situation et carte géologique (The Congo ; location map and geological map)

géologique le plus sûr et le plus complet. Dans la région de Brazzaville, la notice explicative de la carte géologique de Brazzaville par D. Chevalier et *al.*, s'avère être un complément d'information très utile parce que plus actuelle et plus détaillée. Il faut également signaler l'importance des études géotechniques pour la connaissance du sous-sol des grandes agglomérations (Brazzaville et Pointe-Noire).

Enfin la carte de planification des ressources en eau du Gabon et du Congo par le CIEH [1982] et la thèse de N. Moukolo [1984] sur les régions de Brazzaville et de Pointe-Noire, quoique fondées sur des informations parfois sujettes à caution, restent incontestablement des documents de référence très précieux. Les données géologiques sur Pointe-

Noire sont plus nombreuses du fait de l'intérêt économique de cette région. Les sources sont diverses :

- forages pétroliers
- forages d'eau
- autres forages de reconnaissance (port, mines, etc.)
- sondages géotechniques.

Il faut toutefois remarquer que les données des forages pétroliers plus nombreux et plus profonds ne sont exploitables que dans une certaine mesure : l'exploration des premières centaines de mètres étant sans intérêt pour les pétroliers ce qui n'est pas le cas pour les recherches d'eau.

Le rapport des études hydrogéologiques réalisées par la FAO en 1967 dans la vallée du Niari, est à notre avis le seul document consistant rendant compte des travaux entrepris en matière d'exploitation des eaux souterraines en milieu rural. Dans les autres cas, les ouvrages de captage (sources et puits) sont exécutés sans étude hydrogéologique préalable et sans compte rendu technique (forages Sangha-Palm et forages Hydroplan, etc.). Bien entendu cela se traduit par des taux d'échecs très élevés enregistrés lors des différentes campagnes de forage, dus essentiellement à une mauvaise connaissance hydrogéologique des aquifères sollicités. En définitive, du fait de la sollicitation exclusive par le passé des eaux de surface, la politique de mise en place d'une stratégie d'exploitation des eaux souterraines au Congo est encore mal définie.

I.2 - Cadre physique

I.2.1 - Climat

La combinaison des facteurs atmosphériques et géologiques et surtout le rythme des précipitations permettent de distinguer trois nuances climatiques : une nuance équatoriale, une nuance tropicale et une nuance subéquatoriale (fig. 2).

— *La nuance équatoriale* : au nord d'un arc de cercle passant par Liranga et Mbomou règne le climat équatorial imparfait caractérisé par des précipitations relativement modestes (1 600 à 1 800 mm) et une récession plus ou moins marquée partout en janvier et aussi en juillet au nord-ouest. Avril ou mai et octobre ou novembre sont les mois les plus arrosés avec 200 à 250 mm et janvier et juillet les moins arrosés avec 50 à 80 mm. La saison sèche dure moins de 40 jours de décembre à janvier. L'irrégularité des précipitations interannuelles est ici la plus faible (10 à 15 %). La température moyenne annuelle est voisine de 25-26° avec une amplitude annuelle faible (1 à 2°), des écarts diurnes un peu plus marqués (9 à 14°). L'humidité relative de l'air est constamment élevée.

— *La nuance tropicale* : elle intéresse tout le sud-ouest du pays au sud d'un arc de cercle délimité par Mbinda, Bambama, Djambala et Ngabé. Le trait original est ici le rythme des précipitations réduit à deux saisons fortement contrastées : une saison des pluies d'octobre à mai avec un fléchissement en janvier ou février et une saison sèche presque totalement dépourvue de pluie le reste de l'année. Les précipitations sont relativement faibles, comprises entre 800 et 1 800 mm. La variabilité des précipitations interannuelle est ici la plus forte (15 à 40 %) avec un maximum dans la dépression du Niari et la région côtière. Les températures de l'air sont fortement influencées en saison sèche par le courant froid de Benguela et l'air atlantique frais. Elles sont alors

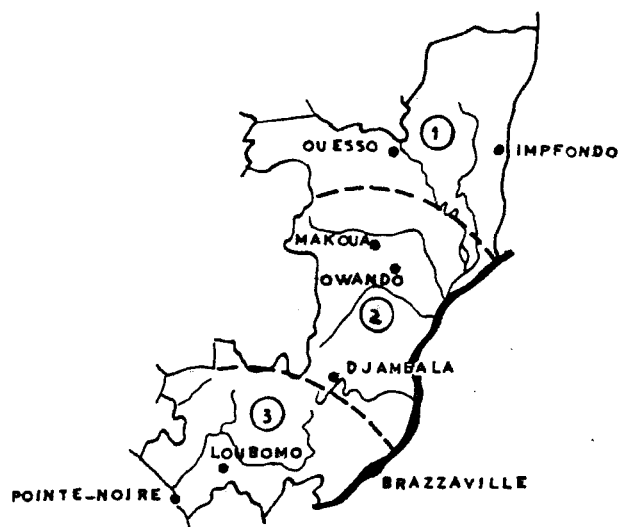


Figure 1 : Les nuances climatiques

- ① Nuance équatoriale
- ② Nuance subéquatoriale
- ③ Nuance tropicale

Fig. 2. - Les nuances climatiques (Climatic regions)

anormalement basses (19 à 22°). Les valeurs moyennes annuelles oscillent entre 21 et 27°, les plus fortes sont relevées dans la dépression du Niari.

Ces variations annuelles sont comprises entre 4 et 5° contre 6 à 11° pour l'amplitude diurne. Comme partout, l'humidité relative est élevée (80 à 87 %) mais elle passe par un léger minimum (72 à 84 %) en saison sèche.

— *La nuance subéquatoriale* : elle prévaut au centre du pays dans les plateaux Batéké et le sud de la Cuvette congolaise. Intermédiaire entre les deux précédentes, elle présente les traits suivants : précipitations relativement importantes (1 600 à 2 500 mm), un rythme pluviositaire marqué par deux récessions (janvier ou février et juin à août très prononcé et deux pointes en mars ou avril et novembre, une irrégularité des pluies interannuelle modérée (15 à 25 %), une fréquence des précipitations élevée (plus de 100 jours de pluie partout), des températures comprises entre 22 et 25° avec des amplitudes annuelles et diurnes assez faibles et enfin une humidité relative forte toujours supérieure à 80 %.

I.2.2 - Géologie

Le Congo comporte deux bassins sédimentaires d'âge crétacé et tertiaire (le bassin sédimentaire côtier et celui du fleuve Congo). Ces deux bassins sont séparés par les reliefs que forment le socle précambrien dans la chaîne du Mayombe, essentiellement cristallophyllien et que l'on divise en quatre grands domaines en fonction des évolutions tectono-métamorphiques.

- Un domaine interne polycyclique, daté à 2 GA, métamorphisé dans le faciès amphibolite, équivalent à la série de la Loémé.
- Un domaine intermédiaire à plis isoclinaux, métamorphisé dans la zone à biotite et grenat, correspondant aux séries de la Loukoula et de la Bikossi, dans lesquels sont intrusifs des plutons datés à 2 GA.
- Un domaine externe métamorphisé dans le faciès schiste vert, supérieur, composé par les séries de la lillite inférieure de Mossouva et Mvouti.
- Un avant-pays modérément plissé qui se situe au-dessus du front supérieur de schistosité. Il comporte, à la base, un tilloïde, des schistes, des grès quartzites avec des passées carbonatées. A l'est, les mêmes formations surmontent, par l'intermédiaire des grès feldspathiques, le massif du Chaillu (d'âge conventionnel 2 500 MA). Il succède à ces formations détritiques, le grand groupe du schisto-calcaire avec des niveaux à stromatolithes minéralisés en cuivre, plomb et zinc au sommet ; on observe une sédimentation gréseuse avec un faciès de grès rouge, lie-de-vin (grès arkosique de l'Inkisi) surmonté en discordance par les séries continentales secondaires, tertiaires et récentes de la cuvette congolaise.

I.2.3 - Hydrographie et hydrologie

Le réseau hydrographique du Congo, suffisamment dense rappelle une véritable toile d'araignée. Il s'organise autour de deux principaux bassins auxquels il convient d'ajouter les bassins côtiers.

a) Le bassin du fleuve Congo qui regroupe les principaux affluents de rive droite drainant les parties septentrionale et centrale du pays. Le principal collecteur est le fleuve Congo qui borde le pays sur plus de 600 km et débite en permanence plusieurs dizaines de milliers de $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Son module à Brazzaville atteint $43\,000 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ et lui vaut le rang de deuxième fleuve du monde après l'Amazone.

Les sous-bassins les plus importants sont :

- le sous-bassin de la Sangha avec une superficie de $240\,000 \text{ km}^2$;
- le sous-bassin de la Likouala-Mossaka avec une superficie de $60\,000 \text{ km}^2$;
- le sous-bassin de l'Alima avec une superficie de $20\,300 \text{ km}^2$;
- le sous-bassin de la Nkéni avec une superficie de $6\,200 \text{ km}^2$;
- le sous-bassin de la Léfini avec une superficie de $13\,500 \text{ km}^2$;
- l'Oubangui dont la grande partie du bassin est en terre centrafricaine.

b) Le bassin du Kouilou-Niari avec une superficie d'un peu plus de $55\,340 \text{ km}^2$ couvre pratiquement tout le sud-ouest du pays. Le principal collecteur est le fleuve Kouilou appelé également Niari dans son cours moyen et Douo dans son cours supérieur. Son module atteint $930 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ dans son cours inférieur, plus précisément à Kakamoéka. Les sous-bassins les plus importants sont :

- le sous-bassin de la Louessé avec une superficie de près de $15\,630 \text{ km}^2$;
- le sous-bassin de la Bouenza avec une superficie de près de $5\,000 \text{ km}^2$.

c) Les bassins côtiers sont constitués par l'ensemble des petites rivières de taille médiocre qui entaillent la plaine côtière. Les plus importants sont ceux de la Nyanga dont le Congo ne contrôle qu'une partie ($5\,800 \text{ km}^2$) et la Loémé avec une superficie de $1\,700 \text{ km}^2$.

Seul le fleuve Congo a un régime complexe dû aux influences multiples que subit son vaste bassin. Les autres cours d'eau ont un régime simple qui suit le rythme des précipitations (basses eaux en saison sèche, hautes eaux en saison des pluies). Certaines rivières comme le Niari, le Kouilou, la Loémé, etc. dont les bassins s'étendent sur des terrains de nature différente, accentuent leur irrégularité. D'autres au contraire, telles que la Djiri, la Léfini, l'Alima... ayant des bassins perméables, atténuent leur irrégularité.

II - Les ensembles hydrogéologiques

Quatre ensembles géologiques homogènes peuvent être définis en insistant plus particulièrement sur les aspects structuraux et lithologiques. Ainsi peut-on individualiser :

- le bassin sédimentaire côtier et les terrains continentaux de la cuvette congolaise qui constituent des aquifères généralisés ;
- les séries du sédimentaire ancien et les roches cristallines et cristallophylliennes du Précambrien inférieur qui forment les aquifères discontinus.

II.1 - Le bassin sédimentaire côtier

Stratigraphie

Les synthèses géologiques réalisées par les géologues pétroliers (mai 1990), font le point des connaissances stratigraphiques actuelles des dépôts

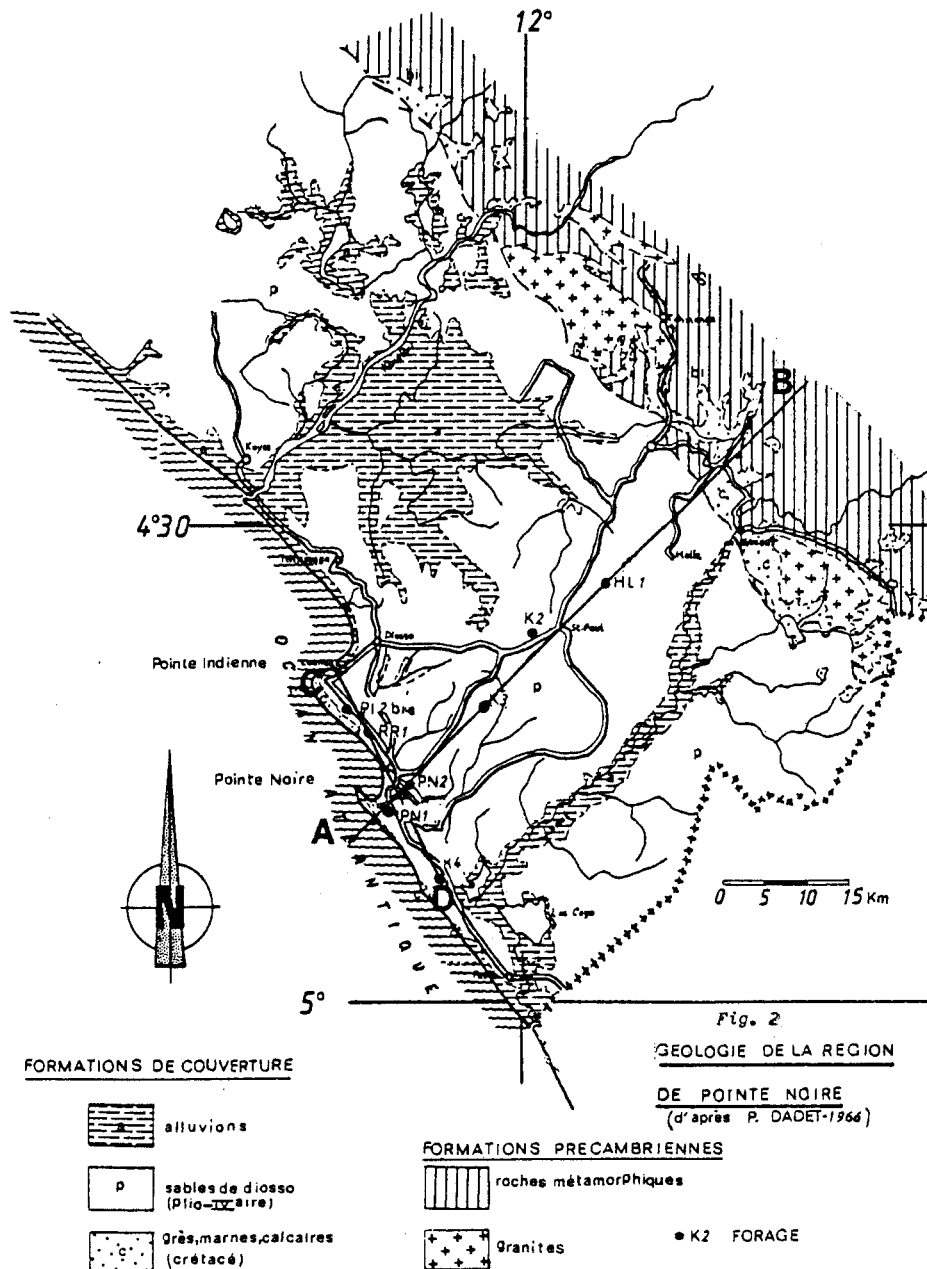


Fig. 3. - Géologie de la région de Pointe Noire (Geology of the Pointe Noire area) [d'après P. Dadet, 1966]

post-salifères. De haut en bas :

- la série plio-quaternaire des sables de Diosso affleure très largement. L'épaisseur de cette série le long de la côte peut atteindre 200 m. C'est une formation de graviers, de sables grossiers et d'argiles multicolores ;
- la formation argilo-sableuse de Paloukou (Miocène) repose en discordance sur toutes les formations. C'est une puissante série argileuse à intercalations sableuses et calcaires. Son épaisseur peut atteindre 100 m sur la plate-forme continentale ;
- les marnes de Madingo (Sénonien à Éocène) peuvent atteindre 600 m d'épaisseur. Il s'agit des

marnes silteuses ou sableuses avec des intercalations de calcaires argileux et crayeux ;

- la formation dolomitique de Loango (Turonien), d'une épaisseur généralement constante d'environ 100 m est constituée de dolomie gréseuse, d'argile silteuse et de silstones à ciment argilo-carbonaté ;
- les grès de Tchala (Cénomaniens) sont l'équivalent latéral des silts de la Likouala, concentrés essentiellement dans la partie orientale du bassin. L'épaisseur peut atteindre 500 m. Cette formation est constituée de sables très peu consolidés alternant avec des grès fins à grossiers ;

- la formation silto-argileuse de Likouala (Albien supérieur, Cénomaniens, Turonien). Son épaisseur moyenne est de 300 m. Cette formation est constituée de grès fins à très fins, de silstones argilo-carbonatés, de minces niveaux de calcaires bioclastiques et d'argiles silteuses gris verdâtre ;
- les carbonates de Sendji (Albien) surmontent la série salifère de Loémé. L'épaisseur de cette formation varie de 50 à 1 700 m. Elle est constituée par une alternance de dolomies calcaires, de calcaires dolomitiques avec dans la partie sommitale, de nombreuses intercalations de grès, de silstones, d'argiles silteuses et de rares niveaux anhydritiques.

Structure et tectonique

La structure du bassin est en gros monoclinale. La pente est très faible. L'approfondissement très rapide du socle que l'on rencontre déjà à 2 000 m à Holle distant d'une dizaine de kilomètres seulement des affleurements du Mayombe serait dû à un accident tectonique longitudinal, faille ou flexure. La structuration des formations post-salifères est directement liée aux phénomènes halocinétiques. Deux grandes phases halocinétiques sont généralement reconnues : la première à l'Albien inférieur, la seconde au début du Tertiaire. Cette tectonique a

engendré des structures diverses qui peuvent être réparties de l'ouest vers l'est en quatre grandes zones :

- la zone de grands diapirs et dômes de sels dans le grand offshore ;
- la zone de carapace de tortue et structures dissymétriques ;
- la zone à diapirs et intumescences ;
- la zone à sel calme (partie on shore du bassin), ici les formations n'ont pas été perturbées, d'où l'absence de structures.

Cadre hydrogéologique

Les corrélations géologiques entre forages pétroliers d'une part et entre forages d'eau et sondages géotechniques d'autre part [Moukolo, 1984] définissent de façon grossière la structure des différents aquifères (fig. 3 et 4). On peut établir la succession hydrogéologique suivante :

Niveaux reconnus ou considérés comme perméables : ces niveaux sont constitués par les sables argileux de la série argilo-sableuse superficielle et par les sables et grès tendres du Crétacé. Le tableau I, donne les isobathes auxquelles les différents niveaux aquifères ont été reconnus ainsi que les coefficients de Darcy respectifs.

POINTE-NOIRE		POINTE-INDIENNE	
Isobathes	Perméabilité	Isobathes	Perméabilité
— 0 à 10 m	$K_{TP} = 10^{-8} \text{ à } 10^{-5}$	— 0 à 70 m	$K_{TP} = 10^{-8} \text{ à } 10^{-5}$
— 110 à 140 m	$K_{essai} = 7.10^{-5}$	— 150 à 275 m	$K_{pétrolier} = 5.10^{-7} \text{ à } 10^{-5}$
— 200 à 280 m	$K_{pétrolier} = 5.10^{-7} \text{ à } 10^{-5}$	— 280 à 400 m	$K_{pétrolier} = 5.10^{-7} \text{ à } 10^{-5}$
— 400 à 480 m			

REMARQUE : Les coefficients de Darcy ont été obtenus soit après essai par pompage (K_{essai}), soit estimés par les géologues pétroliers ($K_{pétrolier}$) qui reconnaissent les avoir sous-estimés, soit communiqués par le laboratoire des travaux publics (K_{TP}).

Zones à perméabilité très faible ou nulle : de 10 m à 400 m de profondeur à Pointe-Noire et de 70 à 150 m à Pointe-Indienne, les niveaux aquifères sont séparés par des intercalations d'un matériau très composite (calcaire marneux, grès consolidés, argile, etc.) de la série argilo-gréseuse rougeâtre du gréso-dolomitique. Les calcaires marneux suprasalifères, très probablement imperméables selon les géologues de l'ancienne SPAEF, ont été reconnus à partir de 480 m (Pointe-Noire) et 400 m (Pointe-Indienne).

En résumé, le bassin sédimentaire côtier est un complexe hydrogéologique à aquifères multicouches. Les recherches d'eau entreprises jusqu'alors dans ce bassin n'ont concerné que l'alimentation en eau

potable de la ville de Pointe-Noire. Cela explique le caractère très local des données hydrodynamiques et hydrochimiques qu'il serait hasardeux de généraliser.

II.2 - Terrains continentaux de la cuvette congolaise

Stratigraphie

Les coupes géologiques (fig. 5 et 6) font le point de la stratigraphie du bassin sédimentaire du fleuve Congo. On distingue de haut en bas :

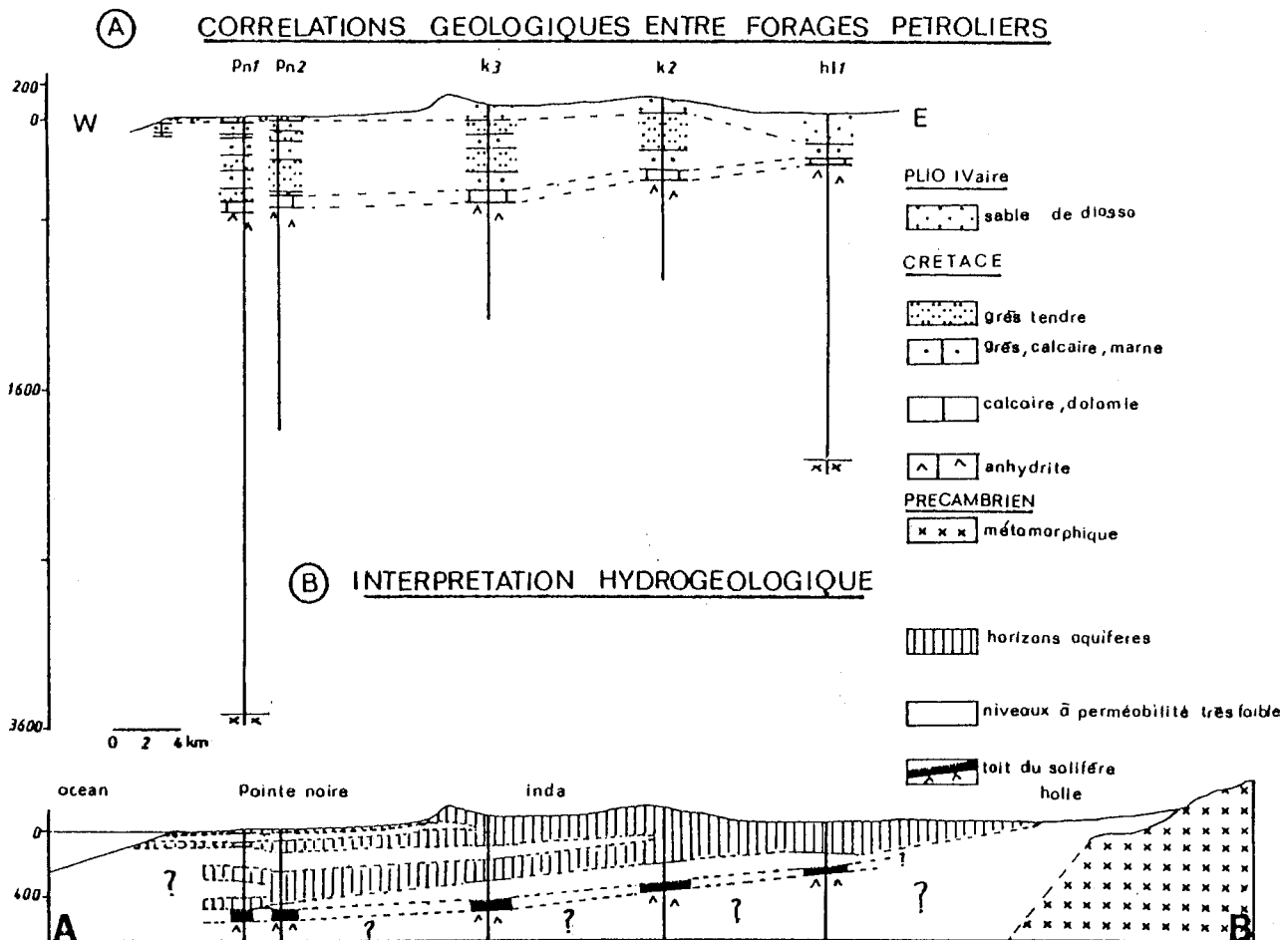


Fig. 4. - Localisation des aquifères de Pointe Noire (Location of the Pointe Noire aquifers)

— *Le Plio-Pléistocène* : il est constitué par des formations de couverture essentiellement faites de sable, de limons, d'alluvions et d'argiles sableuses. L'épaisseur de ces formations est mal connue mais elle est d'au moins de plusieurs dizaines de mètres.

— *Le Tertiaire* : il comprend deux séries :

— la série des plateaux Batéké constituée de formations continentales essentiellement gréseuses et sableuses. Les couches supérieures dites des limons sableux, [Néogène (Ba2)] surmontent un ensemble de grès polymorphes tendres à grains fins paléozoïques (Ba1). La puissance totale de cette série est estimée à 300 ou 400 m ;

— la série des plateaux de Bambio borde au nord les alluvions de la cuvette congolaise. Il s'agit de grès silicifiés, de sables et limons sableux. L'épaisseur de cette série n'est pas connue.

— *Le Secondaire* : il est représenté par la série du Stanley-Pool qui comprend :

- au Jurassique supérieur, des argilites à passées gréseuses ;
- au Crétacé moyen et inférieur, des grès compacts blancs localement indurés et des grès kaoliniques tendres à stratification entrecroisée.

Cette série n'affleure que dans le fond des vallées.

Structure et tectonique

Les synthèses structurales réalisées par les géologues pétroliers font état de plusieurs ensembles tectoniques distincts dans les formations du bassin du Congo.

— Au nord-ouest de la région, un anticlinorium d'orientation générale N20, fait affleurer les formations les plus profondes de la série Sembé-Ouessou. De part et d'autre, deux synclinaux font apparaître à l'est et à l'ouest les formations du Précambrien moyen. L'axe anticlinorium s'ennoie au nord et au sud, faisant disparaître au sud les niveaux anciens. Les directions tectoniques générales sont N20 à N30.

De nombreuses venues doléritiques jalonnent les directions tectoniques et leur localisation préférentielle suivant les axes de flexure montre le caractère cassant de la tectonique.

— Le centre et le sud-ouest de la région de la cuvette occupés par la série tertiaire des grès Batéké, ont des caractéristiques identiques aux formations de la région des plateaux. Les directions tectoniques générales appartiennent au système combien (N40) et sont bien marquées par le tracé des cours d'eau de cette région (Alima, Mpama, Ngoko, Lékéti, Vouma).

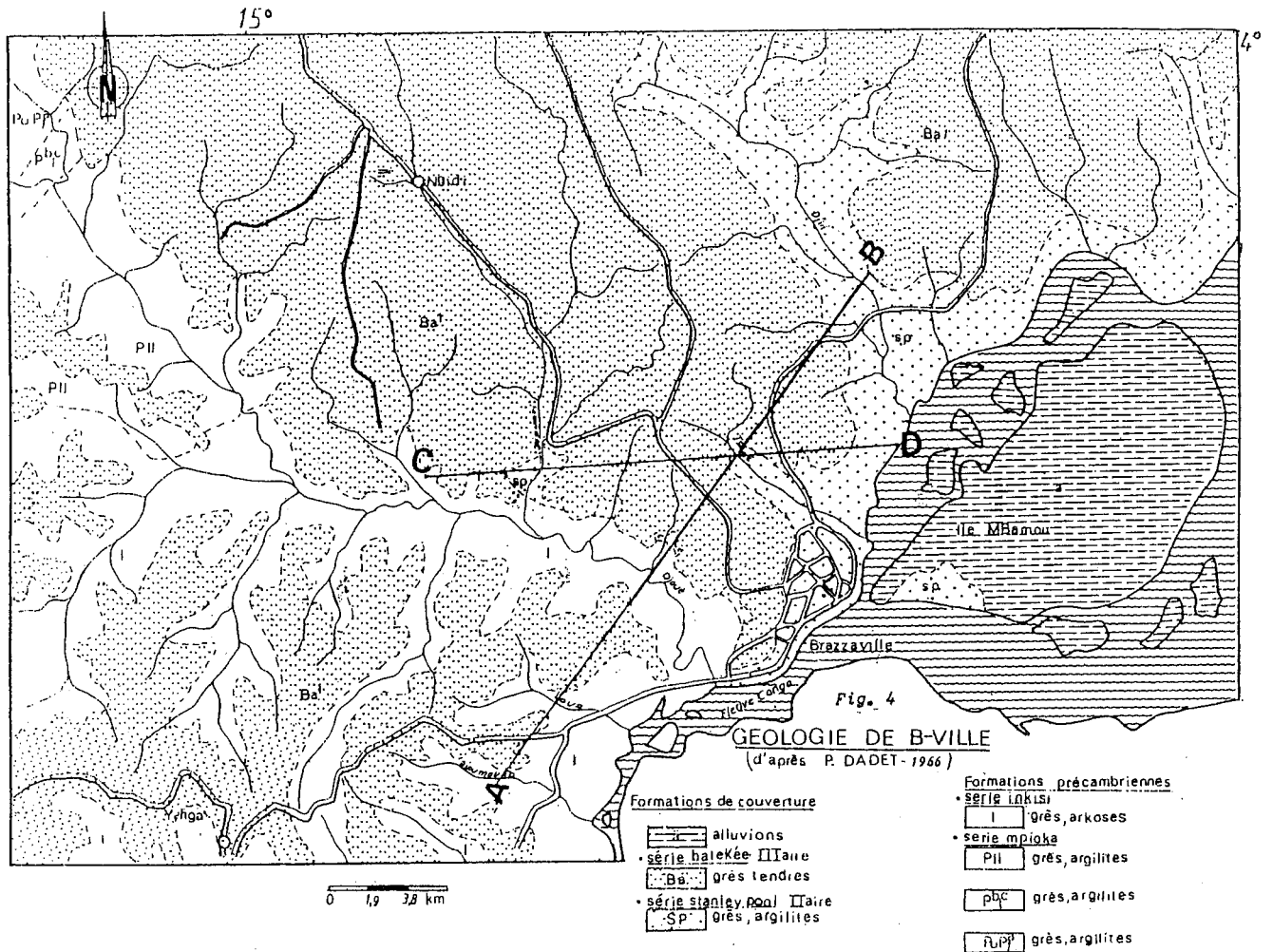


Fig. 5. - Géologie de B. Ville (Geology of Brazzaville) [d'après P. Dadet, 1966]

— La moitié est de la région de la cuvette formerait une vaste dépression, assimilable à une zone de subsidence où l'épaisseur totale des séries sédimentaires atteindrait 6 000 m au-dessus du socle précambrien.

Cadre hydrogéologique

L'étude stratigraphique laisse entrevoir *a priori* une succession hydrogéologique d'ensemble assez simple où les aquifères non confinés (nappes libres) sont principalement constitués d'alluvions quaternaires, de sables et grès tendres des séries Batéké et de grès continentaux du Stanley Pool.

— *Terrains reconnus comme perméables* : plusieurs mesures de perméabilité (mesures au perméamètre et par pompage d'essais) ont été effectuées sur des sondages de recherche ou des ouvrages d'exploitation principalement dans la région de Brazzaville. Les coefficients de Darcy figurant sur les coupes (fig. 6) correspondent à une moyenne des valeurs obtenues. Ces valeurs sont comprises entre 10^{-4} m.s^{-1} (alluvions anciennes du fleuve Congo) et 10^{-7} m.s^{-1} (limons sableux du Ba2). Les niveaux caillouteux alluviaux ($K_{\text{moy}} = 10^{-4} \text{ m.s}^{-1}$) sont très circonscrits. Leur épaisseur est très faible et très

irrégulière (0,3 à 1 m). Ces dépôts n'ont que peu d'intérêt hydrogéologique. Les grès tendres et les sables du Ba1 et du Stanley Pool sont beaucoup plus étendus et ont une épaisseur importante pouvant atteindre plusieurs centaines de mètres. Malgré les coefficients de Darcy relativement faibles ($K_{\text{moy}} = 10^{-5} \text{ m.s}^{-1}$), ces terrains constituent à notre avis, les niveaux les plus intéressants du point de vue hydrogéologique.

— *Les niveaux considérés comme très peu perméables* :

- *La fraction argileuse des grès et limons sableux* : l'inventaire sur la fraction argileuse des grès effectué par A. Massengo, montre une prédominance de kaolinite dans les grès polymorphes et les grès du Stanley Pool. Cette kaolinite est dispersée dans ces grès, mais forme aussi les lentilles dans les grès du SP. L'importance hydrogéologique de ces sédiments est liée à leur forte capacité de rétention.

- *Les silicifications* : dans la région de Brazzaville, on observe des silicifications en calcédoine qui se développent dans les niveaux argileux kaoliniques des bas-fonds. Cette silicification se présente généralement sous forme de dalle discontinue d'épaisseur très souvent inférieure à un mètre.

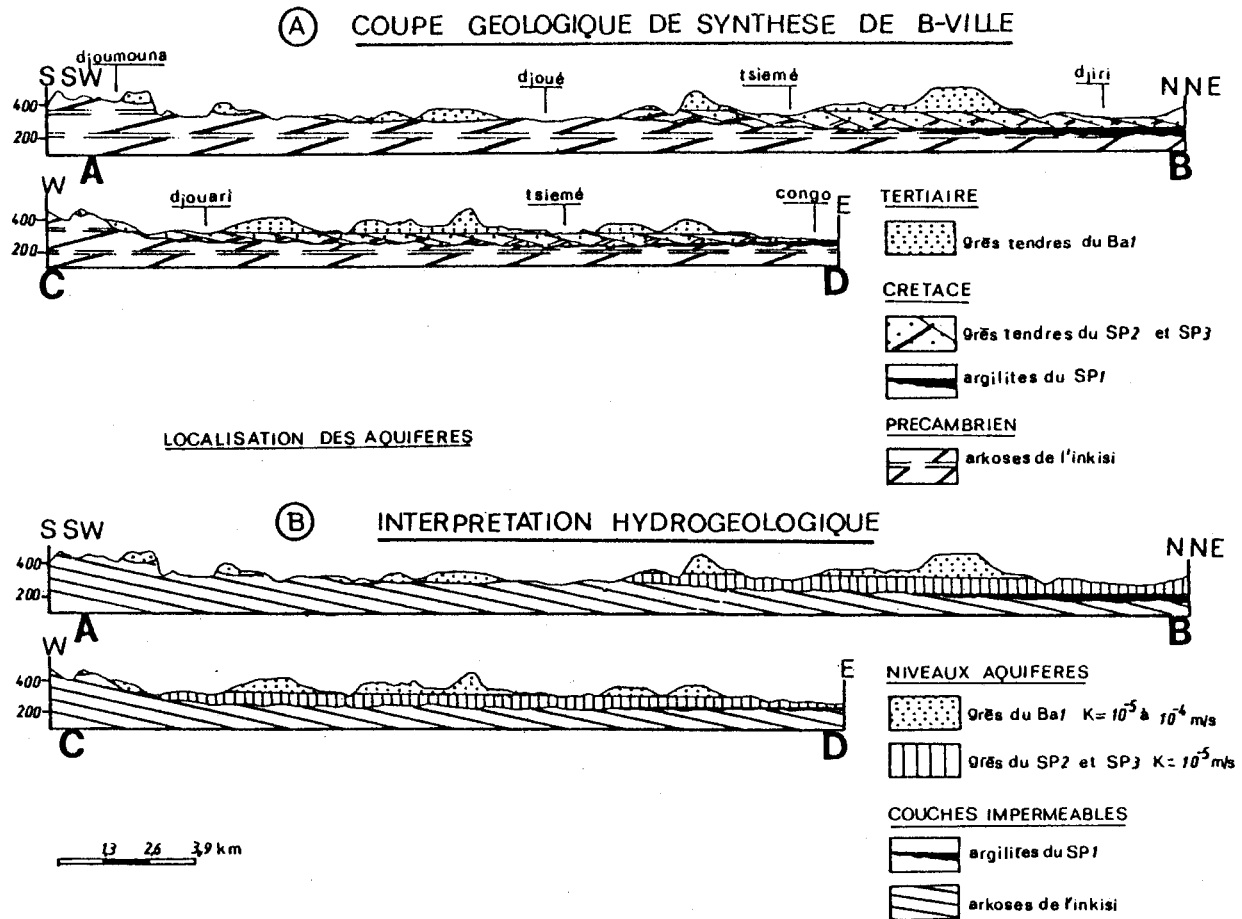


Fig. 6.- A - Coupe géologique de synthèse de Brazzaville
B - Interprétation hydrogéologique

Les grès calcédonieux qui se situent au-dessus de la base du SP2 ont donné naissance à de nombreuses sources de contact.

● *Les argilites du SP1 et les terrains durs du socle* : les affleurements des roches dures du socle sont visibles dans la région de Brazzaville où l'on peut facilement observer leur comportement hydrogéologique. Aucune fracturation de nature tectonique n'est visible ou n'a été signalée dans la région sinon des fentes de décompression qui disparaissent très vite en profondeur. Ces roches constituent la plupart du temps le fond de talwegs des rivières telles que le Djoué... et déterminent de nombreuses sources de contact au sud de Brazzaville. Du fait de leur position régressive par rapport au grès du SP2, les argilites du SP1 ne sont presque jamais visibles à l'affleurement ou plutôt très localisées en bordure du fleuve Congo.

II.3 - Les séries sédimentaires anciennes : Précambrien moyen et supérieur

Il s'agit des formations sédimentaires précambriennes associées à leurs produits d'altération qui les masquent en grande partie. On rencontre :

- les formations schisto-calcaires à dominante calcaire et dolomitique ;
- les formations schisto-gréseuses essentiellement constituées de schistes argileux, de grès et d'arkoses.

II.3.1 - Les aquifères carbonatés fissurés et karstiques de la série schisto-calcaire

● Stratigraphie

Ces aquifères sont largement représentés dans la vallée du Niari (Sud-Ouest du Congo) où les affleurements schisto-calcaires occupent environ 22 900 km². Les géologues qui ont étudié la région ont distingué trois ou cinq étages en se basant sur des critères lithologiques. On observe de haut en bas :

- le SCIII ou C5 : essentiellement dolomitique, sa puissance atteint 300 m. L'accord des auteurs semble s'être fait pour distinguer trois niveaux :
 - les niveaux supérieurs seraient constitués de dolomies massives,
 - la partie moyenne de dolomies moins massives, parfois schisteuses et à niveaux marneux,

- tandis que la base se caractérise par une alternance d'argilites et de niveaux dolomitiques ou calcaires ;
- le SCII ou C4 : il est essentiellement calcaire. Aucune subdivision dans cet étage dont la puissance est de 200 à 250 m ;
- le SCI ou C3 à C1 : cet étage est calcaire et marneux. Sa puissance s'établit entre 400 et 450 m. Il est toujours divisé en trois niveaux qui sont assimilés à des étages pour certains auteurs :
 - le niveau supérieur ou C3 qui est constitué d'un banc épais et massif de calcaire oolithique très pur,
 - la partie moyenne ou C2 plus importante est marneuse,
 - à la base le C1 est un niveau épais de dolomie.

• *Altération et karstification du schisto-calcaire* : les dolomies du SCIII sont toujours fortement fissurées. Cette particularité pourrait résulter de l'hétérogénéité de ces formations qui sont constituées d'une succession de bancs qui n'ont pu se plisser de la même façon. Ceci se traduit par le plissement de certains bancs et l'existence de zones de glissement marquées par le développement de talc. Le morcellement de la roche favorise donc la pénétration de l'eau qui est toujours présente au-dessous d'une certaine profondeur bien que les anciennes fissures soient colmatées par de la calcite. Les forages exécutés pour l'étude du barrage de la Loudima n'ont pas recoupé de grosses cavités ou fissures karstiques. Il semblerait donc si l'on s'en tient à ces données, que le SCIII ne soit pas soumis à un intense phénomène de dissolution. Ceci est surtout valable pour le niveau essentiellement dolomitique. Mais les niveaux de calcaire dolomitique ou de dolomie calcaire paraissent susceptibles de se transformer en roches poreuses par départ de calcaire ou même encore en des formations pulvérulentes qui sont alors très perméables. Il existe aussi des cas où le SCIII présente des indices de karstification ou au moins de dissolution importante, ce qui se traduit soit par la présence de dolines comme c'est le cas dans la plaine au sud d'Aubeville, soit par des pertes d'une rivière comme la Loamba qui disparaît entièrement dans une cavité du SCIII pour réapparaître d'ailleurs plus loin, mettant en évidence les phénomènes de karstification dans ces formations. Les argilites du SCIII semblent peu susceptibles d'altération sinon en surface où elles se délitent. Elles devraient donc normalement constituer des écrans peu perméables. Ceci se produit effectivement en de nombreux points, par exemple sur les flancs du mont Kinoumbou où apparaissent de nombreuses sources à ces niveaux. Le SCII semble susceptible d'évoluer différemment suivant les secteurs. En ce qui concerne la zone sous-jacente à la plaine du Niari, les résultats des forages, la présence de grosses sources, l'extrême fréquence des dolines montrent que dans ce secteur le calcaire est le siège

d'une intense dissolution karstique. Si le système karstique a l'air continu sous la plaine, on ne sait rien de son extension en profondeur, ni de sa prolongation éventuelle vers le sud, au-dessous du SCIII. Les résultats du forage SDA1 sembleraient montrer que la karstification existe sous les argilites de base du SCIII. Cependant en ce point, la karstification des calcaires pourrait être liée à la présence de pyrite. On sait en effet que l'altération de la pyrite conduit à la formation d'acide sulfurique qui réagit sur le calcaire pour donner du sulfate de calcium soluble. Or les eaux prélevées en ce point montrent qu'elles sont très chargées en sulfate. En dehors de la plaine du Niari, en particulier dans la vallée de la Loudima et au sud de celle-ci, les dolines, dépressions fermées, avens et cavernes sont fréquents dans les régions correspondant au SCII, signe d'une intense dissolution des calcaires.

On ne sait pas s'il existe un système karstique continu ou bien des systèmes karstiques locaux sans communication entre eux ou communiquant difficilement. Il semble en tout cas que les cavités et avens correspondent à des zones particulières où les failles et les fractures se rencontrent ou rencontrent des plans de stratification permettant la pénétration de l'eau. En ce qui concerne le SCI, nous n'avons que peu de renseignements sur les niveaux moyens et inférieurs. La partie supérieure du SCI constituée par un calcaire très pur montre une aptitude très nette à la karstification. Celle-ci est surtout développée au nord du Niari. Au bord du Niari, on observe dans le SCI supérieur de nombreuses cavernes qui pourraient être dues plutôt au travail direct de la rivière. Ces cavernes ne semblent pas être en communication avec le système karstique de la plaine du Niari. On ne sait pas si la karstification du SCI se prolonge sous le SCII vers le sud.

• *Système aquifère de la partie supérieure du recouvrement dans la plaine du Niari* : le recouvrement épais de la plaine du Niari n'est pas constitué uniquement d'argile. Toute sa partie supérieure (10 à 20 m) est constituée d'argile sableuse et de latérite, formations qui sont susceptibles d'être quelque peu perméables. On doit donc s'attendre à trouver dans cette partie supérieure du recouvrement une nappe superficielle. L'existence de cette nappe est vérifiée en de nombreux points par les puits qui l'exploitent, par certaines sources et émergences. Aucun essai de débit ne permet actuellement de préciser les caractéristiques hydrodynamiques de cette nappe. L'amplitude des fluctuations annuelles de la nappe est importante (4 à 8 m).

II.3.2 - Systèmes hydrogéologiques des formations schisto-gréseuses

Les formations schisto-gréseuses occupent 45 000 km² et se répartissent de la manière suivante :

- 50 % des affleurements sont représentés par les séries de l'Inkisi, de la Mpioka, de la Louila et de la Bouenza au sud du pays. Il s'agit essentiellement de grès, d'arkoses et d'argilites ;
- dans la partie nord du pays, la série de Sembé-Ouessou est constituée par des grès, des schistes et des arkoses.

Les recherches d'eau dans ce type de formations sont peu nombreuses. L'étude structurale des bassins de Ouessou et de Sembé fait allusion à l'existence d'une tectonique cassante responsable de nombreuses déformations. Il s'agit surtout de failles d'effondrement et de horsts qui compartimentent les bassins des différents cours d'eau de cette zone. L'existence d'une telle tectonique peut être propice à la circulation de l'eau souterraine. Cependant, l'exploitation de ces aquifères est très délicate puisqu'elle requiert une implantation très précise des ouvrages de captage dans les zones les plus fracturées. La productivité de l'ouvrage reste liée à la densité de fracturation. Ainsi la difficulté réside-t-elle dans la localisation depuis la surface des zones fracturées.

L'exploitation des eaux souterraines dans ces conditions s'avère plutôt aléatoire d'autant plus que les phénomènes de colmatage de fractures dans les formations très anciennes et très altérées peuvent ruiner tout espoir. Neuf puits forés ont été réalisés dans ces formations en vue de l'alimentation en eau du complexe agro-industriel de Sangha-Palm à Kandéko. La profondeur des ouvrages est très variable, de 42 m à 63 m. Les débits obtenus sont également très variables de $0,9 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ à $20,88 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ pour des rabattements compris entre 13 et 20 m. Quelques essais par pompages ont été effectués ayant abouti aux valeurs de transmissivité de l'ordre de $6,8 \cdot 10^{-5}$ à $5,9 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$.

II.4 - Aquifères des roches cristallines et cristallophylliennes Précambrien inférieur

Ces formations occupent une superficie de 44 000 km² répartie entre les complexes métamorphiques du Mayombe et du Chaillu. Il s'agit essentiellement de formations cristallines et cristallophylliennes qui supposent l'existence d'une stratigraphie complexe avec une grande variété de roches. Les reconnaissances hydrogéologiques effectuées dans le Mayombe avaient conclu à l'existence de deux types d'aquifères.

— Les aquifères généralisés

Ils sont constitués par les formations superficielles (alluvions et éluvions). Ces aquifères se localisent la plupart du temps dans les vallées

creusées dans les roches tendres (schistes et micaschistes). Généralement les nappes qu'ils contiennent sont très productives. On a obtenu des débits spécifiques de l'ordre de $5 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ par mètre de rabattement.

— Les aquifères discontinus

La littérature existante révèle que la région du « Mayombe » a connu une tectonique très intense. Ceci est confirmé par son aspect montagneux qui se manifeste par une topographie tourmentée. On peut supposer qu'il existe des fractures pouvant favoriser les circulations d'eau souterraine. Toutefois, les quantités d'eau dans ce type de réservoirs sont souvent dérisoires, les zones productives étant localisées dans les horizons superficiels altérés.

— Les essais de nappe

Neuf essais de nappe ont été effectués dans les aquifères généralisés : les premières interprétations rapides ont abouti aux valeurs du coefficient de Darcy de l'ordre de $5 \cdot 10^{-4} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Conclusions générales

D'une façon générale, les différentes évaluations montrent que le Congo dispose d'importantes réserves. Du point de vue des eaux de surface, le réseau hydrographique très dense s'organise autour de deux principaux bassins.

— Le bassin du fleuve Congo regroupe les affluents de rive droite et draine la partie septentrionale et centrale du pays. Le fleuve Congo occupe le 2^e rang après l'Amazone pour l'importance de ses apports à l'océan. Son module interannuel est de l'ordre de $43\,000 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

— Le bassin du Kouilou-Niari avec une superficie de 55 000 km², couvre tout le sud-ouest du pays. Le principal collecteur (fleuve Kouilou) a un module $930 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ dans son cours inférieur. A l'instar des eaux de surface, le Congo possède également plusieurs aquifères d'importance variable. Les réserves accumulées dans le bassin sédimentaire du fleuve Congo représentent plusieurs milliards de mètres cubes. Malgré des coefficients de Darcy médiocres ($K_{\text{moy}} = 10^{-5} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$) les possibilités d'utilisations des nappes qu'il renferme sont relativement satisfaisantes. La sollicitation de plus en plus grande de ces aquifères dans la région de Brazzaville suppose que l'on envisage d'ores et déjà des mesures visant à rationaliser l'exploitation de la nappe libre de Brazzaville. On peut par exemple préconiser la modélisation de cette nappe [Moukolo, 1984]. Les problèmes de contamination de l'eau de la nappe par les rejets domestiques constituent également l'une des préoccupations majeures. Les travaux récents de

N. Moukolo sur ces aspects indiquent une contamination de la nappe dans 70 % des cas. La pollution d'origine domestique (fosses septiques, latrines, immondices, etc.) semble la plus importante. Il est donc souhaitable, pour cette raison, de confirmer les résultats de ces travaux par une étude plus finie, afin de pouvoir tirer des conclusions définitives quant aux moyens à mettre en œuvre pour assurer la protection de la ressource. En ce qui concerne le bassin sédimentaire côtier, les résultats de cet inventaire montrent que les ressources en eau souterraine de cet ensemble hydrogéologique sont limitées. La nappe profonde n° 1 paraît être la plus importante et la plus accessible. Son débit d'écoulement naturel mesuré au mois d'août 1981 était de $600 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ pour l'ensemble du front de nappe étudié, soit 28 km. Ce qui représente le cinquième seulement des besoins de la ville de Pointe-Noire en l'an 2000. En outre, une surexploitation de la nappe l'exposerait au danger d'une contamination par des intrusions d'eaux saumâtres. Il serait particulièrement intéressant d'envisager d'ores et déjà une étude de la recharge naturelle et artificielle de cette nappe ainsi que les précautions à prendre afin de prévenir l'avancée de l'eau saumâtre. L'utilisation des techniques isotopiques par exemple, permettraient d'identifier l'origine des eaux de la nappe et d'estimer le temps hydrogéologique.

Les aquifères du sédimentaire ancien ont également une importance variable. Certaines nappes des formations schisto-calcaires donnent de très bons débits. On peut citer l'exemple de la source karstique de Maléla qui a un débit de 1 500 l/s. Les recherches d'eau dans les formations schisto-gréseuses et dans le socle sont peu nombreuses. Quoi qu'il en soit, l'exploitation de ce type d'aquifères se révèle très délicate puisqu'elle requiert une implantation précise des ouvrages de captage dans les zones fracturées.

La productivité de l'ouvrage restant liée à la densité de fracturation, la difficulté réside dans la localisation depuis la surface des zones fracturées. L'exploitation des eaux souterraines dans ces conditions s'avère plutôt aléatoire d'autant plus que les phénomènes de colmatage des fractures dans ces formations très anciennes et très altérées peuvent ruiner tout espoir. En définitive, les zones productives dans ces aquifères se localisent dans les horizons superficiels altérés. On peut tirer des débits spécifiques de l'ordre de $5 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ par mètre de rabattement.

Références bibliographiques

- ANONYME (1967). - Étude des ressources en eau de la vallée du Niari. - Rapport FAO. Topographie, hydrologie et hydrogéologie, 88 p. + annexes
- ANONYME (1979). - Données pour l'amélioration de l'alimentation en eau sur les plateaux Batéké. Congo-Gabon-Zaïre. - Rapport CIEH-BURGEAP
- ANONYME (1982). - Notice explicative de carte de planification des ressources en eau du Gabon et du Congo. - CIEH-BRGM, 116 p. + 1 carte
- ANONYME (1984). - Études géotechniques au stade de l'avant-projet détaillé de la centrale hydroélectrique d'Imboulou. - CIEE de Chine
- ANONYME (1986). - Carte des potentialités des ressources en eau souterraine de l'Afrique occidentale et centrale à 1/500 000. - CIEH-BRGM
- ANONYME (1987). - Conservation et utilisation rationnelle des ressources en eau sur le Plateau de Mbé. - Rapport technique. Projet DGRST/ACCT, 27 p.
- ANONYME (1987). - Travaux de forage d'eau dans la ville de Brazzaville. - Rapport technique. Direction de l'hydraulique
- ANONYME (1988). - Aperçu géologique et pétrolier des bassins du Congo. - Rapport de l'association des producteurs de pétrole africains. Ministère des mines et de l'énergie de la RPC (mai 1988), 38 p. + annexes
- HUDELEY H. (1952). - Étude hydrogéologique du Plateau Koukouya et de la région de Djambala. - Rapport ORSTOM, 13 p. + annexes
- LE MARÉCHAL A. (1966). - Contribution à l'étude des Plateaux Batéké : géologie, géomorphologie, hydrogéologie. - ORSTOM, 85 p. + planches
- MAZIEZOULA B., MOUKOLO N. (1988). - Caractérisation des paramètres hydrologiques et hydrochimiques du bassin versant de Loukénéfé. Projet de développement régional du Mayombe, 28 p. + annexes
- MELOUX J., BIGOT M., VILAND J.C. (1983). - Plan minéral de la République Populaire du Congo. - Document BRGM, 2 vol., 724 p.
- MOUKOLO N. (1984). - Ressources en eau souterraine et approvisionnement. Essai d'analyse socio-économique en région équatoriale humide. - Thèse de 3^e cycle, Montpellier, 90 p. + annexes
- MOUKOLO N. (1987). - Ressources en eau souterraine et approvisionnement. Données hydrogéologiques de la région de Brazzaville. Notes de synthèse. - Rapport ORSTOM-DGRST, 30 p.
- MOUKOLO N. (1987). - Ressources et possibilités d'utilisation des nappes des altérites de l'Inkisi. Recherche d'eau pour les besoins d'irrigation dans la localité de Kombé. - Rapport BCBTP, 13 p. + annexes
- MOUKOLO N. (1988). - Aperçu des caractéristiques hydrogéologiques du Nord-Congo. - Atelier international de travail sur la CHIA, feuille Afrique Nord-Centre, n° 2, 16 p. + 1 carte
- REYRE D. (1984 a). - Caractères pétroliers et évolution géologique d'une marge passive. Le cas du bassin Bas-Congo, Gabon. - Bull. Centre. Rech. Explor. Prod., ELF-Aquitaine, Pau, 8, 2, pp. 303-332
- REYRE D. (1984 b). - Remarque sur l'origine et l'évolution des bassins sédimentaires africains de la Côte Atlantique. - Bull. Soc. géol., F2, Paris, (7), XXVI, pp. 1041-1059
- NICKLES M. (1941). - Extrait du volume « Afrique Équatoriale Française » de l'encyclopédie coloniale et maritime. Notice explicative de carte géologique à 1/500 000, 8 p. + 1 carte
- NICOLINI P. (1952). - Étude hydrogéologique de la région de Loudima. - Rapport BRGM, 17 p. + planches
- OLIVRY J.C. (1967). - Régimes hydrologiques des rivières des plateaux Batéké : Léfni, Nkéni, Alima. - Rapport ORSTOM, 52 p. + pl.
- SONET J. (1955). - Coupure Ouessou-Ouest. - BRGM
- TCHIKAYA J.B. (1969). - La région de Loutété (Congo-Brazzaville). Géologie, hydrologie et problèmes appliqués. - Thèse de 3^e cycle, Besançon