

CARTE DE PLANIFICATION DES RESSOURCES EN EAU

24
AFC 82

BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES



GABON CONGO

COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES
HYDRAULIQUES



1982

824 AFC 82
5934

COMITE INTERAFRICAIN D' ETUDES HYDRAULIQUES

C. I. E. H.

B.P. 369 - Ouagadougou (Haute - Volta) - Tél. 334.76 - 335.18

ETUDE FINANCEE PAR LE FONDS D'AIDE ET DE COOPERATION

DE LA REPUBLIQUE FRANÇAISE

**NOTICE EXPLICATIVE
DE LA CARTE DE PLANIFICATION
DES RESSOURCES EN EAU
DU GABON ET DU CONGO**



BUREAU DE RECHERCHES GEOLOGIQUES ET MINIERES

Agence d' interventions à l' étranger

B.P. 6009 - 45060 ORLEANS Cedex - Tél. (38) 63.80.01

82 AGE 055

15N 5934
824 AFC 82

AVANT-PROPOS

Cette notice comprend deux parties :

1 - CONCEPTION ET CONTENU DE LA CARTE

2 - APERCU SUR LES RESSOURCES EN EAU DU GABON ET DU CONGO

La Carte de Planification des Ressources en eau du Gabon a été réalisée en 1981-1982 par le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) à la demande du Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques (CIEH) au titre de deux conventions en date du 30/04/1981 et du 10/09/1981 financées sur crédits du Fonds d'Aide et de Coopération de la République Française (FAC).

La carte ainsi que l'ensemble de la notice ont été établis par Monsieur Marcel BOURGEOIS ; la partie relative aux ressources en eau du Gabon a été rédigée en collaboration avec Monsieur Jean-Louis SCHNEIDER.

SOMMAIRE

RESUME

PREMIERE PARTIE

CONCEPTION ET CONTENU DE LA CARTE

1 - OBJET DE LA CARTE	4
2 - THEMES CARTOGRAPHIES	4
2.1 - <u>LE FOND GEOGRAPHIQUE</u>	5
2.2 - <u>HYDROLOGIE</u>	6
2.2.1 - DEBITS CARACTERISTIQUES DES COURS D'EAU	6
2.2.2 - LACS DE BARRAGES	16
2.3 - <u>RESSOURCES RENOUVELABLES DES AQUIFERES</u>	18
2.3.1 - GENERALITES	18
2.3.2 - DETERMINATION DES PRECIPITATIONS EFFICACES	19
2.3.3 - EVALUATION DES RESSOURCES RENOUVELABLES ET CARTOGRAPHIE	32
2.4 - <u>FIGURES LITHOSTRATIGRAPHIQUES</u>	35
2.4.1 - CHOIX DES FIGURES ET ORIGINE	35
2.4.2 - DIFFERENCIATION EN AQUIFERES DISCONTINUS ET GENERALISES	36
2.5 - <u>RESERVES EXPLOITABLES DES AQUIFERES GENERALISES</u>	37
2.6 - <u>LES OUVRAGES DE REFERENCE</u>	39

3 - CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DE L'EAU	41
3.1 - <u>PRESENTATION ET ORIGINE DES AQUIFERES</u>	41
3.2 - <u>COMMENTAIRES DES RESULTATS D'ANALYSES</u>	43
4 - UTILISATION DE LA CARTE ET CONCLUSIONS	50
BIBLIOGRAPHIE - OUVRAGES GENERAUX	52

DEUXIEME PARTIE

A) LES RESSOURCES EN EAU DU GABON

1 - CARACTERES GENERAUX DES AQUIFERES	60
1.1 - <u>AQUIFERES GENERALISES</u>	61
1.1.1 - BASSIN SEDIMENTAIRE COTIER	61
1.1.2 - PLATEAUX BATEKES	72
1.1.3 - PRECAMBRIEN SUPERIEUR	73
1.2 - <u>AQUIFERES DISCONTINUS</u>	75
1.2.1 - LE PRECAMBRIEN MOYEN (FRANCEVILLIEN)	75
1.2.2 - LE PRECAMBRIEN INFERIEUR	76
2 - LES EAUX SUPERFICIELLES - LES BARRAGES	77
3 - ALIMENTATIONS URBAINE ET RURALE	78
3.1 - <u>ALIMENTATION URBAINE</u>	79
3.1.1 - LIBREVILLE	79
3.1.2 - PORT GENTIL	81

3.2 - <u>ALIMENTATION DES CENTRES RURAUX</u>	83
3.3 - <u>ALIMENTATION DES VILLAGES</u>	84
3.4 - <u>AUTRES PROJETS D'ALIMENTATION EN EAU</u>	85
4 - LES RESSOURCES RENOUVELABLES	85
5 - OUVRAGES DE REFERENCE	87
BIBLIOGRAPHIE - GABON	91
<u>B) LES RESSOURCES EN EAU DU CONGO</u>	
1 - CARACTERES GENERAUX DES AQUIFERES	96
1.1 - <u>AQUIFERES GENERALISES</u>	96
1.1.1 - LE BASSIN COTIER	96
1.1.2 - TERRAINS DE LA CUVETTE CONGOLAISE DES PLATEAUX BATEKES ET SERIE DU STANLEY POOL	105
1.1.3 - LE PRECAMBRIEN SUPERIEUR	107
1.2 - <u>AQUIFERES DISCONTINUS</u>	108
2 - LES EAUX SUPERFICIELLES - LES BARRAGES	108
3 - ALIMENTATION EN EAU POTABLE DE POINTE NOIRE	109
4 - LES RESSOURCES RENOUVELABLES	111
5 - OUVRAGES DE REFERENCE	112
BIBLIOGRAPHIE - CONGO	110

LISTE DES FIGURES

PREMIERE PARTIE

CONCEPTION ET CONTENU DE LA CARTE

Fig. 1 : Diagrammes des précipitations mensuelles sur 6 stations du Gabon-Congo	9
Fig. 2 : Relation entre le module des rivières et la superficie de leur bassin versant	17
Fig. 3 : <u>Pluviométrie du Gabon-Congo moyenne 55-70</u>	22
Fig. 4 : Relation entre les précipitations efficaces (F_f) et la pluviométrie moyenne (P)	23
Fig. 5 : Relation LEE/P_f en fonction de P_f (33)	33
Fig. 6 : Diagrammes d'analyses d'eau du Gabon : forages de Libreville	45
Fig. 7 : Diagrammes d'analyses d'eau du Gabon : forages de Libreville	46
Fig. 8 : Diagrammes d'analyses d'eau du Congo : forages de Pointe-Noire	47
Fig.9 : Diagrammes d'analyses d'eau du Gabon et du Congo : Grès Batékés	48
Fig.10 : Diagrammes d'analyses d'eau du Gabon et du Congo : eaux des calcaires de Madiela et du Précambrien supérieur	49

DEUXIEME PARTIE

A) LES RESSOURCES EN EAU DU GABON

Fig.11 : Classement des formations selon la productivité des forages	63
Fig .12 : Coupe géologique ouest-est au Nord de Lambaréné	64
Fig.13 : Coupes simplifiées de sondages miniers au Gabon (1/1 000)	66
Fig. 14 : Plan de situation des forages de Libreville	80

B) LES RESSOURCES EN EAU DU CONGO

Fig.15-1 : Coupes lithologiques simplifiées de sondages dans le	97
Fig.15-2 : Bassin côtier du Congo	98
Fig-15-3 : Bassin côtier du Congo	99
Fig.16-1 : Plan de situation de sondages dans le bassin côtier du Congo	101
Fig.16-2 : Plan de situation de sondages dans le bassin côtier du Congo	102
Fig.16-3 : Coupe SW-NE passant par Pointe Noire	106
Fig. 17 : Plan de situation des forages d'eau de Pointe Noire	113

LISTE DES TABLEAUX

PREMIERE PARTIE

CONCEPTION ET CONTENU DE LA CARTE

Tableau 1 : Précipitations mensuelles (mm) sur trois stations du Gabon et du Congo	8
Tableau 2 : Stations de jaugeage de rivières du Gabon	13
Tableau 3 : Stations de jaugeage de rivières du Congo	14
Tableau 4 : Extraits de listings de ETP,P,Pf (Congo)	24
Tableau 5 : Extraits de listings de ETP,P,Pf (Gabon)	26
Tableau 6 : Pluviométrie moyenne et précipitations efficaces sur la période 1955-1970 (Gabon)	28
Tableau 7 : Pluviométrie moyenne et précipitations efficaces (Congo)	32
Tableau 8 : Relation entre le débit moyen (LEE) et les précipitations efficaces Pf	34
Tableau 9 : Résultat d'analyses d'eaux souterraines du Gabon et du Congo	42

DEUXIEME PARTIE

A) LES RESSOURCES EN EAU DU GABON

Tableau 10 : Bassin sédimentaire côtier du Gabon ; données stratigraphiques	62
Tableau 11 : Caractéristiques des principaux barrages du Gabon	78

Tableau 12 : Ressources renouvelables (Rre) des aquifères du Gabon	86
Tableau 13-1 : Points d'eau des aquifères généralisés du Gabon	89
Tableau 13-2 :Caractéristiques principales de quelques forages d'A.E.P. des zones rurales de la Province de la Nyanga	90

B) LES RESSOURCES EN EAU DU CONGO

Tableau 14 : Résultats d'essais de débits sur 4 sondages d'exploitation de potasse	104
Tableau 15 : Barrages du Congo	109
Tableau 16 : Ressources renouvelables des aquifères du Congo	111
Tableau 17 : Points d'eau des aquifères généralisés du Congo	114

R E S U M E

La carte de planification des ressources en eau du Gabon et du Congo a été réalisée en 1981-1982 :

- pour le Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques (CIEH)
- par le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM)

sur financement du Fonds d'Aide et de Coopération de la République Française (FAC).

La première partie de la notice expose la conception et le contenu de la carte.

La carte principale à l'échelle de 1/1 000 000 est complétée par 5 cartouches désignés C 1 à C 5.

La carte en six couleurs comprend les thèmes suivants :

- **En gris** : le fond géographique dessiné à partir des cartes routières du Gabon et du Congo.
- **En bleu** : le réseau hydrographique différencié en tronçons représentatifs des débits mensuels médians d'étiage qui offre une vue d'ensemble de l'apport minimal annuel des nappes aux cours d'eau ; cette physionomie globale des écoulements superficiels est complétée par les valeurs du débit moyen interannuel (module) et du débit médian de crue aux stations de jaugeage de l'ORSTOM et par les lacs de retenue des barrages hydrométriques construits ou projetés.
- **En jaune et orangé** : la ressource renouvelable moyenne (Rre) des aquifères. Dans ces pays équatoriaux où les pluies abondantes sont bien réparties tout le long de l'année, il apparaît que la ressource renouvelable correspond pratiquement aux précipitations efficaces (Pf). Pf a été calculé à partir de la formule mensuelle de Turc par traitement numérique des données pluviométriques disponibles sur 123 stations pendant seize années consécutives. La moyenne des précipitations (P) a servi à tracer la carte pluviométrique, complétée par l'hypsométrie sur le cartouche C 2. Les moyennes de Pf permettent la construction de courbes d'égales valeurs délimitant huit séries de plages avec les extrêmes : $2\ 000 > Pf > 250\ \text{mm}$. Les huit plages de Rre correspondantes sont :

$$2\ 000\ 000 > Rre > 250\ 000\ \text{m}^3/\text{km}^2/\text{an}.$$

- **En vert** : sont distinguées les principales catégories de terrains par des figurés conventionnels très connus. La notice précise les caractéristiques hydrogéologiques de ces terrains en spécifiant ceux qui peuvent être considérés comme des aquifères généralisés ou au contraire comme aquifères discontinus.

Si la reconnaissance et l'exploitation des aquifères généralisés, actuellement insuffisantes, n'autorisent pas l'élaboration de cartes de productivité et de coût de l'eau, une esquisse des réserves exploitables est néanmoins tentée sur le cartouche C 1.

- **Le noir** est utilisé pour les titres, légendes, contours géologiques et report des points d'eau de référence.

La deuxième partie de la notice donne un aperçu des ressources en eau des deux pays.

Les résultats des reconnaissances géologiques et surtout ceux des forages effectués pour la recherche pétrolière ou minière et le captage de l'eau conduisent à préciser les formations favorables a priori à l'emmagasinement de l'eau souterraine et fournissent quelques indications sur l'orientation possible de futures recherches.

Les informations relatives à l'alimentation en eau des grandes villes, illustrées par les cartouches C 3 à C 5, sont exposées et commentées.

La richesse en eau du Gabon et du Congo est résumée par l'évaluation de la ressource renouvelable, c'est-à-dire par le volume d'eau moyen qui s'infiltré annuellement :

- sur les 268 000 km² du Gabon : Rre = 223 milliards de m³
- sur les 342 000 km² du Congo : Rre = 192 milliards de m³.

PREMIERE PARTIE

CONCEPTION ET CONTENU DE LA CARTE

1 - OBJET DE LA CARTE

La carte de planification des ressources en eau du Gabon et du Congo apporte des informations générales sur les deux pays à l'intention des planificateurs et des aménageurs.

Les auteurs des schémas d'aménagement des ressources en eau souterraine ou superficielle pourront consulter cette carte avec profit pour obtenir des éléments d'appréciation et parfois de décision. Ils ne sauraient toutefois y trouver tous les renseignements nécessaires à l'élaboration de projets détaillés pour différentes raisons :

- la reconnaissance des grands aquifères est encore très incomplète, entre autres parce que les nombreuses rivières à écoulement permanent assuraient, jusqu'ici, sans problèmes majeurs, l'approvisionnement en eau ;
- la présente carte ne dispense pas de recherches à plus grande échelle pour des aménagements intéressant quelques dizaines ou centaines de km² ;
- les projets ponctuels dépendent non seulement des conditions hydrogéologiques locales, mais également de critères socio-économiques parfois prédominants.

2 - THEMES CARTOGRAPHIES

Les thèmes cartographiés apparaissent au premier coup d'oeil par les titres de la légende de la carte principale et par ceux des cinq cartouches périphériques.

Sur la carte principale :

- **les données hydrologiques** sont dominées par la représentation du débit d'étiage des rivières qui traduit globalement le minimum annuel d'écoulement souterrain des nappes vers les cours d'eau ;
- **les données lithostratigraphiques** regroupent les terrains en grands ensembles illustrés par des figurés évocateurs très connus ;
- **les ressources renouvelables des aquifères**, calculées à partir des précipitations efficaces, correspondent à l'apport moyen annuel d'eau de pluie aux aquifères ;

- **les ouvrages de référence** donnent la position de quelques forages d'eau avec leurs principales caractéristiques.

Sur les cartouches C 1 à C 5 apparaissent :

- à l'échelle du 1/5 000 000, **l'orographie**, la **pluviométrie** et la **productivité des aquifères généralisés** ;
- à l'échelle du 1/500 000 ou 1/200 000, les informations relatives aux **secteurs de Libreville et Port Gentil** et au **Bassin Côtier du Congo**.

Une description de ces différents thèmes est donnée ci-après.

2.1 - FOND GEOGRAPHIQUE

Le fond géographique, imprimé en gris, a dû être dessiné entièrement à partir des cartes routières IGN à 1/1 000 000 du Gabon et du Congo.

Seul le secteur nord-est des deux pays se trouve sur la coupure OUESSO de la Carte Internationale du Monde publiée par l'IGN à l'échelle du 1/1 000 000 tandis que les coupures situées au Sud seront imprimées ultérieurement.

Le lecteur ne recherchera donc pas une très grande exactitude sur ce fond géographique qui rassemble :

- la toponymie,
- les frontières entre les états,
- les limites administratives principales,
- les routes et voies ferrées,
- les méridiens et parallèles,
- quelques points cotés et installations diverses.

Sur les cartouches C 1 à C 2 à 1/5 000 000, les frontières reprises sur la carte d'Afrique à 1/5 000 000 ont été complétées par les méridiens et parallèles tracés pour chaque degré de longitude et latitude.

Sur les cartouches C 3 et C 4, le fond provient d'un extrait de la carte IGN à 1/200 000, réduit photographiquement à 1/500 000 pour C 3.

Enfin, le fond à 1/500 000 du cartouche C 5 a été dessiné d'après une carte du Congo à la même échelle.

2.2 - HYDROLOGIE

Le réseau hydrographique, imprimé en bleu, est également celui des cartes routières pré-citées.

Outre les cours d'eau, le bleu sert à figurer les canaux, les zones inondables et marécageuses, le littoral marin, les lagunes, les lacs naturels et artificiels, la toponymie relative aux eaux superficielles.

Les modifications suivantes ont été apportées au tracé normal des rivières :

- modulation du trait en tronçons représentatifs du débit médian d'étiage ;
- représentation des lacs de barrages par deux tramages différents, selon que le barrage est construit ou projeté.

Sur les cartouches géographiques C 3 à C 5, les rivières et le littoral sont également distingués par la couleur bleue.

2.2.1 - DEBITS CARACTERISTIQUES DES COURS D'EAU

Les débits caractéristiques recherchés pour l'élaboration de la carte sont les suivants :

- le débit médian mensuel d'étiage,
- le débit moyen interannuel, appelé encore module,
- le débit médian interannuel de crue.

Généralités sur le régime local des rivières

Le débit qui s'écoule en un point donné d'une rivière, dépend en premier lieu des précipitations sur le bassin versant en amont de ce point.

Outre la hauteur d'eau tombée, d'autres facteurs conditionnent l'écoulement :

- le rythme saisonnier des pluies,
- la nature lithologique et la couverture végétale du bassin,
- l'étendue et le relief de l'impluvium.

Le lecteur se référera au cartouche C 2 pour connaître la pluviométrie des deux pays ; celle-ci varie généralement entre 1 500 et 2 500 mm avec les valeurs extrêmes suivantes :

$P > 4\ 000$ mm au N-O du Gabon

$P < 1\ 000$ mm au Sud du Congo.

Le tableau 1 et la figure 1 précisent le régime annuel des précipitations sur six stations assez bien réparties sur les territoires étudiés.

Le tableau 1 indique la moyenne mensuelle approximative des pluies sur 21 ou 24 ans (période 1947-1950 à 1970-1971) qui a été calculée ainsi :

- choix de la valeur minimale pour chacun des mois, en éliminant toutefois les valeurs très exceptionnelles,
- choix de la valeur maximale des 21 à 24 mois, en éliminant toutefois les valeurs très exceptionnelles,
- calcul de la moyenne des deux chiffres ci-dessus, en corrigeant éventuellement le résultat pour les mois d'étiage (voir les chiffres entre parenthèses).

Ces valeurs mensuelles font ressortir :

- les deux saisons des pluies, avec les maximums de printemps et d'automne, séparées par les saisons sèches d'été et d'hiver ;

Tableau 1

PRECIPITATIONS MENSUELLES (mm) SUR
TROIS STATIONS PLUVIOMETRIQUES DU GABON
ET TROIS STATIONS DU CONGO

GABON	Bitam : 24 ans			Libreville : 21 ans			Franceville : 24 ans		
	mini	maxi	moy.	mini	maxi	moy.	mini	maxi	moy.
Janvier	0	116	58	76	523	250	54	315	184
Février	7	152	79	132	411	271	99	316	207
Mars	57	336	196	203	670	436	58	466	262
Avril	46	353	200	207	545	376	98	326	212
Mai	99	460	280	9	510	260	69	336	202
Juin	46	240	143	0	125	10	0	122	(20)
Juillet	0	122	(20)	0	4	2	0	77	(2)
Août	3	122	(50)	0	41	(10)	0	59	(20)
Septembre	43	444	243	3	244	123	7	195	101
Octobre	105	431	268	92	649	370	118	444	281
Novembre	84	386	235	247	799	523	149	368	258
Décembre	17	136	74	84	643	364	103	323	(180)
CONGO	Brazzaville : 22 ans			Impfondo : 24 ans			pte Noire : 24 ans		
	mini	maxi	moy.	mini	maxi	moy.	mini	maxi	moy.
Janvier	66	241	153	1	193	97	16	394	205
Février	16	241	128	45	173	109	4	424	214
Mars	109	276	192	84	290	187	52	576	324
Avril	62	380	221	95	258	176	39	316	178
Mai	15	280	147	88	229	158	1	382	(100)
Juin	0	28	(3)	64	279	172	0	3	(0)
Juillet	0	4	(1)	26	304	165	0	2	(0)
Août	0	13	(1)	37	313	175	0	5	2
Septembre	4	120	(50)	116	332	224	2	27	(10)
Octobre	46	251	148	114	333	223	5	160	82
Novembre	134	339	236	81	307	194	8	439	223
Décembre	72	281	176	8	164	86	4	385	194

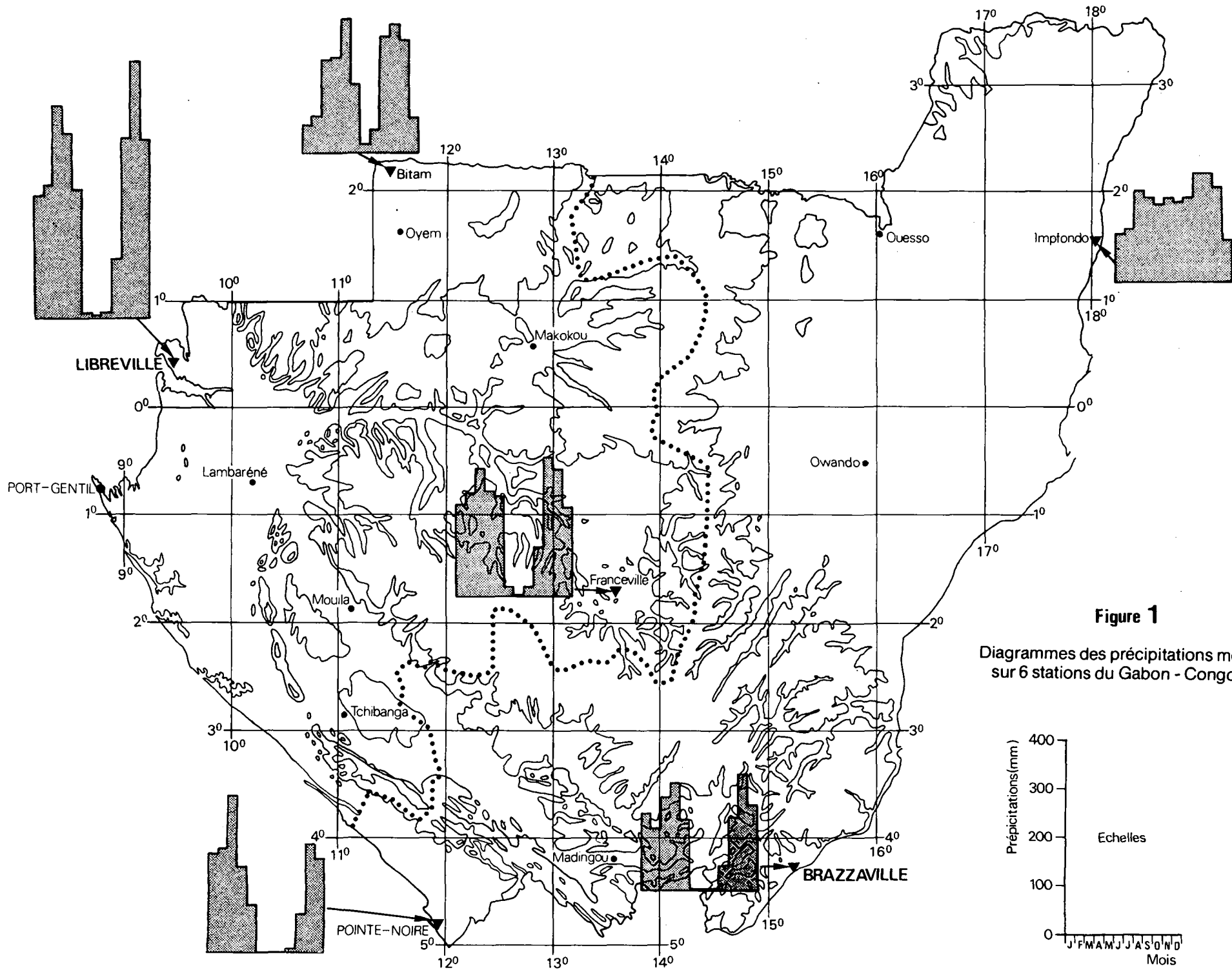
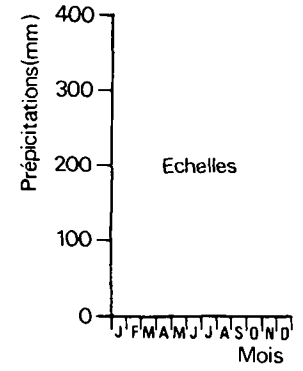


Figure 1

Diagrammes des précipitations mensuelles sur 6 stations du Gabon - Congo (▼)



- les deux stations septentrionales de Bitam et Impfondo accusent davantage la saison sèche hivernale qui prédomine dans les pays situés au Nord ; en conséquence, la sécheresse estivale est à peine marquée, à IMPFONDO particulièrement, où les précipitations sont presque égales pendant 9 mois.

Ces variations des précipitations en fonction de la latitude ont évidemment une incidence sur le régime des rivières :

- l'étiage se situera en hiver dans le Nord et en été dans le Sud,
- une régularisation de l'écoulement interviendra sur les cours d'eau importants, de direction nord-sud, par suite de l'alimentation de leurs divers affluents à différentes saisons.

Origine des informations et élaboration des données

Les documents de base utilisés pour définir les débits caractéristiques en différents points des rivières sont les observations de l'ORSTOM (Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer). Il s'agit des annuaires :

- des années 1968 à 1979 pour le CONGO,
- des années 1964-65 à 1973-74 pour le GABON,
- des annales hydrologiques pour 1968 et 1969.

Les annuaires regroupent les tableaux de débits journaliers calculés à partir d'un abaque d'étalonnage en fonction de la hauteur enregistrée ou mesurée sur les stations de jaugeage. Les débits moyens mensuels sont également indiqués le plus souvent ; parfois les auteurs ajoutent certaines valeurs caractéristiques pour l'année concernée et pour l'ensemble des années antérieures, telles que :

- l'étiage minimal,
- la crue maximale,
- le module,
- le débit spécifique, la pluviométrie moyenne sur le bassin versant, le coefficient d'écoulement, etc ...

Jusqu'ici, l'étalonnage des stations, la conversion des hauteurs d'eau en débits, la publication et l'exploitation des résultats étaient plus avancés au Congo. Un effort est en cours au Gabon pour traiter les observations antérieures, mais à la mi-1982, les éléments disponibles pour la préparation de la carte étaient les suivants :

- **au Gabon** les données pour déterminer les trois débits caractéristiques existaient sur 24 stations, soit $3 \times 24 = 72$ valeurs obtenues à partir d'observations annuelles correctes se répartissant ainsi :

sur 3 à 5 années	: 6 valeurs, soit	8 %	}	= 26 %
sur 6 à 8 années	: 13 valeurs, soit	18 %		
sur 9 à 10 années	: 49 valeurs, soit	68 %	}	= 74 %
sur 11 à 12 années	: 4 valeurs, soit	6 %		

- **au Congo** il était possible de retenir 40 stations pour définir les débits mensuels médians d'étiage et les débits médians annuels de crue, soit $2 \times 40 = 80$ valeurs ; celles-ci proviennent de données fiables sur :

sur 3 à 5 années	: 7 valeurs, soit	9 %	}	= 25 %
sur 6 à 8 années	: 13 valeurs, soit	16 %		
sur 9 à 10 années	: 18 valeurs, soit	22,5 %	}	= 75 %
sur 11 à 12 années	: 42 valeurs, soit	52,5 %		

Dans 90 % des cas, le débit moyen interannuel a été tiré directement des annuaires, l'ORSTOM ayant fait le calcul en tenant compte de toutes les mesures depuis l'origine de la station. Les 40 modules découlent donc d'observations de longue durée, soit :

3 à 8 ans	: 3 valeurs = 7,5 %	}	= 92,5%
9 à 19 ans	: 14 valeurs = 35 %		
20 à 29 ans	: 20 valeurs = 50 %		
30 à 57 ans	: 3 valeurs = 7,5 %		

Modulation du tracé des cours d'eau en fonction du débit d'étiage

Au cours des périodes de pluie intense et immédiatement après, le débit élevé des cours d'eau provient du ruissellement direct ou légèrement retardé. Ensuite "l'épure" des terrains se fait progressivement et l'écoulement en rivière est "soutenu" par l'eau qui s'était infiltrée dans les vides intergranulaires et les zones fracturées des roches.

Pendant le mois le plus sec de l'année, les précipitations étant pratiquement nulles, le débit minimal des rivières résulte uniquement des écoulements souterrains en provenance des aquifères.

La représentation de ces débits d'étiage constituera donc pour le planificateur, une bonne illustration du minimum annuel de ces apports souterrains directement disponibles.

Les débits mensuels médians d'étiage (Q_e) des 64 stations mentionnées plus haut, auxquels il faut ajouter quelques valeurs sur les rivières méridionales du Cameroun qui poursuivent leurs cours au Gabon ou au Congo, constituent les éléments de base pour cette représentation.

La légende de la carte montre que 11 gammes de débit sont différenciées par leur tracé : débit supérieur à 2 000 m³/s, débit compris entre 1 000 et 2 000 m³/s, etc... jusqu'à débit nul.

Autres débits caractéristiques et remarques

Le calcul du **débit moyen interannuel** (Q_m) à chaque station consiste à établir successivement la moyenne mensuelle des valeurs journalières, la moyenne annuelle des 12 valeurs mensuelles et enfin la moyenne interannuelle des valeurs annuelles depuis la création des stations de mesures.

Le **débit annuel médian de crue** (Q_c) est obtenu ainsi :

- recherche du débit annuel de crue, c'est à dire de la valeur journalière la plus élevée de l'année

- recherche de la médiane de tous les débits annuels de crue disponibles sur une station

En comparant, sur les tableaux 2 et 3, les 3 débits caractéristiques : Q_e , Q_m et Q_c , sur chacune des 64 stations, on peut constater d'emblée la grande régularité du régime des rivières de cette région de l'Afrique

Les deux dernières colonnes des tableaux donnent le rapport Q_m/Q_e et Q_c/Q_e en prenant $Q_e = 1$.

Tableau 2

STATIONS DE JAUGEAGE DE RIVIERES DU GABON
DEBITS CARACTERISTIQUES : Qe, Qm, Qc

Nota : Qe = débit mensuel médian d'étiage
Qm = débit interannuel moyen
Qc = débit annuel médian de crue

Les numéros des stations correspondent aux anciens numéros ORSTOM.

N° station	Latitude	Longitude EST	Superficie B.V (Km2)	Débits caractéristiques (m ³ /s)			Si Qe = 1	
				Qe	Qm	Qc	Qm	Qc
1	2°12' S	13°38'	6 900	113	212	406	1,88	3,6
2	1°38' S	13°32'	8 800	138	261	493	1,89	3,6
4	1°29' S	13°20'	47 700	709	1 255	2 738	1,77	3,9
5	0°49' S	12°44'	129 600	1 052	2 657	5 905	2,53	5,6
7	0°06' S	11°36'	14 000	1 248	2 899	6 420	2,32	5,1
10	0°11' S	10°46'	158 000	1 300	3 083	6 670	2,37	5,1
12	0°42' S	10°13'	203 500	1 815	4 730	9 825	2,61	5,4
18	0°34' N	12°52'	35 800	158	596	1 652	3,77	10,4
19	0°31' N	12°50'	48 500	215	808	1 888	3,76	8,8
23	1°63' S	11°03'	15 900	143	481	1 289	3,36	9,0
24	1°13' S	10°35'	22 000	187	713	1 718	3,81	9,2
28	2°14' S	11°30'	2 700	33	104	252	3,15	7,6
29	0°18' N	12°11'	8 900	52	151	380	2,9	7,3
31	1°39' S	13°38'	6 400	143	220	650	1,54	4,5
32	1°41' S	13°40'	1 400	16	54	210	3,37	13,1
33	1°01' S	12°32'	2 300	21	57	190	2,71	9,0
36	1°54' S	11°54'	550	5,25	22	56,3	4,19	10,7
37	1°08' S	12°28'	2 200	20	59	183	2,95	9,1
42	2°52' S	11°01'	12 400	84	319	816	3,8	9,7
43	2°46' S	10°43'	20 000	108	515	1 422	4,77	13,2
48	0°23' N	9°46'	75	0,43	3,1	60	7,21	140
52	0°22' N	10°14'	1 700	33,2	65	175	1,96	5,3
53	0°25' N	9°53'	55	1,08	3,8	35	3,52	32
55	0°38' N	10°24'	880	18	36	110	2	6,1
43	4°10' S	13°18'	17 190	110	325	1 070	2,95	9,7
45	4°15' S	14°03'	8 620	46,5	170	940	3,6	20
46	3°41' S	14°16'	3 384	33	76,1	184	2,3	5,6
48	3°25' S	12°38'	15 360	120	309	620	2,6	5,2
50	2°35' S	12°42'	1 950	17,5	58,7	125	3,35	7,1
52	3°10' S	13°06'	3 910	38,5	86,2	185	2,24	4,8
54	3°53' S	13°43'	4 920	53	113	270	2,13	5,1
55	3°45' S	13°49'	4 200	49,5	101	240	2	4,9
57	4°08' S	13°04'	3 992	12,1	31,5	137	2,6	11,3
68	4°14' S	14°17'	90	0,03	1,31	120	44	4 000
0	3°56' S	12°46'	120	0,04	0,395	7	10	175
69	2°52' S	11°58'	5 800	63	217	630	3,4	10
72	4°28' S	12°15'	1 650	10	25,2	240	2,5	24
20			498	1,1	3,5	3,5	3,1	31

TABLEAU 3

STATIONS DE JAUGEAGE DE RIVIERES DU CONGO
DEBITS CARACTERISTIQUES : Qe, Qm, Qc

Nota : Qe = débit mensuel médian d'étiage

Qm = débit interannuel moyen

Qc = débit annuel médian de crue

Les numéros des stations correspondent aux anciens numéros ORSTOM.

N° station	Latitude	Longitude EST	Superficie B.V. (Km2)	Débits caractéristiques (m ³ /s)			Si Qe = 1	
				Qe	Qm	Qc	Qm	Qc
1	4°16' S	15°19'	3 475 000	33 500	43 000	60 000	1,3	1,8
3	4°35' S	14°56'	2 980	9,81	57,3	264	5,8	26,5
6	4°13' S	15°00'	5 365	100	123	255	1,23	2,55
7	2°54' S	15°37'	13 500	368	429	538	1,17	1,46
8	1°54' S	15°51'	6 200	190	206	262	1,08	1,38
9	1°18' S	16°10'	20 070	470	604	730	1,29	1,55
10	1°29' S	15°04'	8 080	275	319	392	1,16	1,43
11	1°16' S	15°52'	1 870	9	24,4	61	2,7	6,8
13	1°24' S	15°04'	226	6,76	8,36	15,8	1,24	2,34
14	0°01' S	16°21'	46 000	500	700	1 150	1,4	2,3
15	0°01' N	15°40'	14 062	90	229	500	2,5	5,6
16	0°01' S	14°57'	9 140	74	157	340	2,12	4,6
17	0°30' S	15°56'	10 750	139	237	450	1,7	3,2
18	0°53' S	14°49'	1 036	26,5	34	47	1,3	1,77
19	0°37' S	15°54'	1 125	0,9	19,2	62	21,3	69
23	0°54' S	15°11'	1 545	21,5	37,2	62	1,73	2,88
26	0°43' S	14°52'	1 415	41	48	75	1,17	1,83
27	0°23' N	15°29'	12 000	98	185	355	1,89	3,6
28	1°36' N	16°02'	158 350	750	1 716	3 650	2,29	4,87
30	2°03' N	14°55'	38 600	151	419	1 055	2,77	7
31	0°33' S	17°27'	24 800	93	294	615	3,16	6,6
32	1°21' N	17°29'	11 300	36	86,6	195	2,4	5,4
37	4°09' S	12°04'	55 340	290	939	2 150	3,24	7,4
39	4°06' S	12°04'	55 010	300	936	2 100	3,1	7
40	3°33' S	12°20'	48 990	325	853	2 020	2,6	6,2
42	4°07' S	13°05'	23 385	132	382	1 345	2,9	10,2

Les valeurs de la relation entre débit moyen et débit d'étiage ont été classées en 4 catégories ; ainsi, pour les 40 stations du Congo :

a) $Q_m \leq 2 Q_e$ sur 13 stations = 32,5 %	}	90 %
b) $2,01 \leq Q_m \leq 4 Q_e$ sur 23 stations = 57,5 %		
c) $4,01 \leq Q_m \leq 10 Q_e$ sur 2 stations = 5 %	}	10 %
d) $Q_m > 10,01 Q_e$ sur 2 stations = 5 %		

En prenant les mêmes catégories pour les 24 stations du Gabon, on trouve :

a) $Q_m \leq 2 Q_e$ sur 6 stations = 25 %	}	87,5 %
b) $2,01 \leq Q_m \leq 4 Q_e$ sur 15 stations = 62,5 %		
c) $4,01 \leq Q_m \leq 10 Q_e$ sur 3 stations = 12,5 %		

Les classements sont très semblables pour chacune des pompes et pour les 64 stations, on obtient en résumé :

$Q_m \leq 4 Q_e$ dans 89 % des cas
 $Q_m > 4 Q_e$ dans 11 % des cas.

On notera encore que sur les 7 valeurs de $Q_m > 4 Q_e$

- 3 restent très proches : 4,19, 4,77 et 5,8
- 3 autres, qui vont de 7,21 à 44 concernent des petits bassins versants de 50 à 100 km² environ, sur lesquels les grandes variations de débits sont très compréhensibles
- le chiffre de 21,3 sur la station n°19 du Congo n'est pas explicable ; on pourrait supposer que l'étalonnage est défectueux pour les bas débits et que la valeur de $Q_e = 0,9 \text{ m}^3/\text{s}$ est fortement sous-évaluée.

Pour la relation Q_c/Q_e , on obtient la répartition suivante pour les 64 stations :

a) $Q_c \leq 5 Q_e$ sur 21 stations = 32,8 %	}	76,6 %
b) $5,01 Q_e \leq Q_c \leq 10 Q_e$ sur 28 stations = 43,8 %		
c) $10,01 Q_e \leq Q_c \leq 20 Q_e$ sur 7 stations = 10,9 %		
d) $20,01 Q_e \leq Q_c \leq 50 Q_e$ sur 4 stations = 6,25 %	}	17,15 %
$Q_c > 50 Q_e$ sur 4 stations = 6,25 %		

La répartition par pays est semblable à celle-ci et il est remarquable d'observer que le débit de crue est inférieur à 10 fois le débit d'étiage sur 77 % des stations, ou encore inférieur à 20 fois sur 87,5 % d'entre elles.

Comme il a été remarqué plus haut à propos de Q_m/Q_e , les 4 valeurs $Q_c > 50 Q_e$ concernent 3 petits bassins versants et la station n° 19 du Congo où Q_e est douteux.

Enfin, pour compléter l'exploitation des débits caractéristiques, il est apparu utile de représenter par la figure 2 la relation entre la valeur du débit interannuel moyen : Q_m et la superficie du bassin versant correspondant. Cette figure montre une relative dispersion des points pour les bassins versants inférieurs à 500 km² et un assez bon regroupement pour les bassins de plus grande superficie. Pour quelques superficies, voici les écarts des débits moyens (Q_m) correspondants suivis de la valeur moyenne traduite en l/s par km² :

BV = 500 km² : 7 m³/s < Q_m < 23 m³/s, soit $\simeq 30$ l/s/km²

BV = 1 000 km² : 13 m³/s < Q_m < 43 m³/s, soit $\simeq 28$ l/s/km²

BV = 10 000 km² : 120 m³/s < Q_m < 340 m³/s, soit $\simeq 23$ l/s/km²

BV = 100 000 km² : 1 050 m³/s < Q_m < 2 750 m³/s, soit $\simeq 18$ l/s/km²

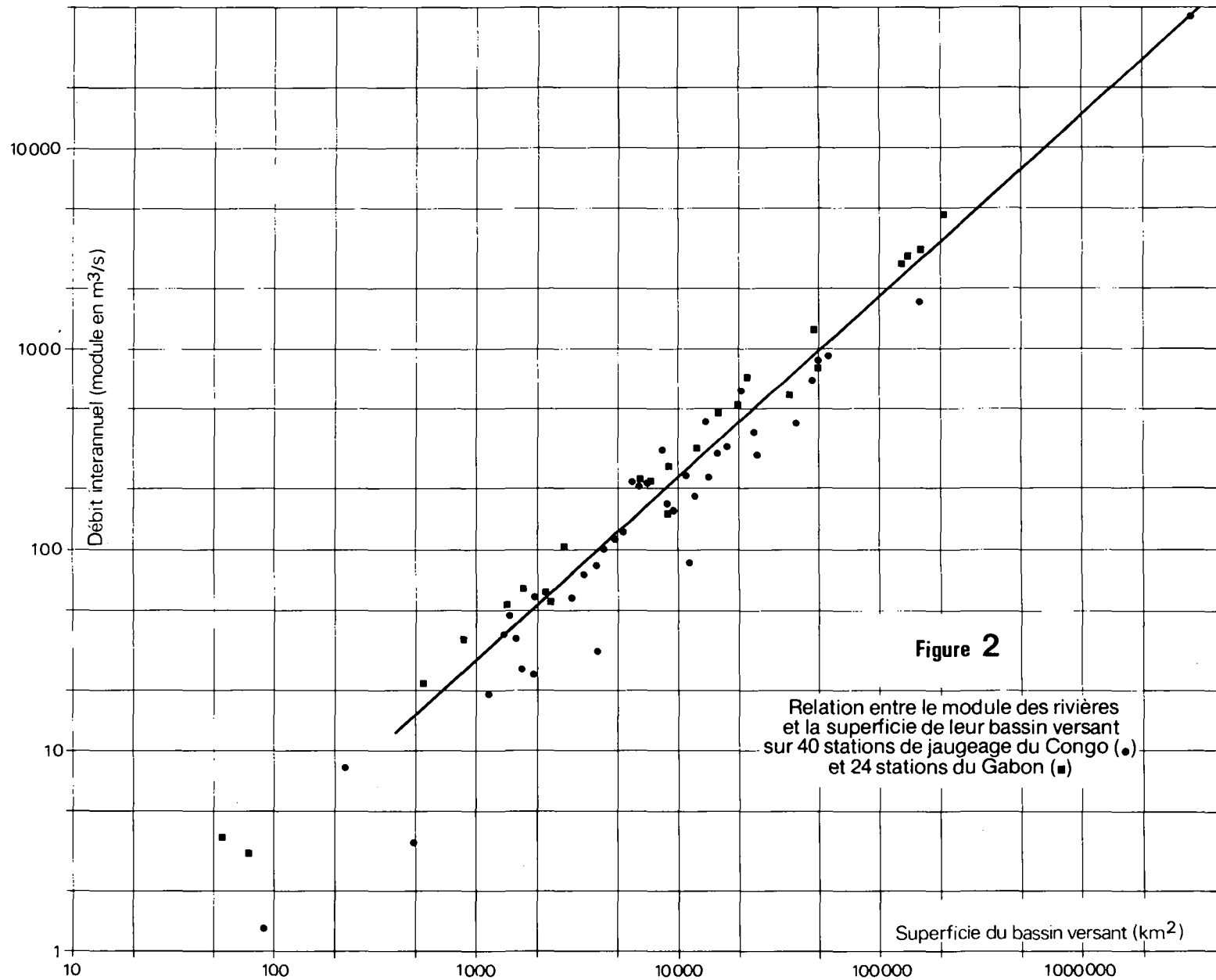
2.2.2 - LAC DE BARRAGES

Les renseignements relatifs aux barrages proviennent de documents et informations obtenus auprès de la Société Nationale de l'Energie du Congo, la Direction de l'Energie et des Carburants au Ministère des Mines du Congo, la Société d'Energie et d'Eau du Gabon et de EDF/DAFECO à Paris.

Les réalisations, aussi bien que les projets de barrages, sont tous orientés vers la production d'énergie hydroélectrique.

La carte distingue par différentes trames bleues les cuvettes des barrages construits et projetés, et mentionne les sites possibles, soit :

- au Congo : deux barrages construits et deux projetés



- au Gabon : deux barrages construits, un en cours de construction, deux barrages projetés, neuf sites possibles après étude.

En deuxième partie de la notice, des indications complémentaires sont données sur ces divers ouvrages.

2.3 - RESSOURCES RENOUVELABLES DES AQUIFERES

2.3.1 - GENERALITES

L'eau emmagasinée dans les terrains aquifères est exploitée (très faiblement jusqu'ici dans les deux pays) à partir des puits et forages ; la plus grande partie retourne progressivement aux sources et cours d'eau pour assurer l'essentiel de leur débit d'écoulement.

Ces sorties d'eau des nappes sont compensées par la réalimentation, c'est-à-dire par l'infiltration sur de vastes superficies d'une partie des précipitations. Accessoirement, les rivières en crue peuvent alimenter pendant quelques jours à quelques semaines les petites surfaces de terrains perméables situés en bordure de celles-ci et momentanément à une cote inférieure à celle du plan d'eau libre.

L'apport d'eau pour renouveler chaque année le stock d'eau souterraine est appelé : **ressource renouvelable (Rre)**. Comme les précipitations (P), Rre peut s'exprimer en hauteur d'eau (en m, ou mm) ou en volume par unité de surface (en m³ par km²).

Pour définir Rre, signalons qu'en désignant les **précipitations efficaces par (Pf)** et le **ruissellement par (R)**, on a :

$$Rre = Pf - R$$

Il convient également de rappeler que Pf représente la fraction "utile" des précipitations, par opposition aux pertes dues à l'évapotranspiration réelle (Etr).

L'évapotranspiration réelle est relativement importante dans cette région équatoriale, parce que la température reste assez élevée pendant une grande partie de l'année et que la couverture végétale est abondante. En revanche, le ruissellement est faible, du fait de la végétation et de l'altération superficielle des roches, deux facteurs

propices à "l'absorption" immédiate de l'eau de pluie. R, limité aux précipitations qui tombent directement sur le plan d'eau des rivières et sur les très rares terrains imperméables et en pente très proches de celles-ci, est pratiquement insignifiant dans cette zone de l'Afrique.

2.3.2 - DETERMINATION DES PRECIPITATIONS EFFICACES

- Principes du calcul

Pf a été déterminé par bilans mensuels sur 16 années consécutives (1955-1970), à partir de la hauteur des pluies (P) du mois considéré, et de l'évapotranspiration potentielle Etp du lieu, calculée par la formule mensuelle de TURC. `

Le choix de la période 1955-1970 repose sur les données pluviométriques disponibles mémorisées par l'ORSTOM, qui les a mises obligeamment à notre disposition.

Les valeurs de Etp ont été déterminées par intrapolation à partir de cartes mensuelles à 1/10 000 000 du rapport CIEH (RB 38*) sur 130 stations pluviométriques.

Le principe d'un bilan annuel est le suivant : compte-tenu d'une valeur normale de la réserve d'eau facilement utilisable par les végétaux (RFU) et des éléments P et Etp sus-mentionnés, on calcule la variation de réserve d'eau dans le sol (VR), le déficit (D) ou l'excédent (Ex) et enfin l'évapotranspiration réelle (Etr). La somme de tous les excédents mensuels représente les précipitations efficaces (Pf) de l'année, de même que l'addition des Etr mensuelles donne Etr annuelle.

Conventionnellement RFU = 100 mm ; cette réserve d'eau dans le sol est épuisée chaque année pendant les mois secs et elle doit donc être reconstituée ensuite.

L'exemple ci-après montre les modalités pratiques d'un bilan annuel sur la station pluviométrique : Libreville - Aviation, à partir des pluies de 1955 ; ces pluies étant données en millimètres, tous les autres paramètres sont également en mm.

* numéro de référence bibliographique à consulter sur les listes à la fin des première et deuxième parties de la notice.

Mois	Etp	P	VR	RFU	D	Exc.	Etr
jan	118	409	0	100	0	291	118
fév	121	250	0	100	0	129	121
mars	122	406	0	100	0	284	122
avr	116	300	0	100	0	184	116
mai	107	510	0	100	0	403	107
juin	93	0	- 93	7	0	0	93
juill	88	1	- 7	0	81	0	7
août	83	9	0	0	74	0	9
sept	89	147	+ 58	58	0	0	89
oct	95	517	+ 42	100	0	380	95
nov	99	556	0	100	0	457	99
déc	113	482	0	100	0	369	113
Année	1 244	3 586			155	2 497	1 089

Le tableau permet de constater :

- que la RFU de 100 mm est consommée pendant les mois secs de l'été, et se reconstitue ensuite
- que Etr correspond à Etp -D (1 089 = 1 244 - 155)
- que Pf, la somme des excédents mensuels, représente bien la différence P - Etr :

$$3\ 586 - 1\ 089 = 2\ 497$$

Après l'élaboration du bilan sur les années 1955 à 1970, la moyenne des 16 excédents obtenus est calculée pour obtenir les précipitations efficaces (Pf) de la station.

- Conditions réelles d'application

Les archives pluviométriques mémorisées étaient utilisables pour notre étude sur 123 stations soit 54 pour le Gabon et 69 pour le Congo ; les données très incomplètes

ont été négligées et dans les villes disposant de plusieurs stations météorologiques, on a retenu uniquement celle qui donnait les meilleurs résultats.

Les informations ont fait l'objet d'un traitement numérique avec sortie des documents suivants pour chacune des 123 stations :

- liste des précipitations mensuelles, moyennes annuelles et moyenne inter-annuelle
- liste des Etp des 12 mois
- bilan hydrologique sur toutes les années à données complètes avec inscription des excédents mensuels, de leur total annuel = Pf, et de la moyenne interannuelle de Pf.

Les tableaux 4 et 5 présentent des extraits de ces listes pour Brazzaville et Libreville tandis que les tableaux 6 et 7 regroupent les chiffres obtenus sur les diverses stations du Gabon et du Congo.

Selon le nombre d'années avec observations mensuelles complètes retenues pour les calculs, on obtient la répartition suivante :

- 14 à 16 années : 34 stations = 27,64 %
 - 10 à 13 années : 45 stations = 36,58 %
 - 6 à 9 années : 33 stations = 26,83 %
 - 2 à 5 années : 11 stations = 8,94 %
- } 64,22 %

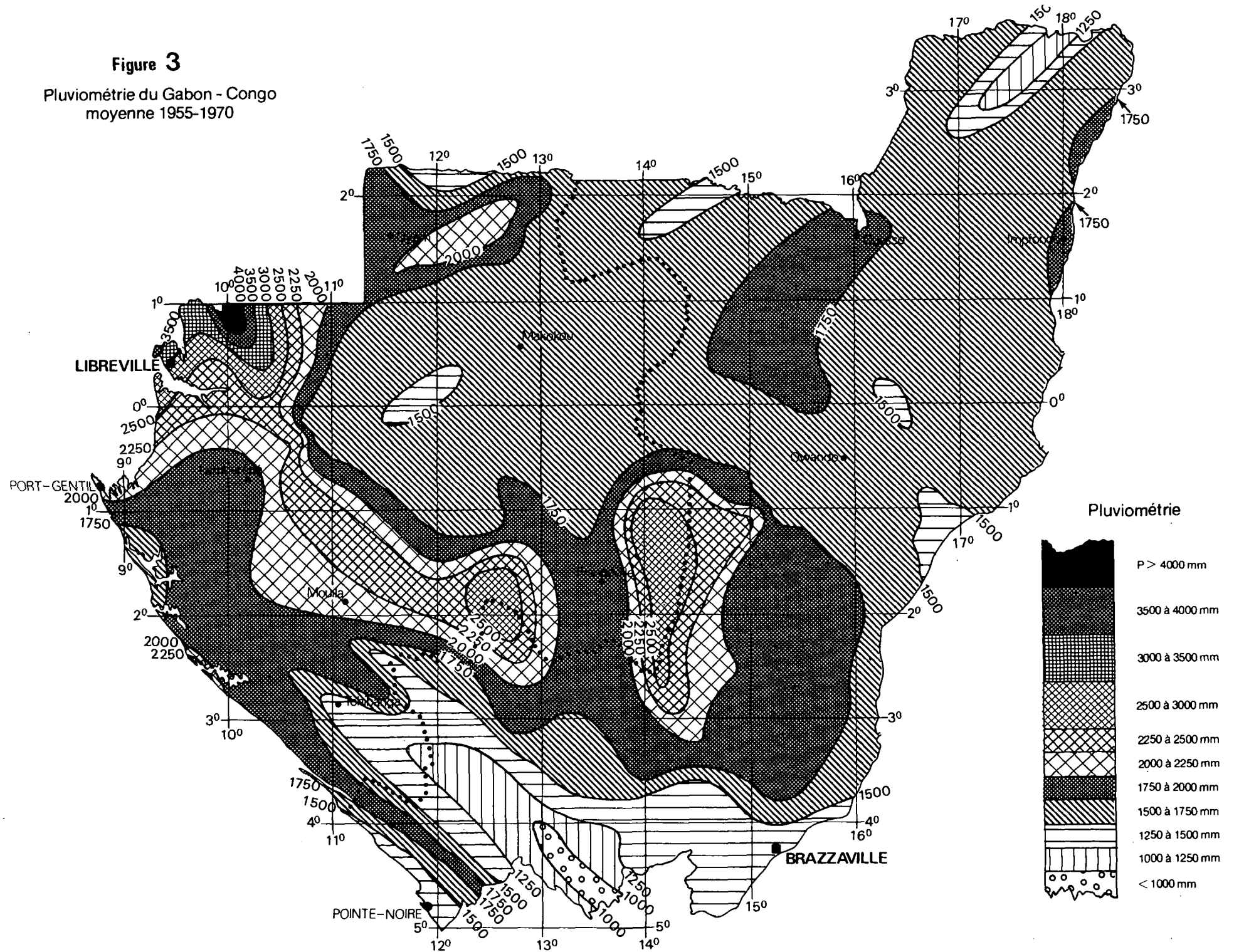
Sur près des 2/3 des stations, les résultats présentent une bonne ou très bonne fiabilité ; en ajoutant les résultats passables sur 6 à 9 ans et les résultats indicatifs sur 2 à 5 ans, on disposait donc d'informations correctes, qui permettaient l'élaboration des cartes des moyennes pluviométriques et des précipitations efficaces à l'échelle du 1/1 000 000. La pluviométrie moyenne fait l'objet du cartouche C2 et de la figure 3 (1/5 000 000).

Les données relatives aux précipitations efficaces Pf sont représentées sur la carte à 1/1 000 000.

La relation entre les précipitations efficaces Pf et la pluviométrie moyenne P, sur les différentes stations prises en compte, est représentée sur la figure 4.

Figure 3

Pluviométrie du Gabon - Congo
moyenne 1955-1970



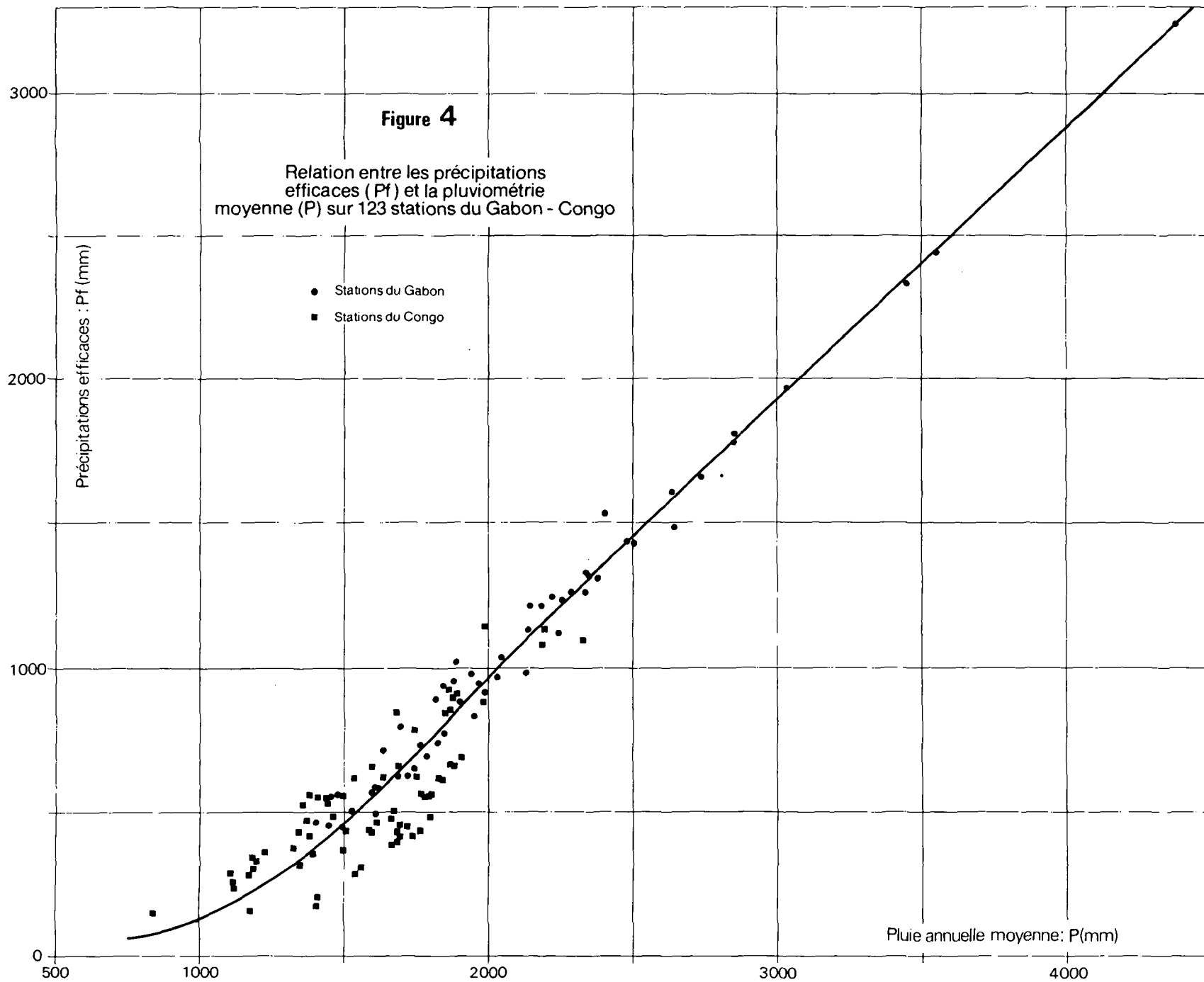


Tableau 4

EXTRAITS DE LISTINGS DE ETP, P, PF

(1) Evapotranspiration mensuelle sur 6 stations du Congo

Stations	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC
070001	116	113	131	125	114	98	89	101	109	111	114	106
070003	111	120	132	122	115	103	100	100	102	111	109	110
070006	115	122	132	122	117	103	95	100	102	112	111	115
070007	111	114	121	118	115	98	90	90	100	108	108	108
070010	105	109	121	120	102	80	82	89	92	101	99	93
070016	111	111	125	118	105	87	78	78	96	102	106	100

(2) Pluviométrie 1955 à 1970 - Station 070001 - Brazzaville

AN	JAN	FEV	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC	TOTAL
55	183	16	135	288	280	0	1	0	16	149	209	234	1511
56	230	107	235	116	98	0	0	0	43	46	211	218	1303
57	132	141	199	308	186	0	1	1	8	178	292	242	1689
58	97	46	137	183	14	0	0	0	39	110	286	216	1130
59	122	157	136	170	26	0	0	13	35	128	194	240	1221
60	109	141	109	174	111	11	2	0	81	138	140	82	1098
61	241	147	136	368	140	3	2	0	120	115	289	167	1730
62	145	99	245	111	95	0	0	0	91	120	407	120	1432
63	199	97	213	177	136	1	8	0	40	75	227	276	1448
64	129	128	226	193	129	0	0	11	3	66	265	155	1307
65	174	91	276	115	161	0	0	5	58	146	161	208	1397
66	208	224	204	323	60	23	0	0	10	234	206	151	1644
67	238	190	263	62	45	28	0	0	26	89	182	72	1197
68	136	126	179	247	183	0	0	0	38	85	134	80	1207
69	127	85	124	380	211	2	1	0	11	121	268	224	1554
70	87	91	191	268	133	0	1	1	39	111	339	125	1389
MOYENNE SUR 16 ANNEES = 1391													

(3) Evapotranspiration et bilan hydrologique - Station 070001 Brazzaville - Période 1955-1970 - Excédents mensuels, Pf annuelles et interannuelles

AN	JAN	FEV	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC	TOTAL
55	67	0	0	70	166	0	0	0	0	0	33	128	464
56	114	0	98	0	0	0	0	0	0	0	0	109	321
57	16	28	68	183	72	0	0	0	0	0	145	136	648
58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72	110	182
59	6	44	5	45	0	0	0	0	0	0	0	131	231
60	0	21	0	27	0	0	0	0	0	0	0	0	48
61	54	34	5	243	26	0	0	0	0	0	90	61	513
62	29	0	100	0	0	0	0	0	0	0	202	14	345
63	83	0	66	52	22	0	0	0	0	0	13	170	406
64	13	15	95	68	15	0	0	0	0	0	51	49	306
65	58	0	123	0	37	0	0	0	0	0	0	84	302
66	92	111	73	198	0	0	0	0	0	23	92	45	634
67	122	77	132	0	0	0	0	0	0	0	0	0	331
68	0	0	14	122	69	0	0	0	0	0	0	0	205
69	0	0	0	155	97	0	0	0	0	0	64	118	434
70	0	0	9	143	19	0	0	0	0	0	125	19	315
MOYENNE SUR 16 ANNEES = 355													

Tableau 5

EXTRAITS DE LISTINGS DE ETP, P, PF

(1) Evapotranspiration mensuelle sur 6 stations du Gabon

Stations	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC
140001	118	121	122	116	107	93	88	83	89	95	99	113
140004	110	110	116	114	103	78	70	69	75	98	101	105
140007	101	113	128	120	107	89	84	89	96	106	105	100
140013	111	110	116	111	101	76	70	70	75	97	102	105
140019	106	109	123	116	103	82	78	80	94	104	101	98
140022	91	93	100	105	100	86	75	72	85	92	95	93

(2) Pluviométrie 1955-1970 - Station 140001 Libreville

AN	JAN	FEV	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC	TOTAL
55	409	250	406	300	510	0	1	9	147	517	556	482	3586
56	490	367	670	308	61	5	0	21	36	343	203	342	2847
57	495	236	536	418	359	6	1	0	24	272	425	771	3545
58	389	366	289	306	9	1	3	2	19	117	722	397	2619
59	314	316	366	207	357	0	2	1	244	649	657	484	3597
60	207	297	267	348	293	43	0	4	237	403	392	643	3135
61	76	309	461	347	60	5	1	3	200	527	799	415	3203
62	360	293	500	438	296	106	0	1	66	222	619	419	3321
63	292	225	459	488	451	25	7	1	110	389	615	309	3370
64	129	259	262	262	267	4	2	7	39	383	537	395	2549
65	246	241	366	384	347	7	3	29	36	205	247	189	2300
66	326	200	203	302	213	125	0	4	47	272	791	143	2626
67	251	132	415	262	432	1	0	2	111	606	483	351	3046
68	283	172	515	268	357	0	0	1	3	501	45	165	2730
69	269	260	421	502	122	2	4	11	71	434	508	437	3041
70	312	238	513	394	161	10	2	19	34	423	755	166	3026
MOYENNE SUR 16 ANNEES = 3034													

Tableau 5 (suite)

(3) Evapotranspiration et bilan hydrologique - Station 140001 Libreville - Période 1955-1970 - Excédents mensuels, Pf annuelles et interannuelles

AN	JAN	FEV	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC	TOTAL
55	291	129	284	184	403	0	0	0	0	380	457	369	2497
56	372	246	548	192	0	0	0	0	0	148	104	229	1839
57	377	115	414	302	252	0	0	0	0	77	326	658	2521
58	271	245	167	190	0	0	0	0	0	0	545	284	1702
59	196	195	244	91	250	0	0	0	55	554	558	371	2514
60	89	176	145	232	186	0	0	0	48	308	293	530	2007
61	0	146	339	231	0	0	0	0	11	432	700	302	2161
62	242	172	378	322	189	13	0	0	0	27	520	306	2169
63	174	104	337	372	344	0	0	0	0	215	516	196	2258
64	11	138	140	146	160	0	0	0	0	188	438	282	1503
65	128	120	244	268	240	0	0	0	0	10	148	76	1234
66	208	79	81	186	106	32	0	0	0	77	692	30	1491
67	133	11	293	146	325	0	0	0	0	433	384	238	1963
68	165	51	393	152	250	0	0	0	0	306	366	52	1735
69	151	139	299	386	15	0	0	0	0	239	409	324	1962
70	194	117	391	278	54	0	0	0	0	228	656	53	1971
MOYENNE SUR 16 ANNEES = 1970													

Tableau 6

STATIONS PLUVIOMETRIQUES DU GABON

PLUVIOMETRIE MOYENNE ET PRECIPITATIONS EFFICACES SUR LA PERIODE 1955-1970

Nota : N représente le nombre d'années avec observations mensuelles complètes

	Stations	Latitude	Longitude	Altitude	P. moy	N années	Pf
140001	Libreville Avia	00°27'N	09°25'E	10 m	3034	16	1970
140004	Abanga (Nkan)	00°04'N	10°34'E	300 m	2245	11	1123
140007	Akieni	01°10'30 S	13°53'E	511 m	2645	6	1489
140013	Ayem-Biwam	00°13'S	10°37'E	m	2375	8	1307
140019	Bakoumba	01°47'30 S	13°02'30' S	623 m	2130	9	989
140022	Bitam	02°05'N	11°28'E	599 m	1768	16	731
140025	Booue	00°06'S	11°56'E	270 m	1605	12	584
140028	Cap Esterias	00°35'N	09°22'E	10 m	3549	7	2443
140031	Cap Lopez	00°38'S	08°42'E	m	1696	13	797
140034	Coco Beach	01°00'N	09°36'E	m	3445	16	2337
140037	Djidji	00°13'N	11°47'E	m	1492	6	453
140040	Ekouk	00°06'S	10°23'E	m	2373	8	1326
140046	Eteke	01°29'S	11°29'E	811 m	2346	10	1320
140049	Fougamou	01°13'S	10°35'E	75 m	2043	15	1038
140052	Franceville	01°38'S	13°35'E	426 m	1787	15	699
140054	Ikoy-Bandja	00°24'N	09°36'E	20 m	2503	13	1427
140058	Kango Centre	00°10'N	10°58'E	40 m	2481	12	1431
140061	Koulamoutou	01°07'30 S	12°29'E	229 m	1685	8	630
140067	Lambarene Avia	00°42'S	10°15'E	26 m	1959	11	946
140070	Lastourville Aéro	00°49'S	12°44'E	485 m	1828	16	742
140073	Lebamba	02°12'30 S	11°30'E	182 m	1941	16	980
140074	Libreville Ville	00°23'N	09°27'E	4 m	2850	8	1811
140079	Makokou	00°34'N	12°52'E	515 m	1742	16	655
140082	Mandji C.G.P.P.O.	00°41'S	10°20'E	m	2180	11	1216

Tableau 6 (suite)

	Stations	Latitude	Longitude	Altitude	P. moy	N années	Pf
140085	Mavanga	01°25'S	12°04'E	534 m	1902	4	886
140088	Mayumba	03°26'S	10°40'E	37 m	1888	16	1021
140091	Mbigou	01°54'S	11°54'	712 m	2257	12	1231
140094	Medouneu	01°01'N	10°47'E	652 m	2028	15	970
140097	Mekambo	01°01'N	13°58'E	501 m	1608	15	500
140103	Minvoul	02°09'N	12°08'E	660 m	1403	7	468
140106	Mitzic	00°46'N	11°33'E	583 m	1591	16	573
140109	Moanda	02°24'S	10°59'E	250 m	1949	12	836
140110	Mocambe Moabi	01°33'S	13°11'30"E	573 m	1818	10	894
140112	Mouila	01°52'S	11°03'E	89 m	2218	16	1249
140118	Mvily	00°18'S	10°28'E	m	2132	15	1134
140120	Ndende	02°23'S	11°23'E	128 m	1477	7	563
140121	Niali	02°34'S	11°18'E	333 m	1846	8	936
140122	Nkoulounga	00°37'N	09°47'E	100 m	2846	10	1776
140123	Ndjole	00°11'S	10°46'E	47 m	1524	6	504
140124	Ntoum	00°23'N	09°45'E	12 m		2331	5
140125	Ndoubou	00°49'S	12°43'E	m	1846	9	776
140126	Ngouale	00°53'N	10°00'E	30 m	4377	5	3243
140127	Okondja	00°40'S	13°40'E	415 m	1716	11	623
140130	Omboue	01°35'S	09°16'E	5 m	1640	11	717
140133	Oyem Mikong	01°43'N	11°42'E	620 m	1989	13	919
140139	Pana	01°40'S	12°12'E	850 m	2635	8	1607
140148	Petit Okano	00°03'S	11°52'E	m	1446	10	456
140151	Port Gentil Avia	00°43'S	08°45'E	4 m	2146	16	1215
140152	Port Gentil Ville	00°44'S	08°47'E	5 m	1878	11	957
140154	Sette Cama	02°32'S	09°45'E	2 m	2405	6	1532
140156	Sibang	00°25'N	09°31'E	20 m	2737	13	1657
140157	Sindara	01°02'S	10°39'E	62 m	2287	12	1263
140160	Tchinbanga	01°51'S	11°02'E	m	1445	15	549
140159	Yen	00°19'N	11°36'E	m	1615	4	584

Tableau n° 7

STATIONS PLUVIOMETRIQUES DU CONGO

PLUVIOMETRIE MOYENNE ET PRECIPITATIONS EFFICACES

N°	Station	Latitude	Longitude Est	P.moy	N années	Pf
70001	Brazza Maya Maya	4°15'S	15°15'	1391	16	355
70003	Abala	1°20 S	15°31'	1833	9	617
70006	Assoko	0°26 S	15°39'	1692	6	455
70007	Attation	1°10 N	15°50'	1865	13	662
70010	Banbama	2°32 S	13°33'	1863	6	850
70016	Boko	4°47 S	14°37'	1327	15	387
70025	Botouali	0°33 S	17°22'	1737	10	417
70029	Boyele	2°31 N	18°13'	1764	8	563
70031	Boundji	1°02 S	15°22'	1658	12	480
70037	Divenie	2°41 S	12°05'	1532	16	620
70040	Djambala	2°33 S	14°45'	2192	2	1140
70043	Loubomo	4°12 S	12°40'	1170	2	279
70055	Dongou	2°03'N	18°03'	1683	7	432
70061	Ekouassende	1°10'S	15°43'	1535	6	281
70064	Elogo	1°49'N	14°17'	1493	8	369
70068	Enkeya	0°43'S	14°50'	1786	6	553
70070	Epena	1°21 N	17°27'	1713	13	450
70076	Etoumbi	0°02'N	14°54'	1671	11	505
70079	Ewo	0°52'S	14°49'	1904	10	691
70082	Owando	0°29'S	15°54'	1665	11	383
70088	Gamboma	1°53 S	15°52'	1797	13	565
70096	Holle	4°32'S	12°09'	1693	5	661
70100	Impfondo	1°37'N	18°04'	1797	16	484
70104	Inoni	3°04 S	15°39'	1982	4	882
70115	Kebouya	1°09'S	14°57'	2329	6	1098
70118	Kelle	0°04'S	14°30'	1597	13	429
70124	Kibangou	3°29'S	12°19'	1108	12	287
70127	Kimongo	4°20 S	12°57'	1222	16	364
70133	Kindamba	3°43'S	14°31'	1459	11	485

N°	Station	Latitude	Longitude Est	P.moy	N années	Pf
70136	Kinkala	4°22'S	14°46'	1377	13	419
70139	Komono (Pays Moetche)	3°00 S	13°17'	1741	10	785
70142	Komono Poste	3°17'S	13°14'	1680	10	846
70148	Kunda Linnegue	0°01'N	16°21'	1404	3	177
70151	Lebango	0°24'N	14°47'	1838	13	608
70154	Lekana	02°19'S	14°36'	2187	15	1083
70156	Les Saras	4°22'S	12°21'	1442	12	547
70160	Loango (M.C.)	4°39 S	11°49'	1411	11	553
70163	Loudima Poste	4°06 S	13°04'	843	14	144
70178	Madingo-Kayes	4°26'S	11°42 E	1379	13	569
70181	Madingou	4°10'S	13°33'	1117	11	240
70187	Makoua Séro	0°01'S	15°35'	1762	6	433
70193	Mankoussou	4°43'S	14°28'	1193	8	332
70199	Mayama	3051'S	14°53'	1631	16	624
70207	M Boko-Nsitu	4°27'S	12°16'	1987	9	1141
70208	M Bomo I	3°59'S	12°47'	1119	9	255
70214	Mindouli	4°16'S	14°21'	1496	13	559
70215	Mokoango	0°20'N	16°29'	1559	4	309
70217	Mossaka	1°13'S	16°48'	1409	12	200
70220	Mossendjo	2°57'S	12°44'	1854	14	927
70223	Moulenda	4°28'S	14°34'	1437	10	531
70226	Moumpoutou	2°59'N	17°29'	1182	5	152
70229	Mouyondzi	3°59'S	13°55'	1341	15	435
70241	Mpouya	2°37'S	16°13'	1608	15	467
70245	Nkenke	4°11'S	13°37'	1191	15	305
70246	Ngabe	3°13'S	16°10'	1508	7	436
70250	Ngouali	4°01'S	11°43'	1893	12	910
70253	Ngouedi = 245	4°18'S	13°47'	1370	12	475
70257	Nkoye Mabaya	4°20'S	15°04'	1347	9	318
70261	Nisiri	1°25'S	15°04'	1876	7	662
70265	Olombo	1°16'S	15°54'	1695	6	410
70271	Ouessou	1°37'N	16°03'	1773	16	553
70277	Picounda	0°33'N	16°38'	1679	7	393
70280	Pointe Noire	4°49'S	11°53'	1354	16	528
70295	Sembe	1°30'N	14°35'	1594	15	431
70298	Sibiti Météo	3°41'S	13°21'	1594	15	656
70304	Souanke	2°04'N	14°08'	1750	14	620
70313	Vinza	3°25'S	14°33'	1850	10	844
70319	Zanaga	2°51'S	13°49'	1875	15	898
70528	Sian Yokangassi	4°13'S	13°18'	1180	12	343

2.3.3 - EVALUATION DES RESSOURCES RENOUVELABLES ET CARTOGRAPHIE

Au paragraphe 2.3.1., il a été indiqué : $R_{re} = P_f - R$

S'il était possible d'estimer commodément le ruissellement (R), l'évaluation de R_{re} serait facile ; malheureusement, cette recherche par les méthodes indirectes habituelles n'est pas applicable ici, en effet :

- l'analyse du réseau de drainage se fait généralement sur des cartes géographiques précises, à une échelle voisine du 1/50 000, et qui n'existent pas ici,
- la décomposition des hydrogrammes pour subdiviser les écoulements superficiels en apports d'eau souterraine et en ruissellement direct dû aux pluies est, selon les auteurs, plus ou moins complexe et subjective.

Ce genre d'incertitude avait déjà été rencontré antérieurement à l'occasion d'études identiques dans des pays voisins (voir RB 7 et RB 8). Par convention, on avait alors admis que R_{re} correspondait à une fraction de P_f , variable selon les terrains ; trois à quatre coefficients multiplicateurs compris entre 0,25 et 0,50 ou 0,75 étaient donc affectés aux différentes tranches de valeur de P_f , en fonction de la lithologie, pour établir l'échelle des valeurs de R_{re} .

Au Gabon et au Congo, la régularité du régime des cours d'eau, soulignée et justifiée au paragraphe 2.2.1, conduit à penser que le ruissellement direct est insignifiant.

En admettant qu'un terrain est prédominant, s'il constitue au moins 70 % de la surface du bassin, on peut regrouper les 38 bassins en 4 catégories :

- prédominance des granitoïdes sur 12 bassins
- prédominance des grès batékés sur 12 bassins
- prédominance de l'un ou l'autre des terrains (c) à (g) sur 6 bassins
- deux ou trois terrains en proportion variable sur 8 bassins.

La figure 5 traduit les résultats du tableau 8 en distinguant les points selon ces quatre catégories ; en négligeant les deux valeurs extrêmes, leur répartition accuse les tendances suivantes (LEE représentant le débit moyen écoulé exprimé en lame d'eau équivalente) :

- en terrains granitiques, LEE/ P_f va de 0,68 à 1,10
- dans les grès batékés, LEE/ P_f va de 0,94 à 1,37

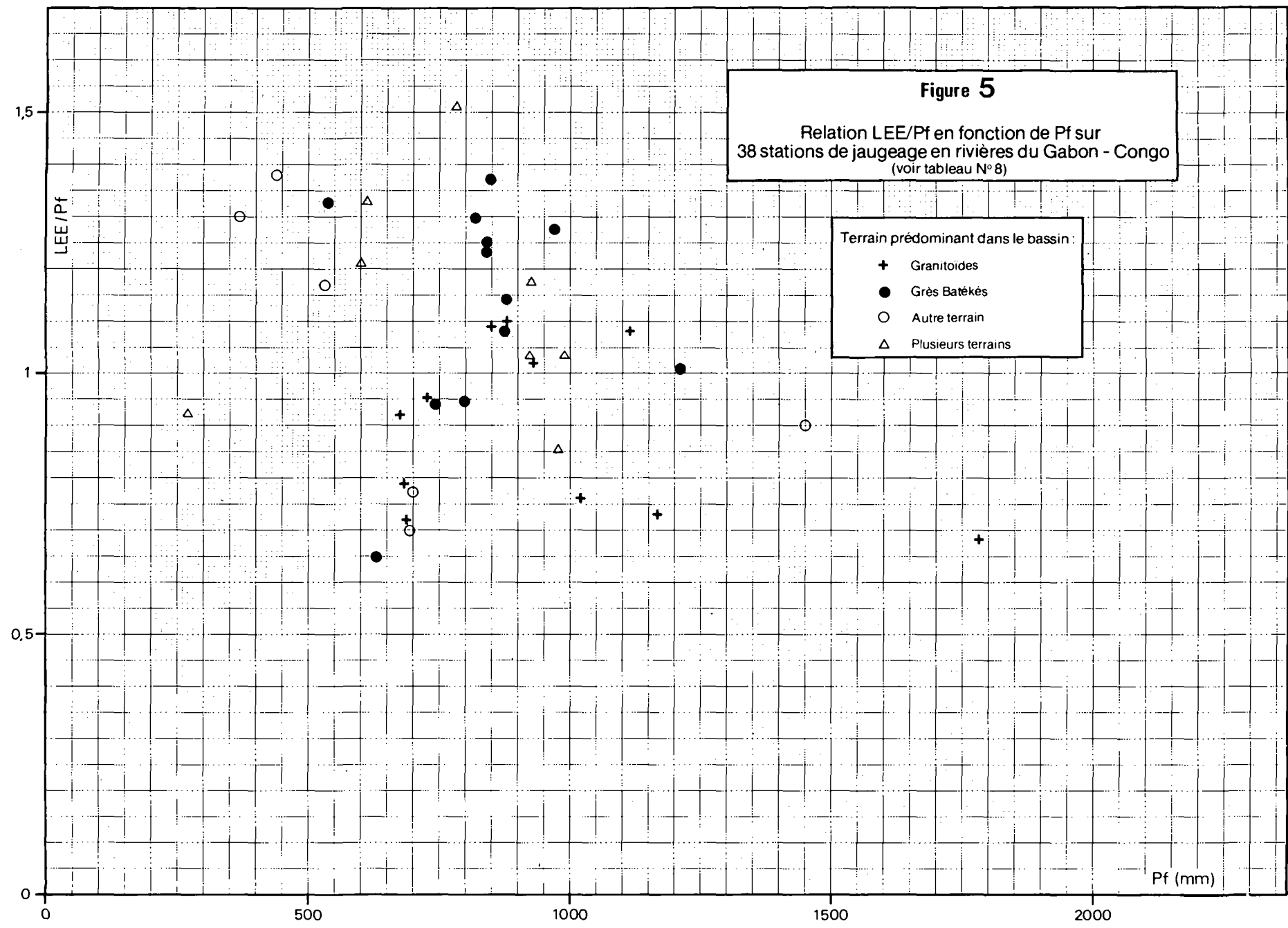


Tableau 8

RELATION ENTRE LE DEBIT MOYEN (LEE) ET LES PRECIPITATIONS EFFICACES (Pf)
SUR 38 STATIONS DE JAUGEAGE EN RIVIERES DU GABON ET DU CONGO

PAYS	N°de station	Superficie du bassin (km2)	Pluviométrie moyenne (P) (mm)	Précipit. effic. (Pf) (mm)	Débit moy. (LEE) (mm)	Terrains prédominants dans le bassin (%)	Coefft LEE/Pf
G A B O N	1	6900	1900	880	970	gr.= 75 ; GB= 25	1,10
	2	8800	1870	850	930	gr.= 76 ; GB= 20	1,09
	4	47700	2000	980	830	s = 40 ; GB= 30	0,85
	18	1670	1700	690	500	gr.= 98	0,72
	23	15900	1950	925	950	gr.= 50 ; PSC= 35	1,03
	24	22000	2020	990	1020	gr.= 48 ; PSC= 40	1,03
	28	2700	2150	1115	1210	gr.= 90 ; PSAS= 6%	1,08
	29	8900	1700	685	540	gr.=100	0,79
	31	6400	1950	925	1080	gr.= 50 ; GB= 35	1,17
	32	1400	2250	1210	1220	GB= 75 ; S= 22	1,01
	33	2300	2050	1020	780	gr.= 98	0,76
	36	550	2350	1305	1260	gr.=100	0,97
	37	2200	2200	1165	850	gr.= 98	0,73
42	12400	1620	610	810	PSC= 38 ; PSAS= 31	1,33	
48	75	2500	1450	1310	gr.= 29'	0,90	
52	1700	2850	1780	1210	SCA=100 gr.=100	0,68	
C O N G O	6	5365	1550	540	720	GB= 88 %	1,33
	7	13500	1901	880	1003	GB= 90 %	1,14
	8	6200	1857	840	1047	GB= 90 %	1,25
	9	20070	1892	875	950	GB= 85 %	1,08
	10	8080	1992	970	1246	GB= 90 %	1,28
	11	1870	1677	630	411	GB=100 %	0,65
	13	226	1862	850	1167	GB=100 %	1,37
	17	10750	1754	740	694	GB= 85 %	0,94
	18	1036	1853	840	1034	GB=100 %	1,23
	19	1125	1718	700	539	LC= 80 %	0,77
	23	1545	1813	800	760	GB= 85 %	0,95
	26	1415	1834	820	1069	GB=100 %	1,30
	27	12000	1702	690	486	S= 78 %	0,70
3	2980	1440	440	606	PSAS= 70 %	1,38	
45	8620	1544	530	621	PSC= 90 %	1,17	
48	15630	1696	680	625	gr.= 84 %	0,92	
50	1950	1964	930	950	gr.=100 %	1,02	
52	3910	1848	730	694	gr.=100 %	0,95	
54	4920	1611	600	725	gr.= 50 % ; PSAS= 32 %	1,21	
57	3992	1247	270	249	PSC= 63 %	0,92	
69	5800	1795	780	1180	gr.= 55 % ; PSAS= 33 %	1,51	
72	1650	1368	370	483	S =100 %	1,30	

Abréviations: gr = granitoïdes ; GB = grès batékés ; PSC = Précambrien schisto-calcaire
PSAS = Précambrien supérieur argilo-sableux ;
SCA = Sédimentaire côtier argileux ; S = socle non granitique ;
LC = Limons de la cuvette congolaise

Il est satisfaisant de constater que la restitution de l'eau, donc le coefficient d'infiltration est plus grand dans les grès que dans les granites alors que les valeurs de ce coefficient sont plus dispersées en terrains variés, tout en restant comprises entre 0,70 et 1,38.

Malgré ces remarques mineures, on a, en définitive, assimilé Rre à Pf sur la carte.

Les courbes d'isovaleurs des précipitations efficaces ont été tracées à partir des 123 données sur Pf des tableaux 6 et 7, en s'inspirant, comme pour les pluies, d'une certaine relation entre Pf et l'hypsométrie. Ces sept courbes de Pf = 2 000, 1 500, 1 250, 1 000, 750, 500 et 250 mm séparent les huit plages de Pf = Rre ci-après :

Rre > 2 000 mm ou supérieures à 2 000 000 m³/km² et par an
1 500 < Rre < 2 000 mm ou comprises entre 1 500 000 et 2 000 000 m³/km² et par an
1 250 < Rre < 1 500 mm ou comprises entre 1 250 000 et 1 500 000 m³/km² et par an
1 000 < Rre < 1 250 mm ou comprises entre 1 000 000 et 1 250 000 m³/km² et par an
750 < Rre < 1 000 mm ou comprises entre 750 000 et 1 000 000 m³/km² et par an
500 < Rre < 750 mm ou comprises entre 500 000 et 750 000 m³/km² et par an
250 < Rre < 500 mm ou comprises entre 250 000 et 500 000 m³/km² et par an
Rre < 250 mm ou inférieures à 250 000 m³/km² et par an

Ces huit plages sont exprimées, en valeurs décroissantes, par la teinte orangée de plus en plus atténuée et, au-dessous de 1 000 mm par la teinte jaune.

2.4 - FIGURES LITHOSTRATIGRAPHIQUES

2.4.1 - CHOIX DES FIGURES ET ORIGINE

Les figurés lithologiques visent à faire ressortir l'aptitude des terrains à emmagasiner l'eau ou à céder celle-ci aux puits et forages qui les recoupent. Les trames pointillées des sables et grès, les moellons des calcaires et dolomies sont universellement adoptés et donc bien connus ; les roches qu'ils évoquent constituent habituellement de bons réservoirs aquifères grâce aux vides intergranulaires et aux cavités de dissolution. Au contraire, les hachures des roches argileuses rappellent tout naturellement les terrains peu ou pas perméables de faible intérêt hydrogéologique.

L'échelle des figurés indiqués en légende est également stratigraphique, ce qui permet une référence facile aux cartes géologiques de synthèse consultées pour en établir le choix. Ces cartes de référence sont au nombre de trois :

- la carte géologique de la République Gabonaise, à 1/1 000 000, de H. HUDELEY et Y. BELMONTE (RB 34)
- la carte géologique de la République du Congo, à 1/500 000, de P. PADET (RB 22)
- la carte géologique de l'Afrique équatoriale française, à 1/2 000 000, de G. GERARD (RB 31) utilisée en particulier pour compléter la précédente au Nord et à l'Est du Congo.

2.4.2 - DIFFERENCIATION EN AQUIFERES DISCONTINUS ET GENERALISES

La "colonne" des symboles lithologiques de la légende sépare dix figurés, intéressant l'ensemble des deux pays, de trois autres, qui concernent les terrains continentaux de la Cuvette Congolaise et des Plateaux Batékés ; schématiquement, ces formations continentales sont contemporaines des sédiments secondaires, tertiaires et quaternaires du bassin côtier atlantique.

Par comparaison avec les cartes géologiques d'origine, on notera l'importance relativement réduite accordée ici aux terrains du Précambrien inférieur et moyen regroupés sous deux figurés seulement. Malgré la longue période qu'ils représentent, malgré leur diversification en une multitude de roches, qui affleurent sur 240 000 km², c'est-à-dire sur 40 % de la surface étudiée, ces formations imperméables en profondeur pour la plupart, constituent des **aquifères discontinus**.

Au Précambrien inférieur, les granites prédominent ; les migmatites, les gneiss, les gabbros et les amphibolites qui les accompagnent, sont également des roches cristallines dans lesquelles les réservoirs aquifères sont limités aux zones altérées et fracturées proches de la surface du sol.

Au Précambrien moyen, les schistes et les pélites ont également une perméabilité réduite due aux fissures de leur tranche superficielle. En revanche, il existe des couches gréseuses assez étendues dans lesquelles les aquifères auront davantage de continuité si la silicification intergranulaire ne s'y oppose pas.

Par opposition à ces formations très anciennes, on peut considérer que les terrains du Précambrien supérieur et ceux qui se sont déposés ensuite comportent de nombreux horizons assimilables à des **aquifères généralisés**.

Il faut exclure des ensembles favorables les séries où les argiles, les marnes et les schistes imperméables prédominent, en particulier : la série du Stanley Pool, les séries du bassin atlantique déposées du Paléocène au Miocène moyen, et du Néocomien à l'Aptien supérieur, ces dernières étant par ailleurs très riches en évaporites (anhydrite et sel gemme).

A l'opposé, une analyse détaillée permettra le repérage d'aquifères spécialement intéressants dans les sables, les grès et les calcaires du Précambrien supérieur, du Crétacé supérieur, du Miocène supérieur à Pliocène et dans la série des Plateaux Batékés.

La reconnaissance de ces vastes aquifères est insuffisamment développée jusqu'ici pour disposer d'informations sur :

- leur nature et leur géométrie
- leur perméabilité ou transmissivité et leur coefficient d'emmagasinement
- la productivité des forages et les prix de revient pour les exécuter et les exploiter

Ces lacunes expliquent que la cartographie de la productivité des aquifères et du coût de l'eau ne soit pas actuellement réalisable.

2.5 - RESERVES EXPLOITABLES DES AQUIFERES GENERALISES

Les réserves exploitables (Rex) d'un aquifère correspondent au volume d'eau que l'on peut y prélever dans des conditions économiques réalistes ; elles dépendent :

- du coefficient d'emmagasinement (S) du terrain
- du rabattement admissible (Da).

Dans plusieurs pays d'Afrique, les réserves exploitables des aquifères généralisés ont pu être évaluées parce qu'un minimum d'informations sur la géométrie et les principales caractéristiques des réservoirs étaient disponibles pour estimer les valeurs de S et de Da en différents points ; on en tirait Rex en m³/km²

Les notions de "conditions économiques réalistes" et de rabattement "admissible" étaient explicitées par le choix de limites conventionnelles relatives à :

- la profondeur maximale des forages et à leur équipement
- la hauteur maximale de relevage de l'eau en fonction de la topographie, de la puissance de l'aquifère, du risque d'invasion par l'eau salée à proximité du littoral.

Au Gabon et au Congo, où les informations sont actuellement insuffisantes, on a dû se contenter d'une esquisse imprécise des réserves exploitables présentée sur le cartouche C1.

Cette esquisse sépare, en premier lieu, les régions couvertes par les aquifères discontinus des terrains anciens, qui sont laissées en blanc, des régions concernées par les aquifères généralisés.

Sur celles-ci, à défaut d'un calcul de Rex en volume par unité de surface (m^3/km^2) on a estimé qualitativement que :

- 1 - **Rex sont moyennes à élevées** dans les séries détritiques du bassin côtier du Congo et dans les sables et grès constituant la base du bassin côtier atlantique au Gabon.
- 2 - **Rex sont moyennes** dans les sables, grès et calcaires du Crétacé supérieur post-salifère et dans les calcaires et dolomies de la partie moyenne du Précambrien supérieur.
- 3 - **Rex sont faibles à moyennes** dans les alluvions de la Cuvette Congolaise, dans les grès des Plateaux Batékés, et dans les couches gréseuses et conglomératiques du sommet et de la base du Précambrien supérieur
- 4 - **Rex sont faibles** dans les séries à prédominance argileuse du Paléocène à Miocène moyen et de la base du Crétacé.

Ces qualificatifs nuancés doivent être considérés comme des premières indications, qui seront précisées et probablement modifiées dans le futur, à partir des résultats obtenus sur les forages d'eau, mais en tenant compte également des leviers géologiques détaillés et des renseignements fournis par les campagnes géophysiques et par les forages pétroliers ou miniers.

2.6 - LES OUVRAGES DE REFERENCE

L'alimentation en eau des agglomérations était faite jusqu'ici à partir de prélèvements dans des rivières ou des lacs dans une très forte proportion.

La recherche et le captage d'eau souterraine par puits et forages concernent seulement quelques villes ; parmi les plus importantes, citons : Libreville et Port Gentil au Gabon, Pointe Noire au Congo. Encore faut-il préciser qu'aujourd'hui, seule Pointe Noire s'adresse exclusivement aux eaux souterraines, tandis que Libreville et Port Gentil utilisent principalement de l'eau de rivière.

Depuis 5 à 6 ans, il semble qu'un intérêt croissant se manifeste pour les forages. Grâce à ces travaux, qui se développent particulièrement au Gabon, dans le Cadre du Programme d'Hydraulique Villageoise on peut espérer une nette amélioration des connaissances au cours de la prochaine décennie.

Le progrès, bénéfique pour tous les utilisateurs, sera d'autant plus marqué que les nouveaux ouvrages seront :

- correctement programmés et implantés,
- exécutés dans les règles de l'art à tous les stades : reconnaissance des terrains, équipement, développement, pompages d'essai, caractéristiques physico-chimiques de l'eau,
- supervisés et réorientés si nécessaire en cours d'exécution par un hydrogéologue expérimenté qui fera toutes observations utiles et un compte-rendu d'exécution très complet.

La carte et les cartouches C3 à C5 mentionnent 32 ouvrages, dont 7 pour le Congo et 25 pour le Gabon, accompagnés, si elles sont connues, de quatre caractéristiques principales :

- la profondeur maximale atteinte par le forage au cours de la reconnaissance, profondeur souvent supérieure à celle de l'ouvrage finalement équipé,
- le niveau piézométrique au repos, par rapport au sol,
- le débit spécifique, en $m^3/h/m$, c'est-à-dire le quotient entre le débit le plus représentatif (en m^3/h) et le rabattement (en mètres),

- le résidu sec de l'eau donné par les analyses ou estimé à partir de la conductivité ou de la résistivité de l'eau.

En deuxième partie de cette notice, le lecteur trouvera des tableaux regroupant tous les points d'eau cartographiés avec les caractéristiques que nous avons pu obtenir, et qui sont généralement dispersées dans des rapports ponctuels, parfois anciens ou incomplets.

Les renseignements portés dans ces tableaux sur 16 colonnes sont explicités ci-après :

- **colonne 1** : le numéro de classement chronologique est précédé de la lettre G pour le Gabon, et de la lettre C pour le Congo ;
- **colonne 2** : la désignation de l'ouvrage est conforme à celle du document descriptif consulté ; elle comprend d'abord la localité d'implantation, puis le numéro d'ordre, ou le nom du propriétaire, ou l'affectation de l'ouvrage ;
- **colonnes 3 et 4** : l'année d'exécution et le nom de l'entreprise sont souvent utiles pour éviter la confusion dans une série de forages assez proches ;
- **colonnes 5 à 7** : les coordonnées des points figurés sur la carte principale sont en latitude Nord ou Sud et longitude Est, en degrés, minutes et secondes. Pour ceux des cartouches C3 à C5 il s'agit de coordonnées kilométriques Lambert. L'altitude est donnée en mètres par rapport au niveau de la mer ;
- **colonnes 8 et 9** : la profondeur maximale atteinte par l'outil de sondage et le niveau piézométrique de l'eau au repos sont pris par rapport au niveau du sol ;
- **colonnes 10 et 11** : la longueur des crépines donnée en mètres, peut concerner un seul tronçon ou les longueurs cumulées de plusieurs tronçons séparés par des tubes pleins ; les diamètres en pouces sont approximatifs, l'indication mesure intérieure ou extérieure, étant souvent omise ;
- **colonnes 12 à 14** : le débit indiqué est le seul mentionné sur le document d'origine ou le plus représentatif, s'il en existe plusieurs. Le rabattement correspond au débit qui précède, en principe après un temps de pompage suffisant pour approcher la stabilisation. Le débit spécifique, appelé parfois rendement, conditionne directement la productivité de l'ouvrage liée aussi au rabattement admissible. Il permet une première approche de la transmissivité des aquifères ;

- **colonne 15** : le résidu sec de l'eau, en mg/l est parfois spécifié à l'analyse, sinon il est approché en admettant qu'il équivaut à 80 ou 90 % de la minéralisation totale, c'est-à-dire de la somme des anions et des cations. A défaut d'analyse, il est déduit de la conductivité (C) ou de la résistivité (P) ; en exprimant, à 20° C en ohm x cm et C en microsiemens/cm, le résidu sec, en mg/l sera proche de :

- 850 000/Psi $P < 100$, ou $0,85 \times C$ si $C > 10\ 000$
- 759 000/Psi $100 < P < 1\ 200$, ou $0,759 \times C$ si $830 < C < 10\ 000$
- 716 000/Psi $1\ 200 < P < 3\ 000$, ou $0,716 \times C$ si $330 < C < 830$
- 770 000/Psi $3\ 000 < P < 6\ 000$, ou $0,77 \times C$ si $170 < C < 330$
- 948 000/Psi $6\ 000 < P < 20\ 000$, ou $0,948 \times C$ si $50 < C < 170$
- 1 365 000/Psi $P > 20\ 000$, ou $1,365 \times C$ si $C < 50$

- **colonne 16** : les formations aquifères énumérées à cette colonne montrent que la recherche a été assez éclectique jusque-là, mais encore trop localisée. Des informations complémentaires en deuxième partie de la notice soulignent l'intérêt d'une exploration plus complète et plus étendue.

Bien qu'il ne s'agisse pas d'ouvrages de référence sollicitant les aquifères, le lecteur remarquera les triangles noirs placés près d'un certain nombre d'agglomérations importantes du Gabon, qui situent les stations de pompage en rivière pour l'alimentation en eau potable de ces villes ; ces indications nous ont été fournies obligeamment par la Société d'Energie et d'Eau du Gabon (SEEG).

3 - CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DE L'EAU

3.1 - PRESENTATION ET ORIGINE DES ANALYSES

Le tableau 9 rassemble les résultats de 38 analyses d'eau sur des échantillons provenant de forages, de puits, ou de sources dans 29 cas sur 30 au Gabon et dans 7 cas sur 8 au Congo ; les deux autres analyses ont été faites sur des eaux de rivières.

La numérotation des résultats est subdivisée en deux séries pour chaque pays :

- les premiers numéros, de 1 à 15 pour le Gabon et de 51 à 56 pour le Congo, correspondent à des points d'eau répertoriés avec leurs caractéristiques dans les tableaux de la deuxième partie de la notice

Tableau 9

RESULTATS D' ANALYSES D' EAUX SOUTERRAINES DU GABON ET DU CONGO

(Minéralisations exprimées en mg/l)

PAYS	N° analyse	Point d'eau		Prélèvement mois année	Résistivité à 20° C ohm x cm	pH	T °C	Résidu sec	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO ₄	HCO ₃	NH ₄	NO ₃	NO ₂	PO ₄	SiO ₂	Fe	Mn	F	Terrain aquifère		
		N°	Désignation																							
GABON	1	G 1	Libreville F 1	8 - 1960	2 200	6,60	28,2	264,0	62,4	12,10	18,0	3,80	7,80	18,2	299,0										Grès + calcaire Turonien	
	2	C 2	Libreville F 2	8 - 1960	2 600	6,45	27,2	240,0	52,8	10,20	14,0	3,30	1,40	21,1	244,0										Grès + calcaire Turonien	
	3	C 3	Libreville F 3	8 - 1960	3 200	6,20	27,0	212,0	36,8	11,70	11,5	3,40	5,70	11,5	201,3										Grès + calcaire Turonien	
	4	C 4	Libreville F 4	4 - 1961	1 000	7,38	33,0	612,0	20,0	6,00	175,0	6,50	42,60	173,0	305,0										Grès + calcaire Turonien	
	5	G 5	Libreville F 5	8 - 1961	700	8,10	32,0	912,0	20,8	6,72	210,0	5,30	11,40	255,0	292,8										Grès + calcaire Turonien	
	6	C 6	Libreville F 6	12 - 1961	1 060	7,80	32,5	620,0	6,4	1,00	170,0	3,80	7,10	139,0	317,2										Grès + calcaire Turonien	
	7	C 7	Libreville F 7			8,60		458,0	5,8	0,84	166,0	3,80	2,80	30,0	200,0										Grès + calcaire Turonien	
	8	C 8	Libreville SOBRAGA	12 - 1978		7,80			25,0	12,00	190,0	2,00	17,00	280,0	244,0										Grès + calcaire Turonien	
	9	C 9	Libreville RIVERA	1 - 1978		7,30	28,0		40,0	20,00	70,0	9,00	107,00	tr	244,4		0	0,0	0,0						Grès + calcaire Turonien	
	10	G10	Ntoum-SATEC	6 - 1978		6,40			11,0	2,00	5,0	1,00	30,00	0,0	6,1		0	0,0	0,0						Grès + calcaire Turonien Madiéla gréseux	
	11	G17	Lekoni (NKOO)	11 - 1978		5,90		41,0	< 0,2	< 0,10	0,6	0,10	1,00	2,0	3,0			1,0			15	0,38			Grès Batékés	
	12	G19	Ndouaniang	10 - 1977	10 766	6,00	27,0	≈ 70,0	4,0	2,00	3,0	1,00	4,30	tr	21,4										Sables Ndombo	
	13	G20	Mebe	10 - 1977	3 261	6,50	27,1	≈ 210,0	20,0	10,00	13,0	4,00	4,00	tr	146,4										Sables de Gambe	
	14	G22	Port-Gentil F 6m			5,50		50,0	8,8	1,00	6,0	1,00	9,60	8,5	12,0										Sables quaternaires	
	15	G23	Port-Gentil F 30m			6,70		260,0	56,0	5,50	24,0	3,00	17,00	8,4	111,0										Sables quaternaires	
	21		Libreville F 9			8,20	28,0	270,0	50,4	16,00	20,0	4,10	9,20	0,0	294,0										Grès + calcaire Turonien	
	22		Fougamou	6 - 1979		6,00			2,0	0,50	6,0	5,00	5,00	0,0	22,4				0,0	0,00					Granite Précambrien	
	23		Fougamou (puits TP)	6 - 1978		6,40			16,0	2,00	6,0	1,00	38,00	0,0	12,2				0,0						Granite Précambrien	
	24		Ntoum (Cimenterie S1)	6 - 1976					80,0	6,50	20,0	2,50	10,00	4,0	256,0										Madiéla calcaire	
	25		ERA-puits	11 - 1977		6,00	27,5		15,0	1,00	4,3	1,40	5,00	0,0	48,8										Madiéla calcaire	
	26		Hôtel Interc ^{al} Libreville	10 - 1975		8,10			19,2	5,30	146,0	4,00	21,30	142,0	207,4										Grès Batékés	
	27		Lekoni-Source	8 - 1976		5,10	26,5	≈ 10,0	0,8	0,07	1,0	0,50	1,00	0,0	6,1			0,0	0,00		tr	0,35			Précambrien moyen	
	28		Booue-Source	3 - 1979		4,70			1,0	0,40	2,0	0,50	7,20	0,0	tr							0,10			Grès précambrien moyen	
	29		Moanda-Source	5 - 1976		7,60			39,0	0,30	2,0	0,70	5,00	3,0	110,0	tr	tr	tr			tr	tr			Grès précambrien moyen	
	30		GOW [®] Avorombahe S ^{co}	7 - 1976		7,90	25,0		68,5	6,30	10,0	2,00	17,00	tr	232,0										Grès précambrien moyen	
	31		Tchibanga Source	2 - 1979		7,40			30,0	20,00	4,0	4,00	6,00	0,0	207,0				0,0	0,00		0	0,30		Calcaire Précambrien supérieur	
	32		Lekoni Source n° 1	3 - 1976		4,70	26,8	11,3	0,4	tr	0,9	8,70	1,00	0,0	6,1				0,0	0,00		0	0,30		Grès Batékés	
	33		Makokou S ^{co} CNRS	2 - 1977		5,60			2,0	tr	2,0	0,60	1,00	tr	12,2				0,0	0,00		0,10			Granite Précambrien inférieur	
	34		Mounana Source	12 - 1978		6,70	29,5		18,0	11,00	15,0	4,00	14,00	tr	170,8							0,60			Grès Précambrien moyen	
	35		Ntoum - Barrage SATEC	10 - 1979		6,90	28,0		20,0	18,00	40,0	2,00	35,00	0,0	183,0				0,0	tr		2,10			Grès Précambrien moyen (eau de surface)	
	CONGO	51	C 1	Pointe Noire F 1	5 - 1959		7,20	27,5	212,0	44,4	19,50	1,5	5,50	6,40	7,2	224,5		0	0,0						Sables et grès Crétacé supérieur	
		52	C 2	Pointe Noire F 2		3 100	29,5		236,0	35,2	28,10			7,10	3,9	225,7										Sables et grès Crétacé supérieur
		53	C 3	Pointe Noire F 3	5 - 1960		7,00	29,0	180,0	30,4	19,70	2,5	3,80	9,20	50,0	176,9					0,00			1,00		Sables et grès Crétacé supérieur
		54	C 4	Pointe Noire Kg 1	12 - 1969	3 292			212,0	34,8	23,80	2,0	0,05	4,00	10,0	207,4		0	1,1	0	0,11	23				Sables et grès Crétacé supérieur
		55	C 5	Pointe Noire Kg 2	9 - 1970	2 413			312,0	37,4	21,20	34,0	6,00	50,00	10,5	207,4		tr	0,0	0	0,00	22	0,18	0,17		Sables et grès Crétacé supérieur
56		C 6	Loudima	4 - 1961		7,80		496,0	54,5	27,00	3,5	2,00	2,13	38,4	280,0										0,3	Schisto-calcaire Précambrien sup ^r
71			Loudima S ^{co} CGOT	4 - 1961		7,70		372,0	73,6	28,80	2,7	2,20	2,13	24,0	372,0										0,3	Schisto-calcaire Précambrien sup ^r
72		Loudima Rivière	4 - 1961		7,80		148,0	24,0	9,60	3,1	1,10	2,13	19,2	106,0										0,2	(eau de rivière)	
73		Oniava Source	8 - 1978		5,50			12,0	4,00			3,00		12,0											Grès Batékés	

▼ Echantillon d'eau prélevé sur le sondage S 1 pour la reconnaissance d'un gisement de calcaire pour la cimenterie de NTOUM.

■ Eau de distribution, rééquilibrée chimiquement 7

- à partir du n° 21 pour le Gabon, et du n° 71 pour le Congo, les points de prélèvement ne figurent pas sur les tableaux des ouvrages de référence, mais ils sont néanmoins identifiables pour la plupart.

Ces analyses, qui s'étalent sur une vingtaine d'années ont été faites par divers laboratoires à Brazzaville, Libreville, Dakar ou en France. Certaines d'entre elles sont incomplètes et la lecture des rapports de fin de travaux montrent que la salinité de l'eau peut évoluer en fonction du temps de pompage qui a précédé le prélèvement.

Malgré de telles lacunes, qui sont fréquentes sur des séries d'analyses, ces résultats apportent d'utiles renseignements.

3.2 - COMMENTAIRES DES RESULTATS D'ANALYSES

Près du tiers des analyses, soit 12 sur 38, ont une minéralisation totale très faible, c'est-à-dire inférieure à 100 mg/l.

Parmi ces échantillons :

- 4 proviennent d'eaux issues des Grès Batékés (n° 11, 27, 32, 73)
- 3 proviennent d'eaux issues du granite Précambrien (n° 22, 23, 33)
- 1 provient des grès du Précambrien moyen (n° 28)
- 3 proviennent des sables de Madiéla, Ndombo, Quaternaire côtier (n° 10, 12, 14)
- l'aquifère sollicité pour le n° 25 est inconnu

A l'opposé, **7 analyses révèlent une minéralisation moyenne de 350 à 900 mg/l ;** il s'agit des analyses n° 4 à 8 sur l'eau de 5 forages profonds de Libreville et des n° 56 et 71 sur l'eau d'une source et d'un forage à Loudima au Congo.

Les 19 échantillons restants, c'est-à-dire la moitié du total, accusent une minéralisation assez faible.

Les diagrammes logarithmiques des figures 6 à 10 illustrent les compositions minérales les plus typiques.

Sur les figures 6 et 7 concernant l'eau de 10 forages de Libreville, on notera :

- la faible minéralisation de type bicarbonaté-calcique de l'eau des forages peu profonds : F1, F2, F3, F9,
- la minéralisation moyenne de type sulfaté-bicarbonaté-sodique de l'eau des forages les plus profonds : F4, F5, F6, F7 et Sobraga,
- la minéralisation moyenne de type chloruré-sodique du forage RIVERA, où la teneur en bicarbonate reste semblable à celle des 9 autres échantillons, et qui est unique dans ce secteur.

Sur la figure 8, la minéralisation de l'eau dans 5 forages de Pointe-Noire semble augmenter avec la profondeur ; si toutes les eaux ont un faciès bicarbonaté-calco-magnésien, avec de faibles teneurs en Na + K, en Cl et SO₄, on observe une augmentation assez nette des sulfates sur F3 et de Na Cl sur Kg2, les deux forages les plus profonds.

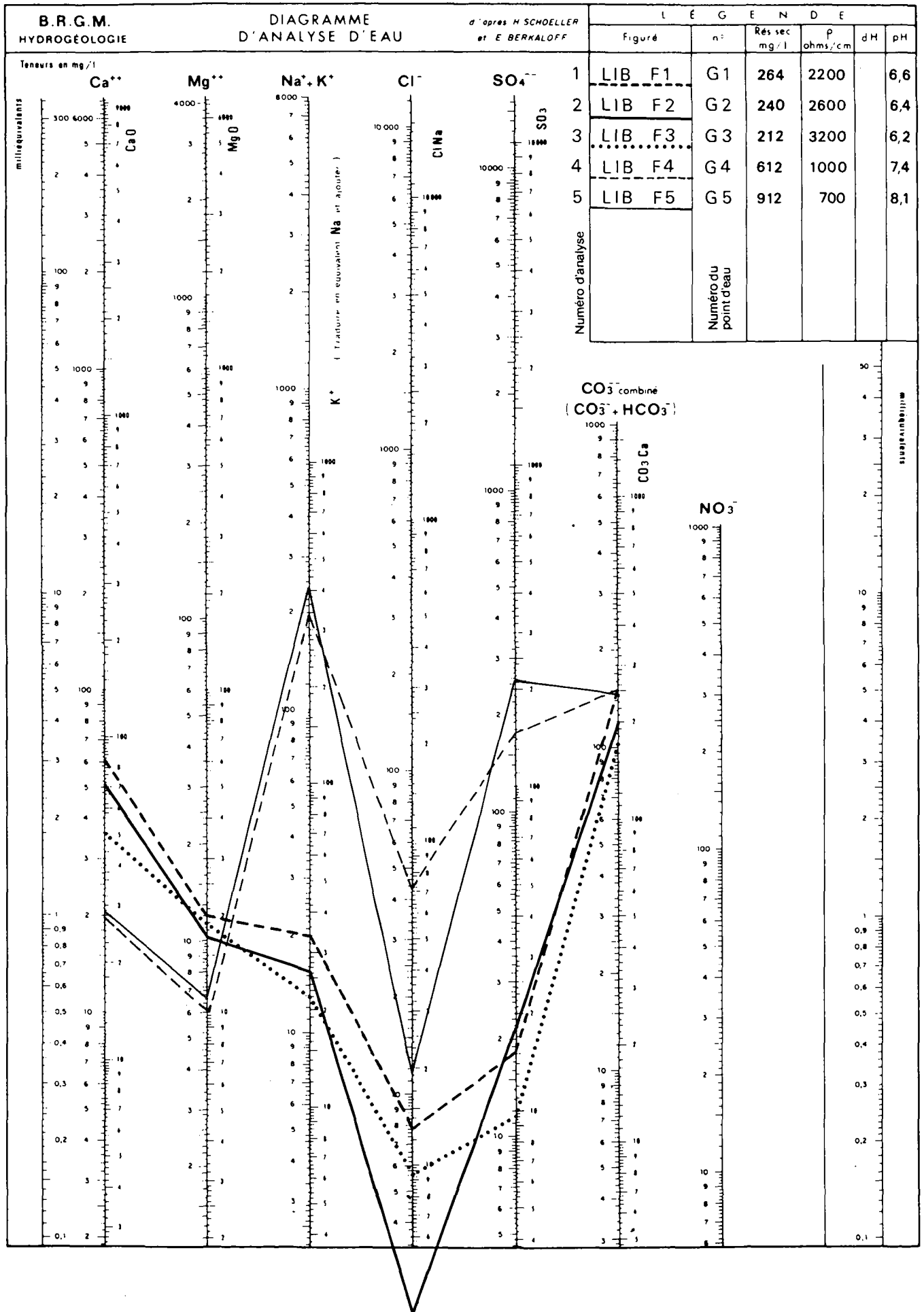
La figure 9 illustre la composition minérale de 4 eaux en provenance des Grès Batékés. La salinité est si faible qu'il a fallu décaler la chiffraison des échelles d'un cycle log vers le haut. L'analyse n° 73 incomplète ne comporte pas le dosage de Na et de Cl, mais dans les trois autres cas, et vraisemblablement sur l'eau du n° 73 également, le faciès est bicarbonaté calcique.

La figure 10, enfin, montre la répartition ionique sur quatre eaux provenant d'aquifères calcaires ; toutes les quatre sont de type bicarbonaté-calco-magnésien, pauvres en chlorures et en sulfates.

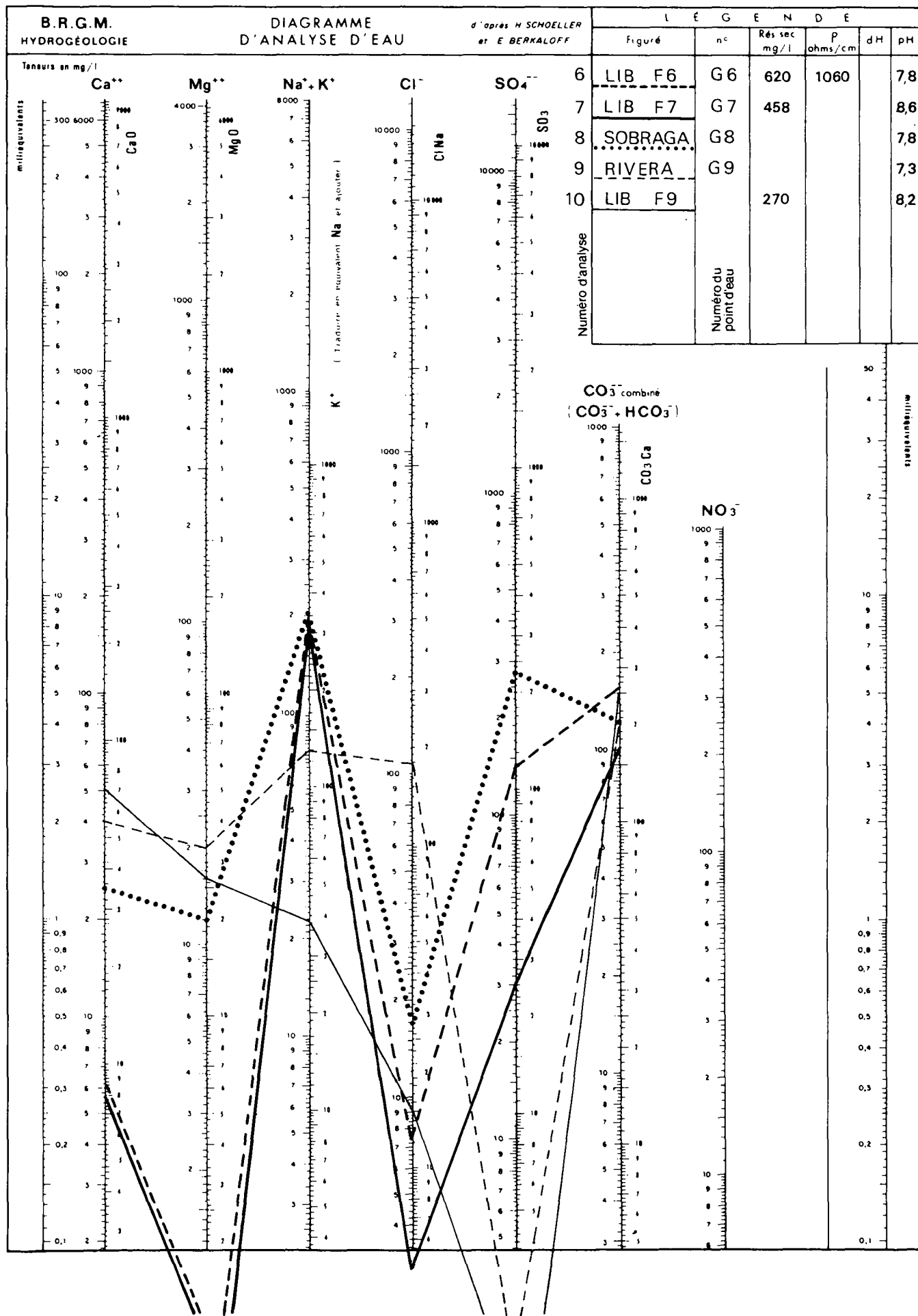
Ces remarques montrent une assez grande diversité de composition des eaux souterraines du Gabon et du Congo. Malgré les qualificatifs utilisés plus haut pour souligner la minéralisation relativement modérée de nombreuses eaux, il faut remarquer, l'eau des Grès Batékés mise à part, que **dans leur très grande majorité ces eaux souterraines sont beaucoup plus riches en sels que les eaux de surface couramment utilisées.**

Dans un rapport d'inventaire hydraulique des zones rurales sur six provinces du Gabon (RB40 et 53), l'auteur esquisse les variations de résistivité de l'eau des rivières. Ces résistivités s'étalent entre 3 000 et 185 000 ohms.cm à 25°C. Les valeurs les plus faibles,

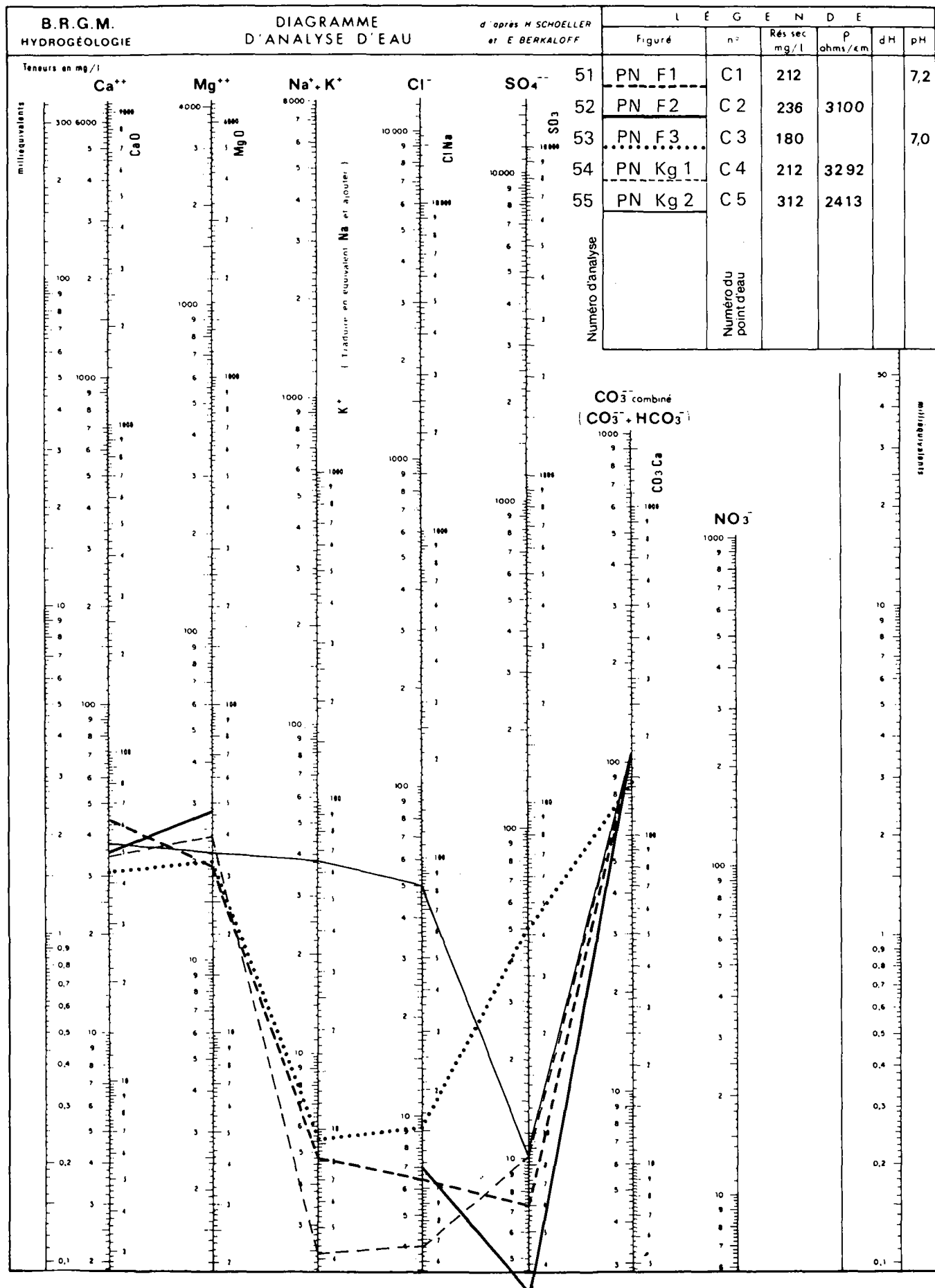
Diagrammes d'analyses d'eaux du Gabon : Forages de Libreville



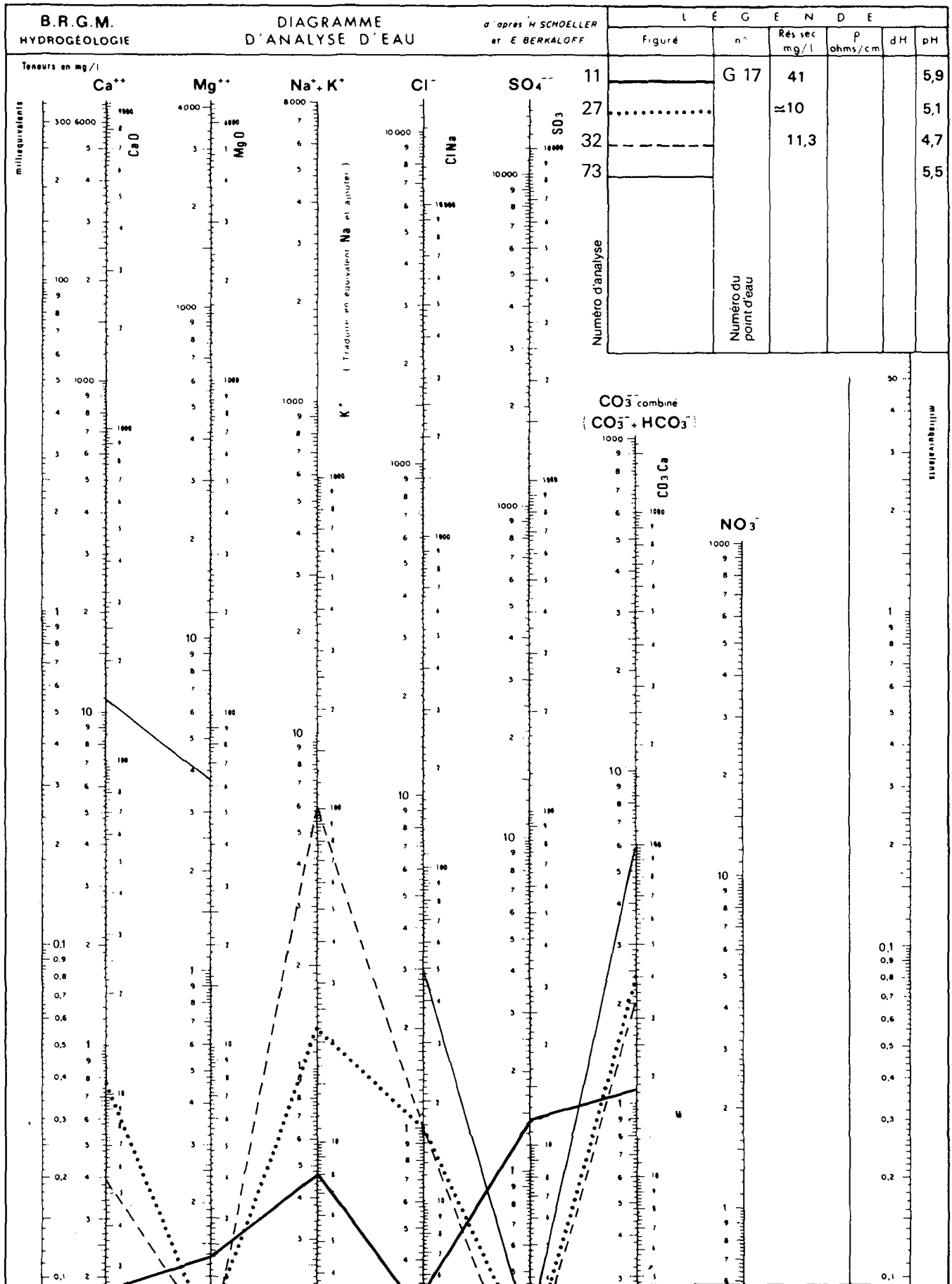
Diagrammes d'analyses d'eaux du Gabon : Forages de Libreville



Diagrammes d'analyses d'eaux du Congo : Forages de Pointe-Noire

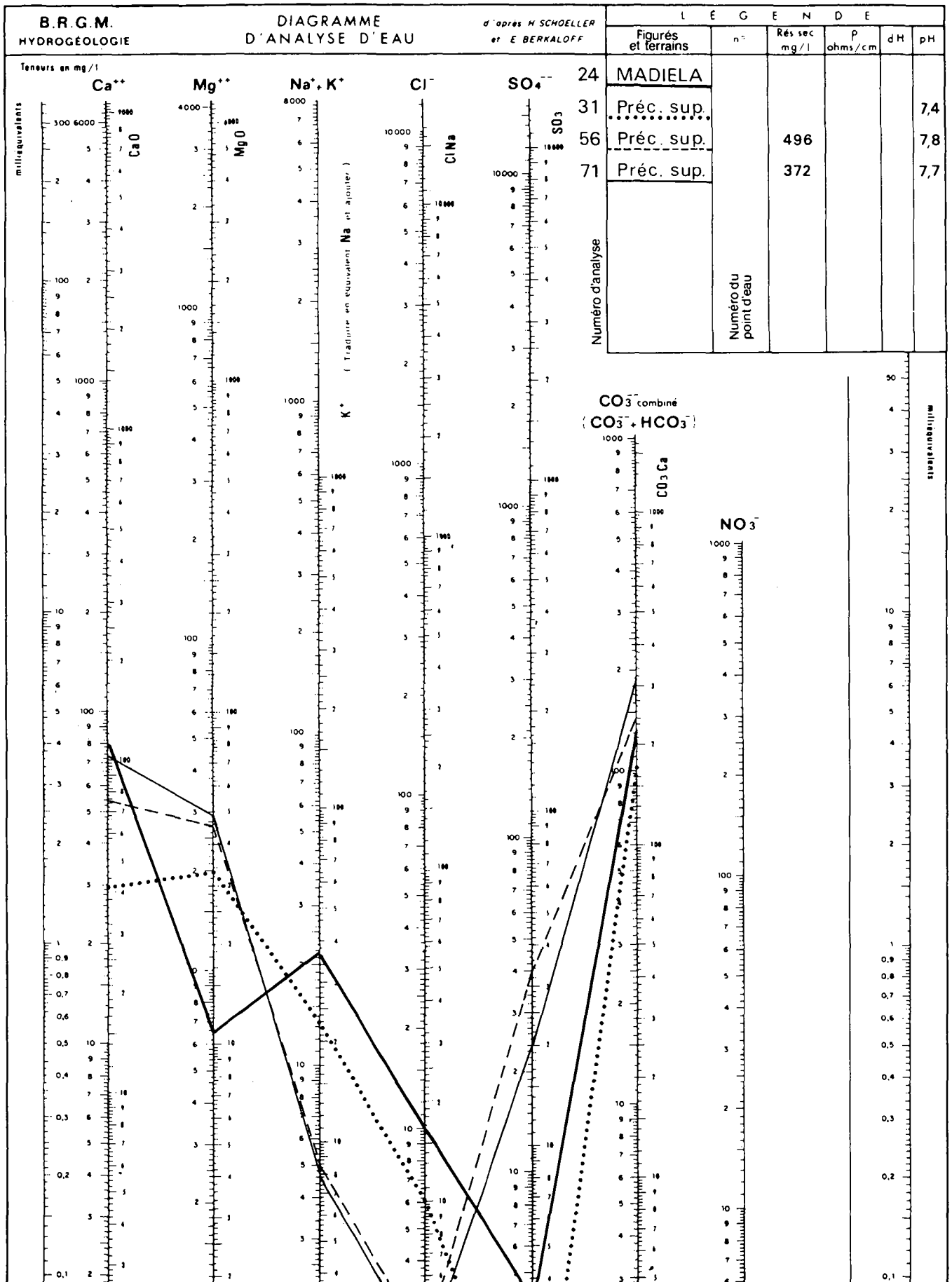


Diagrammes d'analyses d'eaux du Gabon et du Congo : Grès Batékés



NOTA : Chiffraison des échelles décalées d'un cycle log vers le haut

Diagrammes d'analyses d'eaux du Gabon et du Congo :
eaux des calcaires de Madiéla et du Précambrien supérieur



soit 3 000 à 10 000 ohms°cm, se situent toutes dans les rivières qui traversent les horizons calcaires du Précambrien supérieur ; à l'opposé, on rencontre des valeurs de 20 000 à 100 000 ohms°cm sur une grande partie du pays, où les rivières circulent sur des terrains siliceux fournis par les granites, les schistes et les grès.

4 - UTILISATION DE LA CARTE ET CONCLUSIONS

D'après les explications et descriptions qui précèdent, le lecteur sait ce qu'il peut attendre de cette carte.

Les informations générales sur les eaux superficielles et souterraines regroupées dans ce document ont une précision variable selon l'abondance et l'exactitude des données de base utilisées. Pour l'avenir, il est donc important :

- d'assurer aux techniciens qualifiés les moyens nécessaires pour effectuer les observations climatologiques, hydrologiques, celles des débits d'exploitation des points d'eau, etc... ;
- de prévoir l'archivage des levés et études géologiques réalisés pour la recherche scientifique ou pour la prospection des matériaux et produits du sou-sol ;
- de recueillir le maximum d'observations pendant la réalisation des ouvrages souterrains : puits, galeries, sondages, etc...; les forages d'eau, en particulier, doivent être programmés, exécutés et surveillés correctement surtout au stade du développement et des pompages d'essai ;
- de rédiger des rapports complets illustrés de cartes, coupes et figures pour rendre compte des résultats obtenus à l'occasion de ces études et travaux et d'en assurer une diffusion très large.

Pour répondre au titre de l'étude, l'importance des ressources en eau apparaît clairement à l'examen du réseau hydrographique, qui traduit pourtant le minimum annuel de l'écoulement. La richesse en eau de ces deux pays équatoriaux, renouvelée chaque année par les précipitations abondantes, représente un grand potentiel d'énergie hydro-électrique et de vastes possibilités de développement industriel et agricole.

Le calcul des ressources renouvelables (Rre), exposé en détail en deuxième partie de la notice, montre que sur les 610 000 km² de superficies cumulées des deux pays,

$$\text{Rre} = 415 \text{ milliards de m}^3$$

L'exploitation des eaux souterraines, dont les qualités physico-chimiques et bactériologiques sont très généralement supérieures à celles des eaux superficielles, pourra donc se développer pendant de nombreuses décennies sans crainte d'entamer trop les réserves, qui seront largement renouvelées par cet énorme apport annuel.

BIBLIOGRAPHIE - OUVRAGES GENERAUX

(référéncée à partir de 1)

- 1 - **AIME I., ROCHE M., RODIER J. (1960)** : Monographie hydrologique du Kouilou - Rapport ORSTOM - Janvier 1960
- 2 - **ALBINET M. et CASTANY G. (1972)** : Evaluation rapide et cartographie des ressources en eaux souterraines d'une grande région (application au Vénézuéla) - Bulletin BRGM 1972. Section III, n° 2
- 3 - **BAUMGARTNER A., REICHEL T. (1973)** : Carte des pluies efficaces de l'Afrique 1/30 000 000 - Extrait de : The world water balance. Ed. Elsevier
- 4 - **BERNARD A., MOUTON J. (1980)** : Les recherches d'eau dans le socle Africain. Apport de la géophysique - Bull. du BRGM. Section III, n° 4 1980-81
- 5 - **BILLON B., CHAPERON P., HIEZ G., TOUCHEBOEUF P. (1965)** : Hydrologie du bassin supérieur du Niari (en amont de Loudima) - Rapport ORSTOM - Section hydrologique - Centre de Brazzaville
- 6 - **BISCALDI R. (1967)** : Etude statistique des forages et carte hydrogéologique des régions à substratum éruptif et métamorphique en Afrique occidentale - Rapport BRGM DAK 67 A 14, archives CIEH Ouagadougou.
- 7 - **BOURGEOIS M. (1978)** : Carte de planification des ressources en eau de la Côte d'Ivoire, du Ghana, du Togo et du Bénin - Rapport BRGM, archives CIEH Ouagadougou
- 8 - **BOURGEOIS M. (1980)** : Carte de planification des ressources en eau du Cameroun - Carte en 3 feuilles avec notice explicative - Rapport BRGM 80 AGE 007 -Archives CIEH Ouagadougou
- 9 - **BOURGEOIS M. (1980)** : Cartes de planification des ressources en eau de Côte d'Ivoire, du Ghana, du Togo, du Bénin et du Cameroun - Bull. BRGM. Section III, n° 4 1980-81
- 10 - **BOURGUET L., CAMERLO J., FAHY JC., VAILLEUX Y. (1980)** : Méthodologie de la recherche hydrogéologique en zone de socle cristallin - Bull. BRGM. Section III, n°4 1980-81

- 11 - **BREMOND R. (1964)** : Alimentation en eau de Libreville (Janvier 1964) - Rapport CIEH
- 12 - **BREMOND R. (1965)** : Alimentation en eau de Libreville - Situation au 15 Janvier 1965 - Rapport CIEH du 28 Janvier 1965
- 13 - **BRGM (1968)** : Hydrogéologie des roches éruptives et métamorphiques en zones tropicales et arides. Huit notes consacrées à ce thème sont rédigées par R. BISCALDI (3 notes), J. FORKASIEWICZ et J. MARGAT, B. GEORGE, F. LELONG et J. LEMOINE, H. PLOTE, E.F. SUSZCZYNSKI. Bull. BRGM 2ème série, section III, n°2 et 3 - 1968
- 14 - **BRGM (1975)** : Carte de planification pour l'exploitation des eaux souterraines de l'Afrique sahélienne : Productivité des nappes - Coût moyen de captage et d'exploitation de l'eau souterraine. Aptitude des eaux à l'irrigation - Fonds d'Aide et Coopération - 1975
- 15 - **CIEH (1976)** : Carte de planification des ressources en eau souterraine des Etats-membres du CIEH de l'Afrique soudano-sahélienne. Rapport BRGM 76 AGE 009. Archives CIEH Ouagadougou
- 16 - **BURGEAP (1972)** : Etude comparative des avantages respectifs des puits et forages dans les régions à substratum cristallin d'Afrique de l'Ouest. Bull. de liaison CIEH n°8 - 1972
- 17 - **CIEH (1979)** : Données pour l'amélioration de l'alimentation en eau sur les plateaux Batékés (Congo - Gabon - Zaïre) - Rapport BURGEAP R 325/E.466/1979 pour le CIEH Ouagadougou
- 18 - **CASTANY G. (1963)** : Traité pratique des eaux souterraines. Ed. Dunod
- 19 - **CASTANY G., DELAROZIERE-BOULLIN O. et MARGAT J. (1973)** : Evaluation et cartographie des ressources en eau souterraine renouvelables. Eléments du bilan de l'eau en France. Rapport BRGM 73 SGN 244 AME.
- 20 - **CASTANY G., MARGAT J., ALBINET M. et DELAROZIERE-BOULLIN O. (1970)** : Evaluation rapides des ressources en eau d'une région. Actes Conv. int. acque sotterane - Palermo
- 21 - **CIEH (1967)** : Etude géochimique des eaux souterraines de l'Afrique de l'Ouest - Rapport BRGM DAK 67 A 12

- 22 - **DADET P. (1969)** : Carte géologique de la République du Congo Brazzaville au 1/500 000 (zone comprise entre les parallèles 2° et 56° Sud) - Mémoire du BRGM n° 70.
- 23 - **DELANY F. (1965)** : Hydrogéologie des régions à substratum schisteux du Ghana, du Nigéria et de Côte d'Ivoire et programme de travaux en Côte d'Ivoire - Rapport BRGM DAK 65 A1
- 24 - **DEGALLIER R. (1966)** : Note sur l'extension du système de captage de Port-Gentil - Rapport du CIEH - Décembre 1966
- 25 - **DERUMAUX, WENGER (1972)** : Coupes structurales et lithofaciès dans le bassin sédimentaire du Gabon - Document ELF - GABON - ERAP - Direction Exploration-Div 1 - Décembre 1972
- 26 - **DUPUY JC (1966)** : Rapport sur l'agressivité des eaux de ruissellement en forêt au Gabon, sur la nappe phréatique de Port Gentil, sur la nappe turonienne de Libreville - Rapport BRGM LIB 66 B5
- 27 - **ELF-CONGO** : Documents géologiques synthétiques d'après des coupes de forages de recherche de pétrole - Direction ELF-CONGO, km4 à Pointe Noire
- 28- **ENGALENC M. (1975)** : Rôle de la fracturation dans la recherche des eaux souterraines dans les granites de l'Afrique occidentale - Bull. du BRGM. Section III, n°4 - 1970.
- 29 - **ENGALENC M. (1980)** : Eléments pour la quantification des ressources hydrauliques dans les roches cristallines - Bull. du BRGM. Section III, n° 4 - 1980-81.
- 30 - **GAFOR** : Coupes géologiques et techniques et comptes-rendus de forages au Gabon -Gabonaise de forages (GAFOR) - Libreville.
- 31 - **GERARD G. (1958)** : Carte géologique de l'Afrique Equatoriale Française au 1/2 000 000 en 4 feuilles. Notice explicative - Dir. Mines et Géol. AEF, Brazzaville.
- 32 - **GUIRAUD F. (1975)** : Eléments pour une orientation nouvelle de la recherche des eaux souterraines dans les régions à substratum métamorphique ou éruptif de l'Afrique occidentale . Bull. de liaison CIEH n°21 Mai 1975

- 33 - **HEUILLON B., DESNEULIN J., OGNAR S., TORTOCHAUX F. (1975)** : Permis minier atlantique - Campagnes 1973-1974. ELF-GABON - Rapport SNPA - Division Mines - Département Opérations
- 34 - **HUDELEY H. et BELMONTE Y. (1970)** : Carte géologique de la République Gabonaise au 1/1 000 000 - Notice explicative - Mémoire BRGM n°7
- 35 - **IDECO (1963)** : Prospection hydroélectrique générale des bassins de l'Ogooué et de la Nyanga - Rapport intérimaire - 2ème campagne d'études 1962 - Rapport EDF/IDECO 1963
- 36 - **LEDOUX E., GOBLET P. (1977)** : Méthodologie d'étude d'un aquifère côtier - Application à la nappe de la Pointe Denis (Gabon) - Rapport LHM/RC/77/31 du Centre Informatique géologique de l'ENSMP
- 37 - **LEMOINE L (1971)** : Etude des problèmes posés par l'exploitation de la nappe aquifère alimentant en eau potable la ville de Port-Gentil (Gabon) - Note CIEH Ouagadougou du 07-06-1974
- 38 - **LEMOINE L. et PRAT J.C. (1972)** : Cartes d'évapotranspiration potentielle calculée d'après la formule de L. Turc pour les pays membres du CIEH Ouagadougou. Neuf fascicules - fascicule n° 5 Togo - Dahomey. Rapp. CIEH
- 39 - **MALICK M. (1959)** : Applications des méthodes de THORNTHWAITE à l'étude agronomique des climats du Gabon - Monographie de la Météo nationale n°16 - Paris Novembre 1959
- 40 - **MANIGAULT B., MARTIN G., et SCHNEIDER J.L. (1977)** : Programme d'Hydraulique villageoise - Alimentation en eau potable des zones rurales gabonaises - Etude d'inventaire : provinces de l'Estuaire, du Haut Ogooué et du Woleu Ntem (Novembre 1976 - Février 1977) - Rapport BRGM 77 AGE 010
- 41 - **LE MARECHAL A. (1966)** : Contribution à l'étude des Plateaux Batékés - Géologie , Géomorphologie, Hydrogéologie - Rapport ORSTOM - Avril 1966
- 42 - **MARGAT J. Trad. (1973)** : Variantes dans les conceptions de ressources exploitables. Rapport BRGM inédit 73 SGN 290 AME. Trad. de : Alternative yield concepts in : Ground water management. American society of civil engineering (ASCE). Manuals and report on engineering practice, n° 40, chap.III

- 43 - **MDPA (1961 - 1963)** : Coupes de 44 sondages de recherche de potasse dans le bassin côtier du Congo - Rapport pour le syndicat de recherche de potasse au Congo.
- 44 - **ORSTOM** : Annuaire hydrologiques de la République Gabonaise - Années 1964-65 à 1973-74 : 10 volumes ORSTOM - Centre de Libreville
- 45 - **ORSTOM (1974)** : Annales hydrologiques de l'ORSTOM - Années 1968 et 1969
- 46 - **ORSTOM** : Annuaire hydrologiques de la République Populaire du Congo - années 1968 à 1979 - 9 volumes ORSTOM - Centre de Brazzaville
- 47 - **ORSTOM (1979)** : République du Gabon - Précipitations journalières de l'origine des stations à 1965 - Publication CIEH Ouagadougou 1979.
- 48 - **POURRUT P., RODIER J.A. (1967)** : Etude de l'alimentation des nappes souterraines sur bassins représentatifs. Derniers renseignements méthodologiques des campagnes hydrologiques de l'ORSTOM - Cahiers ORSTOM, série HYDROL, vol. IV n°4 - 1957.
- 49 - **RAMBERT B. (1971 - 1972)** : Application de l'analyse des hydrogrammes des cours d'eau à l'évaluation de l'écoulement souterrain. Deux rapports BRGM 71 SGN 389 HYD et 72 SGN 371 AME.
- 50 - **RAMBERT B. (1973)** : Recherches sur la signification hydrogéologique de la densité de drainage. Application à la détermination et à la cartographie de l'écoulement souterrain. Rapport BRGM 73 SGN 422 AME.
- 51 - **RAMPON G. (1973)** : Calcul automatique des "bilans d'eau" décennaires et annuels par la méthode de Turc. Variations du "solde de la pluie efficace" - Rapport BRGM 73 SGN 373 AME.
- 52 - **SASIF** : Coupes géologiques et techniques et compte-rendus de travaux de forages au Congo et au Gabon - Société Africaine de Sondages, Injections Forages - BP 900 Dakar.
- 53 - **SCHNEIDER J.L. (1977)** : Programme d'Hydraulique villageoise - Alimentation en eau potable des zones rurales gabonaises. Volume 2 - Recherche et valorisation des eaux souterraines - Rapport BRGM 77 AGE 025

- 54 - **SEURECA (1968)** : Ville de Port Gentil (Gabon) - Alimentation en eau potable - Avant-projet comparatif - Mémoire explicatif - SEURECA 91 avenue Kléber PARIS XVI - Rapport du 16 Octobre 1968
- 55 - **VENNETIER P. (1966)** : Géographie du Congo Brazzaville - Enseignement supérieur - - Ed. Gauthier - Villars - Paris -
- 56 - **VINCENT P.L. (1965)** : Formations meubles superficielles au Sud du Congo et du Gabon - Mission 1964 - 1965 - Rapport BRGM BRA 65 A9.

DEUXIEME PARTIE

A) LES RESSOURCES EN EAU DU GABON

B) LES RESSOURCES EN EAU DU CONGO

A) LES RESSOURCES EN EAU DU GABON

1 - CARACTERES GENERAUX DES AQUIFERES

Le Gabon couvre une superficie voisine de 268 000 km² sur lesquels les grands ensembles géologiques se répartissent approximativement comme suit :

1. Bassin côtier atlantique :	50 000 km ²
2. Plateaux Batékés :	12 000 km ²
3. Précambrien supérieur :	29 000 km ²
4. Précambrien moyen :	32 000 km ²
5. Précambrien inférieur :	145 000 km ²

Les aquifères généralisés occupent à peu près le tiers du pays, regroupant la plus grande partie des formations des trois premiers ensembles énumérés ci-dessus.

Sur les **deux autres tiers, les aquifères sont discontinus,** dans les granitoïdes du Précambrien inférieur et dans les roches métamorphisées et schisteuses du Précambrien moyen.

A l'exception des sables des cordons littoraux des collines de Ndambo et des plateaux Batékés, l'ensemble des formations présente des niveaux d'altération superficielle. Leur puissance est variable : elle peut atteindre 30 m sur les séries calcaires mais peut être bien supérieure dans les régions granitiques.

Ces couches latéritiques possèdent souvent des nappes d'eau souterraine, plus ou moins discontinues, dont l'existence est attestée par de nombreuses sources pérennes, mais dont le débit devient souvent minime en saison sèche.

Ces nappes ont une très grande importance économique puisqu'elles sont préférées aux eaux de surface par les populations rurales pour leur alimentation.

Les formations sont l'objet d'un intense lessivage par les eaux de pluie. Il s'en suit que les eaux sont très faiblement minéralisées. On trouvera leurs caractéristiques sur le tableau 9.

En raison de leur teneur souvent élevée en argile, les couches latéritiques sont faiblement perméables. De plus, leur captage donne fréquemment des eaux riches en matières en suspension.

On évite donc d'exploiter ces niveaux au profit des couches saines en raison de leurs caractéristiques plus favorables et de leur faible vulnérabilité aux variations

d'alimentation. La foration dans les roches dures, schisteuses ou granitiques, a été rendue possible par la mise au point des méthodes utilisant le marteau fond-de-trou.

On trouvera ci-dessous l'essentiel des données actuellement disponibles sur chacun des aquifères. Selon le nombre de forages réalisés, les renseignements peuvent présenter un intérêt régional ou au contraire être ponctuels.

Des données beaucoup plus complètes seront observées en 1985 à l'issue de la phase actuelle de 510 forages - répartis sur l'ensemble du territoire - du programme d'hydraulique villageoise.

Une esquisse de classement des formations aquifères du Sud du pays est proposée en figure 11 sur la base des résultats de la première tranche annuelle.

1.1 - AQUIFERES GENERALISES

1.1.1 - LE BASSIN SEDIMENTAIRE COTIER

Le bassin sédimentaire côtier est certainement la zone la mieux reconnue au point de vue géologique, grâce aux travaux des géologues pétroliers notamment.

Le tableau 10 rassemble les données stratigraphiques, c'est à dire, de gauche à droite :

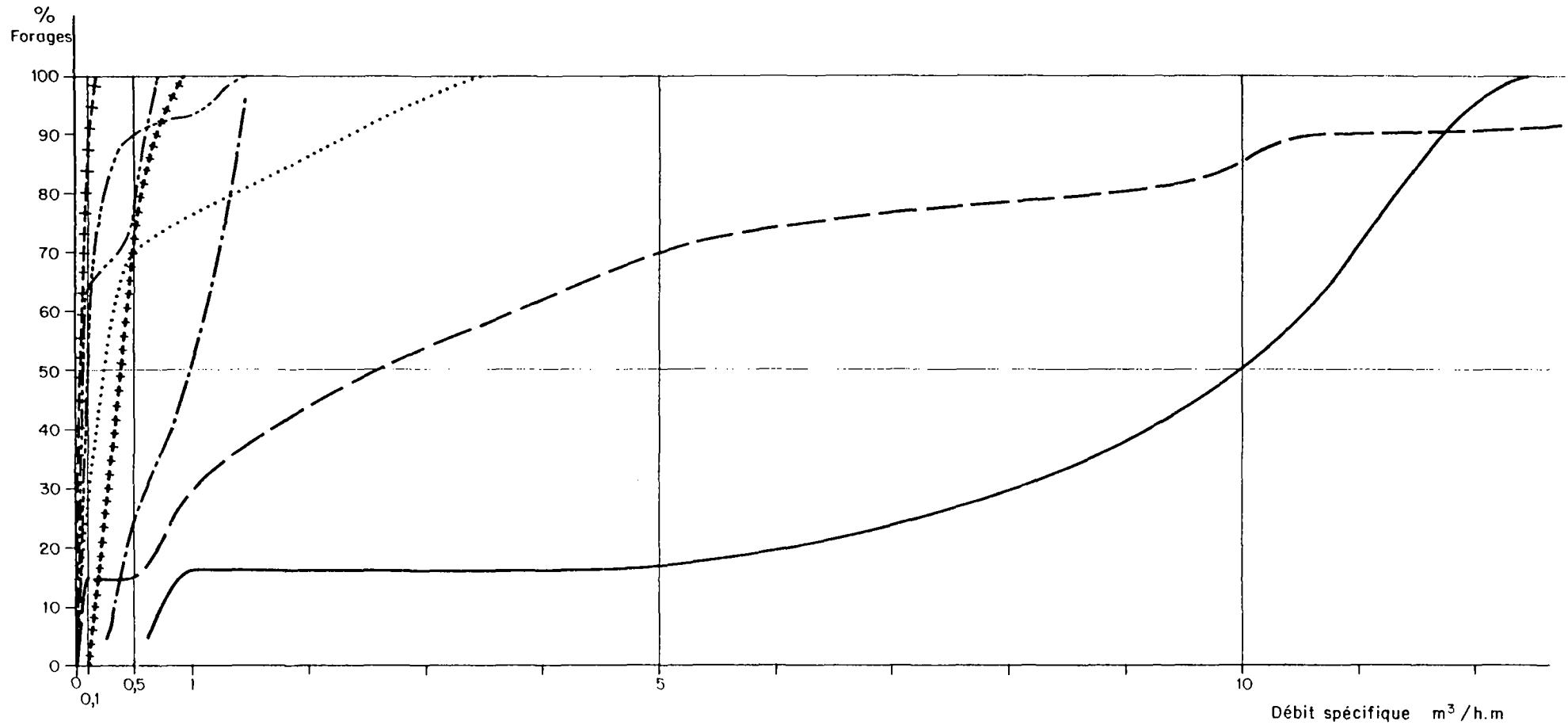
- l'âge des sédiments déposés depuis le Permien jusqu'à nos jours,
- la nature des sédiments et leur subdivision en quatre grands ensembles,
- la description lithostratigraphique, extraite de la légende de la carte géologique du Gabon à 1/1 000 000 (RB 34)*, à laquelle nous avons ajouté l'épaisseur des séries donnée par les auteurs dans leur notice,
- l'appellation donnée aux diverses formations par les géologues pétroliers d'Elf-Gabon (RB 25) et les symboles correspondants utilisés en particulier dans les profils (voir la figure 12).

* Voir Bibliographie, référence n° 34

Tableau 10 Bassin sédimentaire côtier du GABON : DONNÉES STRATIGRAPHIQUES

AGE	ENSEMBLES	Description lithostratigraphique de la légende de la carte géologique du GABON à 1/1 000 000	Appellations et symboles des géologues pétroliers		
QUATÉRIENNAIRE		SÉRIES POST-SALIFÈRES (Aptien Supérieur à Post-Miocène)	AK Akosso		
		Série des Cirques (Pliocène) 100 à 200 m			
TERTIAIRE	POST-SALIFÈRE	p Grès argileux, graviers, sables arkosiques, argiles, sables éoliens.			
		Série d'Aléwana (Miocène) 500 à 1 200 m			
		Formation de Tchengué : sables et argiles.	TC N Tchengué		
		m Formation de M'Béga : argiles à intercalations calcaires ou dolomitiques purs sables.	MB M'Béga		
		Formation de Mandorové : argiles silteuses à intercalations dolomitiques sables et argiles à intercalations de grès carbonatés, parfois conglomératiques	MD Mandorové		
		Lacune de l'Oligocène			
		Série de Mandji (Paléocène à Eocène) faciès argileux 500 m			
		e Eocène Formation de N'Gola Formation d'Animba Formation d'Ozouri	An Animba OZ2 Ozouri (Eocene)		
		Pa Paléocène Formation d'Ozouri Formation d'Ikando	OZ1 Ozouri (Paleocene) IK2 Ikando IK1 Ikando basai (ou Oguendjo)		
		CRETACE	SALIFÈRE	SeMae Série de Komandji et série de Pointe Clairette - Port-Gentil (Sénonien à Maestrichtien) Série des Cirques ? 250 à 1 000 m	EW2 Ewongue argileux EW1 Ewongue gréseux (Batanga) CL Pointe Clairette
Tu Série de Sibang et série d'Azilé (Turonien) 500 à 650 m	AL2 Anguille 2 ^{ème} cycle AL1 Anguille 1 ^{er} cycle AZ Azile				
Cen Série rouge et série du Cap Lopez (Cénomanién) 400 à 1 000 m Faciès détritiques dominants couleur rouge	LO2 Cap Lopez supérieur LO1 Cap Lopez inférieur				
Ma Série de Madiela (Aptien supérieur à Albien supérieur) Série carbonatée 750 à 850 m	MA3 Madiela supérieur MA2 Madiela moyen MA1 Madiela inférieur				
SÉRIE DES ÉVAPORITES (Aptien supérieur) observée en sondages Sel massif à intercalations de marnes noires fétides ou de marnes rubanées, calcaires ou dolomies. 50 à 1 000 m	EZ2 Ezanga (Salifère)				
SÉRIES ANTÉ-SALIFÈRES (Jurassique supérieur ? à Aptien inférieur)					
PERMIEN	COCOBEBACH			Série de Cocobeach :	
				Cs Cocobeach supérieur : marnes micacées sableuses, marnes noires rubanées 200 à 300 m ensemble détritique grossier, conglomérat à éléments de socle	EZ1 Ezanga (Sch de Cocobeach) NZ2 Nzeme Asso (Gamba) NZ1 Nzeme Asso (Conique) TM2 N'Toum (N'Gwandze) TM1 N'Toum (Bengué)
				Cm Cocobeach moyen : marnes vertes ou grises, calcaires, schistes pyrobitumineux, grès massifs 1 400 à 1 700 m	RB4 Moundounga RB3 Bifoun RB2 Lobe
				Ci Cocobeach inférieur : marnes souvent bitumineuses à intercalations de siltstones, calcaires, calcaires dolomitiques 800 à 1 300 m Série de transition : niveaux argileux dans des faciès gréseux	RB1 Fourou Plage KG3 Bikoume KG2 Bokoue KG1 Kekele
			} Remboue } Kango		
		JURASSIQUE SUP ?	INFRA-COCOBEBACH	Série de N'Dombo 150 m au Sud à 400 m au Nord	ND N'Dombo
				Nd Ensemble sableux ou gréseux : alternance de sables fins et de niveaux grossiers et conglomératiques	
				Série de M'Vone 180 m au Sud à 300 m au Nord	
				Mv Ensemble marneux : marnes compactes rouges, violettes ou vertes, parfois bitumineuses Ensemble gréseux : grès rouge-brique friable grossier à conglomératique	MV2 M'Vone argileux MV1 M'Vone gréseux
		PERMIEN	INFRA-COCOBEBACH	Série de l'Agoula 180 m au Sud à 400 m au Nord	AG Agoula
Ag Complexe grés-marneux : marnes et grès rouges ou verts, intercalations de marnes bitumineuses ou de grès silicifiés	NK N'Khom				
		SYSTÈME DE LA NOYA (Précambrien supérieur)			

CLASSEMENT DES FORMATIONS SELON LA PRODUCTIVITÉ DES FORAGES



- | | | | |
|-------------|--|-------|-------------------------------|
| +++++ | Granites Haut-Ogooue 13 forages * | — — — | Sibang Libreville 8 forages |
| ++++++ | Granites Ogooue-Lolo 7 forages * | | Schisto-gréseux 17 forages * |
| - - - - - | Francevillien Ogooue-Lolo 8 forages * | — — — | Schisto-calcaire 20 forages * |
| - . - . - . | Francevillien Haut-Ogooue 29 forages * | — — — | Bateke 6 forages * |

* Forages réalisés dans le cadre du Programme d'Hydraulique villageoise

La puissance totale des dépôts sédimentaires dépasse 5 000 m ; elle est peut-être supérieure à 10 000 m au niveau du plateau continental.

La figure 12 donne un simple aperçu de la nature des terrains et de leur disposition structurale sur 800 m d'épaisseur environ. La coupe approximativement Ouest-Est, entre le horst de Lambaréné et la bordure occidentale du socle cristallin, passe à une trentaine de kilomètres au Nord de Lambaréné.

Les figurés lithologiques habituels de la Chambre Syndicale de l'Industrie du Pétrole montrent la prédominance des sables et grès à proximité du socle en A1 et A4, les calcaires de Madiéla proches de la surface en A2, les nombreuses failles subverticales fracturant les couches, le diapir salifère qui les traverse à l'emporte-pièce en A2.

L'étude des documents pétroliers apporterait de nombreuses informations pour localiser les terrains a priori favorables à l'emmagasinement de l'eau et qui pourraient alors être prospectés par sondages électriques, puis par forages de reconnaissance.

Il en est de même des travaux de prospection pour diverses recherches, par exemple : reconnaissance des calcaires à ciment dans la région de Ntoun, sondages d'étude stratigraphique et de recherche minière au Nord de Ntoun et au Sud-Est de Mayumba (ELF-GABON, RB 33) dont des coupes simplifiées sont montrées sur la figure 13.

On trouvera ci-après les principales caractéristiques hydrauliques et chimiques actuellement disponibles pour chacun des aquifères. Le tableau 13.1 résume quelques données de base concernant des forages de 15 localités.

A - QUATERNAIRE

Les cordons littoraux sableux possèdent une nappe phréatique subaffleurante à eau douce, rechargée uniquement par les pluies, reposant en équilibre de densité sur l'eau salée ou sur un substratum imperméable. On note qu'à Port Gentil la puissance de la nappe atteint 25 m.

Les sables montrent une bonne perméabilité jusqu'à Port Gentil, et à Mayumba les forages fournissent des débits de l'ordre de 2 m³/h par mètre de rabattement.

Les transmissivités varient de 6×10^{-4} à 3×10^{-3} m²/s à Port Gentil. Elles sont estimées à 4×10^{-3} m²/s à Mayumba où on a observé un rabattement de 2,9 m à l'issue d'un pompage à 9,5 m³/h (3,3 m³/h.m).

La minéralisation de l'eau se situe entre 50 et 250 mg/l. Les faciès sont "bicarbonaté calcique" à "bicarbonaté chloruré calcosodique".

Malheureusement, par suite des conditions de formation des cordons (avec prolifération de végétaux dans les sillons interdunaires), les eaux sont riches en fer (fréquemment de 20 à 35 mg/l) et en matières organiques ; le colmatage fréquent des crépines a affecté l'exploitation de la nappe à Port Gentil (cf.3.1.2)

On note que malgré une production de 8 000 m³/jour (en 1974), aucune venue d'eau saumâtre n'a été observée.

La nappe de Mayumba est plus vulnérable en raison de la largeur moindre du cordon. Un nivellement de précision des forages est d'ailleurs indispensable, ainsi que le suivi piézométrique des niveaux, pour estimer les possibilités d'exploitation.

L'existence de nappe exploitable dans les sables littoraux en bordure de mer ou de lagune à eau salée est liée à la charge hydrostatique, c'est-à-dire pour une grande partie à la puissance des sables, à leur extension et à l'altitude du sol.

Les ouvrages de captage exploitant des réservoirs peu importants devront nécessairement écrêmer les nappes, et les niveaux dynamiques devront rester au-dessus du zéro marin.

B - SERIES DU PLIOCENE AU MIOCENE SUPERIEUR

. Séries des cirques :

Akosso (Pliocène) et N'Tchengue (Miocène supérieur)

Quelques forages villageois captent dans la région de Mayumba des niveaux sableux pliocènes, situés entre 6 et 40 m de profondeur. Les débits spécifiques s'établissent entre 0,75 et 3,5 m³/h.m (cf. tableau 13.2). Les eaux, très douces, sont bicarbonatées calciques.

C - SERIES DU MIOCENE MOYEN AU PALEOCENE

. Séries d'Alewana : M'Béga et Mandorove (Miocène)

. Séries de Mandji : Animba et Ozouri 2 (Eocène)

Ozouri 1 et Ikando (Paléocène)

Les formations ont un faciès argileux prédominant ; la recherche d'eau souterraine se présente donc défavorablement.

L'existence de nappes est liée à l'accumulation de sables pliocènes ou quaternaires sur une épaisseur suffisante. Tel est le cas à Omboué, en bordure du Fernan Vaz, où un forage implanté sur données électriques s'est avéré positif.

D - SERIES DU MAESTRICHTIEN A L'APTIEN SUPERIEUR

. Série de Komandji (Maestrichtien à Sénonien) : Ewongué à Anguille.

La série est composée essentiellement de grès argileux, d'argiles et de grès calcaires compacts. Les 3 forages (70 - 73 m) réalisés au Cap Estérias ont montré la très faible perméabilité de l'aquifère (avec des débits de 1 à 4 m³/h pour des rabattements de 20 - 25 m); la transmissivité est de l'ordre de 10⁻⁵ m²/s. Malgré la proximité de la mer, l'eau reste de bonne qualité chimique (résidu sec de 300 mg/l).

Un forage en bordure du Fernan Vaz (Kango) montre également un aquifère peu perméable.

On doit signaler par contre que les calcaires peuvent être karstifiés et donc présenter dans ce cas un intérêt particulier pour l'exploitation ; un karst est ainsi connu en bordure de la baie d'Akwango.

. Séries de Sibang et d'Azilé (Turonien)

Les formations sont constituées de calcaires, marnes et grès argileux. La série a été reconnue sur 500 m sous Libreville.

Les forages réalisés (G1 à G9 du Tableau 13.1) ont montré une faible perméabilité générale. Les débits d'exploitation sont au maximum de 50 m³/h (pour des longueurs de crépines dépassant 55 m) et provoquent des rabattements supérieurs à 40 m. Les transmissivités sont de l'ordre de 10⁻⁴ m²/s. Les coefficients d'emmagasinement sont estimés à 10⁻³ pour les aquifères situés à moins de 200 m et à 3 x 10⁻⁴ pour les couches entre 200 et 400 m.

Les eaux sont carbonatées (ou bicarbonatées sulfatées) sodiques. Les résidus secs augmentent avec la profondeur : 200 - 300 mg/l pour les eaux captées jusqu'à 150 m, puis 450 - 700 mg/l au-delà. Une légère basicité est notée.

Les teneurs en sulfates deviennent importantes dans les couches profondes en raison du recoupement du toit de la série rouge cénomaniennne riche en gypse. La minéralisation peut dépasser 5 g/l.

Les eaux de la série inférieure de Sibang montrent des teneurs notables en fluorure - jusqu'à 1,2 mg/l - dues à l'existence de niveaux phosphatés.

Un historique de l'alimentation en eau de Libreville est donné en 2.1.1.

. Série Rouge et Série du Cap Lopez (Cénomaniens)

Les faciès prédominants sont marneux à sablo-marneux. Les niveaux lagunaires peuvent être riches en gypse. La série est mal connue, même à l'affleurement, mais d'une façon générale les formations paraissent peu favorables à l'exploitation des eaux souterraines.

Localement, néanmoins, la série peut présenter des niveaux sableux, comme l'ont montré les forages pétroliers implantés le long du Rembo Nkomi à l'Est du Fernan Vaz.

Par contre plus au Sud, dans la région de Sette Cawa, les formations sont imperméables (3 forages de 49 à 71 m).

. Série de Madiela (Albien supérieur à Aptien supérieur)

La série montre des faciès variés qui ont permis de différencier :

- un ensemble supérieur, avec des sables, des marnes, des dolomies et présence possible de gypse
- un ensemble moyen, avec des grès, des calcaires et des dolomies
- un ensemble inférieur, avec des calcaires.

Deux forages exécutés vers Ntoun laissent supposer une perméabilité moyenne faible :

- le forage de Donguila, profond de 108 m, a traversé des dolomies gréseuses très peu fissurées puisqu'un pompage à 37 m³/h a provoqué un rabattement de 7,9 m, soit 0,34 m³/h.m ; la transmissivité est estimée à 7×10^{-5} m²/s.
- le forage bananeraie (G 11) a été arrêté à 70 m après avoir recoupé des marnes et des grès calcaires ; les caractéristiques sont proches de l'ouvrage précédent = 0,3 m³/h et 10^{-4} m²/s environ.

Les eaux donnent un résidu sec de 325-450 mg/l ; le faciès est carbonaté calcique. Une légère basicité est notée.

Par contre 2 compartiments situés au NE (Ntoun) et au NW (Nkoltang) du dernier forage montre des affleurements de niveaux plus anciens composés de calcaires à caractères karstiques beaucoup plus favorables pour l'exploitation.

On retrouve également des niveaux perméables dans le Sud du pays au niveau de l'anticlinal de Gamba, au Sud du lac Ndogo. Les formations sont dolomitiques.

Par contre un forage de 60 m au lac Mandje, à l'Est de l'anticlinal précédent a mis en évidence une série imperméable.

E - SERIES DE L'APTIEN SUPERIEUR AU NEOCOMIEN

L'ensemble des formations dites de Cocobeach, est marneux et donc très peu perméable ; il est constitué de marnes micacées, de marnes noires, vertes et grises, parfois bitumineuses, de schistes pyrobitumineux. Localement se rencontrent des niveaux gréseux ou calcaires, mais une seule couche - dite série sablogréseuse de Gamba - présente un réel intérêt hydrogéologique ; elle est située au Nord de Ntoun.

.Vembo Shales

La série supérieure de Cocobeach - Vembo Shales : Ezanga - a été reconnue sur une puissance de 109 m au niveau de la ville de Cocobeach - Le forage, avec un débit de 0,2 m³/h a montré la très faible perméabilité des couches : ampélites, argilites, marnes, grès calcaires ou argileux.

. Série de Gamba

Plusieurs sondages d'étude stratigraphique et de recherche minière (dont G 20) ont mis en évidence au Nord de Ntoun, sous 26 à 44 m de Vembo Shales, une série sablogréseuse de 175 m de puissance.

Les eaux sont artésiennes dans les secteurs topographiquement bas.

Le forage du Programme solaire effectué à Akok (G 12) ne capte que les 8 mètres supérieurs de la série - Un pompage à 8 m³/h a provoqué un rabattement de 18 m, soit 0,4 m³/h.m.

Les eaux ont une minéralisation de 150-200 mg/l. Le faciès est bicarbonaté calco-magnésien.

.Série de Remboué

Les affeurements se rencontrent au Nord-Ouest et au Sud-Ouest de Bifoun. Les formations sont essentiellement marneuses, donc très défavorables.

Les recherches porteront sur les bancs de grès intercalés.

. Série de Kango

L'ensemble constitue de vastes affleurements, du secteur au Nord-Ouest de Kango presque jusqu'à Lambaréné.

Les dépôts sont également marneux et, malgré la présence de bancs calcaires, peuvent être considérés comme quasi imperméables.

F. SERIES DU JURASSIQUE TERMINAL AU PERMIEN

. Série de Ndombo

Au Nord-Est de Ntoun, affleure sous forme de collines un ensemble perméable sablo-gréseux, largement rechargé par les pluies et dont la capacité de stockage est telle qu'elle permet en saison sèche un écoulement notable des rivières (débit spécifique supérieur à 10 l/s.km²).

Un forage de 49 m prévu pour l'alimentation de Cocobeach, a recoupé une série de grès à grain fin, cimentés à partir de 25 m ; les grès constituent ici un compartiment isolé. Les venues d'eau correspondent à des niveaux conglomératiques ou à des zones de fractures.

Un pompage à 20 m³/h a provoqué un rabattement de 21,4 m, soit 0,9 m³/h.m. La transmissivité est évaluée à 2×10^{-4} m²/s.

La minéralisation de l'eau est de l'ordre de 200 mg/l. Le faciès est bicarbonaté calcique.

Au Sud-Est de Cocobeach, la nappe des grès s'écoule vers le Sud-Ouest et devient captive sous les Vembo Shales. Sa pression se transmet, malgré une tectonique cassante importante, à la nappe des grès de Gamba et explique l'artésianisme de cette dernière.

La nappe de Ndombo elle-même peut être également artésienne dans les zones basses de la plaine comme à Ndouaniang (G 19) sous 60 m d'argiles de Kango. La charge était de 6-7 m au dessus du sol.

Le forage a recoupé les grès sur 20 m. Bien que non tubé, il est toujours artésien et fournit une eau peu minéralisée (70 mg/l environ), bicarbonatée calcique, assez acide (pH de 6,0).

La nappe de Ndombo présente des ressources en eau souterraine considérables. Pour avoir une productivité maximale, les forages devront être suffisamment profonds pour recouper un grand nombre de niveaux conglomératiques et de fissures.

. Série de Mvone

La série montre 2 ensembles lithologiques, du plus récent au plus ancien :

- des dépôts marneux, quasi imperméables,
- des grès friables grossiers à conglomératiques dont la reconnaissance hydrogéologique est à faire,

. Série de l'Agoula

Elle est constituée d'un ensemble grés-marneux peu favorable en raison de sa perméabilité très probablement faible.

1.1.2 - LES PLATEAUX BATEKES

La série des Plateaux Batékes est constituée de grès tendres à intercalations argileuses. L'ensemble, perméable, constitue un vaste réservoir largement alimenté par les pluies puisque l'infiltration efficace est supérieure à 90 cm en année moyenne. La nappe est drainée par des rivières situées dans des vallées encaissées. Leur débit à l'étiage montre de fortes valeurs d'écoulement souterrain = 25-30 l/s.Km².

Le premier forage exécuté dans cette série au Gabon (G 17) a été implanté près de Lekoni. D'une profondeur de 100 m, il a traversé sur les 70 premiers mètres des sables moyens (0,2-0,5 mm). Captée de 50 à 70 m, elle montre une transmissivité proche de 8×10^{-4} m²/s. Un pompage à 11 m³/h a provoqué un rabattement de 16 m, soit 0,7 m³/h.m.

L'eau de la série est très faiblement minéralisée (résidu sec de l'ordre de 40 mg/l au moins) ; le faciès est bicarbonaté calcique. L'acidité est très marquée (pH de 5).

Cinq forages réalisés dans le cadre du Programme villageois ont montré des perméabilités supérieures, avec des débits spécifiques de 6 à 12,4 m³/h.m.

On note que 50 % des forages fournissent plus de 10 m³/h.m.

1.1.3 - LE PRECAMBRIEN SUPERIEUR

a. Séries de l'Inkisi et de la Mpioka

Seule la série de la Mpioka affleure au Gabon.

Les formations constituent le cœur du Synclinal de la Nyanga. Elles sont représentées par des schistes, des schistes gréseux, des argilites avec des intercalations de grès, de sorte que l'appellation Série schisto-gréseuse a été donnée.

L'ensemble forme, à l'échelle régionale, un réservoir poreux ; le débit des sources est peu élevé, mais néanmoins pérenne.

La perméabilité des couches schisteuses dépend de leur degré de fissuration. Elle est généralement faible. Les productivités les plus fortes sont obtenues dans les aquifères gréseux fracturés.

Pour 17 forages villageois exécutés dans la Province de la Nyanga, on obtient le classement suivant en fonction du débit spécifique (m³/h.m) :

	< 0,1	0,1 - 0,5	0,5 - 1	1 - 3,4	
Schistes	4	7			forages
Grès (et schistes gréseux)		1	1	4	forages

Les eaux sont très faiblement à légèrement minéralisées (50 à 200 mg/l), avec un faciès bicarbonaté calcique ou calco-sodique. L'acidité est marquée (pH de 5,5 à 6).

La série de la Noya, qui affleure à l'Est de la Série de l'Agoula et qui se prolonge en Guinée Equatoriale, présente les mêmes faciès schisto-gréseux que les formations de la Mpioka. Aucun renseignement sur les eaux souterraines n'est disponible.

b. Série schisto-calcaire

La série se trouve dans les zones de plaine correspondant à la savane et qui forment l'auréole du Synclinal de la Nyanga lequel se prolonge largement au Congo.

Elle montre des roches carbonatées (calcaires, dolomies, marnes) dans lesquelles les phénomènes karstiques sont fréquents : pertes de cours d'eau, dolines, résurgences. Le tracé des rivières montre une direction générale NW-SE avec des décrochements NE-SW.

On voit donc l'importance des accidents tectoniques dans les circulations d'eau souterraine et les incidences qui en découlent au niveau de la recherche, mais on doit noter que la couverture latéritique peut atteindre 30 m de puissance. Ces couches superficielles doivent être oblitérées par des tubages pleins pour éviter des venues d'eaux argileuses. D'une façon générale les formations montrent une perméabilité moyenne à élevée.

Le classement de 20 forages exécutés dans la Province de la Nyanga se présente comme suit en fonction du débit spécifique (m³/h.m) :

< 0,5	0,5 - 1	1 - 5	5 - 10	10 - 24	
3	3	8	3	3	forages

Les résultats des forages dans la Province de la Ngounié confirment ces données.

Les débits les plus élevés sont obtenus sur des fractures, comme cela avait été prouvé à Mandji (G 15) où une zone fissurée sur 2 m environ fournit un débit de 32 m³/h pour un rabattement de 1,0. Les études d'implantation ont mis en évidence l'intérêt des trainés électriques pour le choix des sites de forage.

Les eaux du schisto-calcaire sont relativement minéralisées avec des résidus secs entre 200 et 400 mg/l ; le faciès est bicarbonaté calcique. On note une certaine basicité, avec des pH de 7 à 7,5.

Le Synclinal de la Noya possède également une série schisto-calcaire, mais son extension est très limitée et on ne possède aucune caractéristique hydrogéologique.

c. Séries de la Louila et de la Bouenza

Les séries affleurent sur les 2 bordures de la série schisto-calcaire :

- série de la Louila sur le flanc ouest,
- série de la Bouenza, que l'on trouve dans la région de Lébamba et qui s'étend largement au Congo.

Les formations correspondent à des grès et des grès quartzites, à des schistes et des argilites ou à des roches intermédiaires. Aucun forage n'a été réalisé.

La perméabilité doit être variable, selon les différents faciès, comme cela a été montré dans la série schisto-gréseuse.

1.2 - AQUIFERES DISCONTINUS

1.2.1 - LE PRECAMBRIEN MOYEN : Francevillien

Le Précambrien moyen est représenté au Gabon par le Francevillien dans lequel plusieurs ensembles et sous-ensembles ont été distingués, montrant la complexité de la sédimentation ; de nombreuses lacunes et variations de faciès sont en effet notées.

Les principales unités sont constituées de pélites, d'ampélites, de grès, de jaspes, de dolomies.

Un certain nombre de forages villageois ont été réalisés dans la Province du **Haut Ogooué** ; 29 d'entre eux ont intéressé les couches francevilliennes dont elles ont montré la faible perméabilité générale.

Ils se classent comme suit selon la valeur du débit spécifique (m³/h.m)

	< 0,05	0,05 - 0,1	0,1 - 0,5	0,5 - 1,4	;
Pélites-ampélites	3	6	2	2	13 forages
Grès	4	3	7		14 forages
Dolomies			1	1	2 forages
	7	9	10	3	

Les plus fortes valeurs correspondent à des niveaux de contact entre pélites et ampélites et à des dolomies fracturées.

Les eaux les plus minéralisées (300 mg/l environ) s'observent dans les niveaux dolomitiques ; le faciès est bicarbonaté calcique.

Les pélites et les grès donnent des eaux généralement très peu minéralisées (moins de 80 mg/l), à faciès bicarbonaté calcique, parfois calco-magnésien. L'acidité est marquée.

Les formations francevilliennes de la Province de **l'Ogooué-Lolo** ont fait l'objet de 8 forages dont les débits spécifiques se répartissent ainsi (m³/h.m):

	> 0,05	0,05 - 0,1	0,1 - 0,5	0,5 - 0,7	
grès (rares pélites)	2	3	1	2	forages

Les résidus secs sont inférieurs à 250 mg/l.

1.2.2 - LE PRECAMBRIEN INFERIEUR

a. Les formations cristallophylliennes

Un forage de 70 m, positif, a été réalisé dans les schistes de Ndjole pour l'alimentation de la station OCTRA (G 18). Il avait été implanté sur une anomalie résistante due à la présence d'un filon de quartz.

Il s'agit du seul ouvrage réalisé pour le moment dans ces formations.

b. Les formations cristallines

Elles sont représentées essentiellement par des granites s.l. et constituent la majeure partie des affleurements du pays.

Quelques forages ont été réalisés dans le **Haut Ogooué**. Ils ont montré la très faible perméabilité des formations granitiques puisque les 13 ouvrages, bien qu'implantés sur des données électriques, donnent un débit spécifique inférieur à 0,17 m³/h.m :

	< 0,01	0,01 - 0,05	0,05 - 0,1	0,1 - 0,17	
granites s.l	5	5	1	2	forages

Les résultats sur 7 forages de l'Ogooué-Lolo localisés systématiquement sur des anomalies des trainés électriques sont bien plus favorables puisque tous les ouvrages donnent entre 0,11 et 0,9 m³/h.m :

	0,1 - 0,5	0,5 - 0,9	
granites s.l	5	2	forages

Le forage le plus productif a été testé à 18 m³/h.

On note que les eaux sont relativement minéralisées, avec des résidus secs entre 170 et 550 mg/l. Le faciès est bicarbonaté calcique. L'acidité est peu marquée.

Une autre zone granitique, près de Mitzic, a fait l'objet de plusieurs forages, dont les résultats ont été positifs. Il apparaît qu'en raison des difficultés d'interprétation des photographies aériennes dues au couvert végétal et au recouvrement latéritique (qui dépasse souvent plusieurs dizaines de mètres) la seule méthodologie valable pour l'implantation des forages repose sur les trainés électriques.

Le calage des données géophysiques par les résultats des forages permettra au fur et à mesure des travaux d'optimiser les sites des ouvrages et de tirer des conclusions sur l'influence morphologique et tectonique des massifs et sur les rapports entre puissance des altérites et degré de fracturation du socle sain.

2 - LES EAUX SUPERFICIELLES - LES BARRAGES

L'un des atouts du Gabon est son réseau hydrographique très développé avec la permanence d'un débit relativement élevé en toutes saisons. Utilisés comme voies navigables pour les déplacements des hommes et le transport des marchandises, en particulier des bois, les cours d'eau ont suscité de nombreux projets de barrages pour la production d'énergie hydroélectrique.

Le tableau 11 donne quelques informations sur les principaux barrages réalisés et projetés.

A noter que la prise au fil de l'eau de Petit Poubara produit 17 MW et l'extension en cours permettra de passer à une puissance de 35 MW. Par ailleurs la retenue de Grand Poubara pourrait être portée à 9 000 Mm³.

Tableau 11
CARACTERISTIQUES DES PRINCIPAUX BARRAGES DU GABON

Désignation de l'ouvrage	Rivière	Cote de la Retenue	Capacité de la cuvette (10 ⁶ m ³)	Débit turbinable (m ³ /s)	Avancement
Tchimbelé	Mbéi	+ 539	220	35	construit
Kinguelé	Mbéi	au fil	de l'eau	60	construit
Petit Poubara	Ogooué	+ 390	faible	108	en cours
Grand Poubara	Ogooué	+ 432	2080	198	projeté
Fougamou	Ngounié	+ 86	0 4800	645	projeté

Outre les cinq ouvrages figurant au tableau 11, de nombreux sites sont aménageables après étude complémentaire de faisabilité :

- 9 sites mentionnés sur la carte se situent sur l'Ogooué ou sur ses affluents, soit d'amont en aval :
 - Abouka sur la Mpassa
 - Lebombi sur la Lebombi
 - Mafouta et Liboka sur l'Ogooué
 - Akieni et Angouma sur la Lekoni
 - Lifouta et Souka sur l'Ogooué
 - Booue sur l'Ogooué
- 4 sites possibles sont reportés sur l'Ivindo :
 - Koungue, Mingouli, Kouata-Mango et Tsengue Leledi
- 5 sites exploitables à partir de la retenue de Tchimbelle ne sont pas mentionnés sur la carte à 1/1 000 000 en raison de leurs positions très proches les unes des autres.

3 - ALIMENTATION URBAINE ET RURALE

Les eaux souterraines ont été exploitées de façon intensive à partir de 1948 pour l'alimentation de Port Gentil.

Les premiers forages pour Libreville ont été réalisés en 1954. Excepté pour ces deux villes et de rares centres, l'approvisionnement en eau étaient traditionnellement assuré à partir des rivières, malgré le coût des équipements et du fonctionnement des stations de traitement.

C'est seulement depuis quelques années que les Autorités ont pris conscience des possibilités d'alimentation des localités à partir des nappes d'eau souterraine.

3.1 - ALIMENTATION URBAINE

3.1.1 - LIBREVILLE

C'est en 1954 que les 3 premiers forages (F1, F2, F3) ont été exécutés à Libreville, dans le quartier du "Petit Paris" (cf. figure 14 et tableau 13.1).

Profonds de 122 à 154 m, ils captaient la Série des Calcaires de Sibang, constituée de marnes, de calcaires et de grès friables. La perméabilité n'est pas très élevée puisque des pompages à 25-46 m³/h provoquent des rabattements de 17 à 42 m. Les débits spécifiques varient de 0,9 à 1,5 m³/h.m. Les eaux sont moyennement minéralisées (résidu sec de 210 à 280 mg/l).

Devant l'accroissement des besoins, 3 autres forages (F4, F5, F6) furent réalisés en 1960-61, dans le quartier du "Gros Bouquet". Ils ont atteint 450 à 500 m. Les eaux profondes ont donné de fortes minéralisations, de 2,5 à 6,2 g/l en raison du contact avec la Série rouge cénomaniennes qui renferme des évaporites.

Les captages ont donc intéressé la Série de Sibang inférieure. Des débits de 25 à 50 m³/h produisent des rabattements de 47 à 61 m, donc supérieurs à ceux de la Série supérieure ; les débits spécifiques sont de 0,5 à 1 m³/h.m.

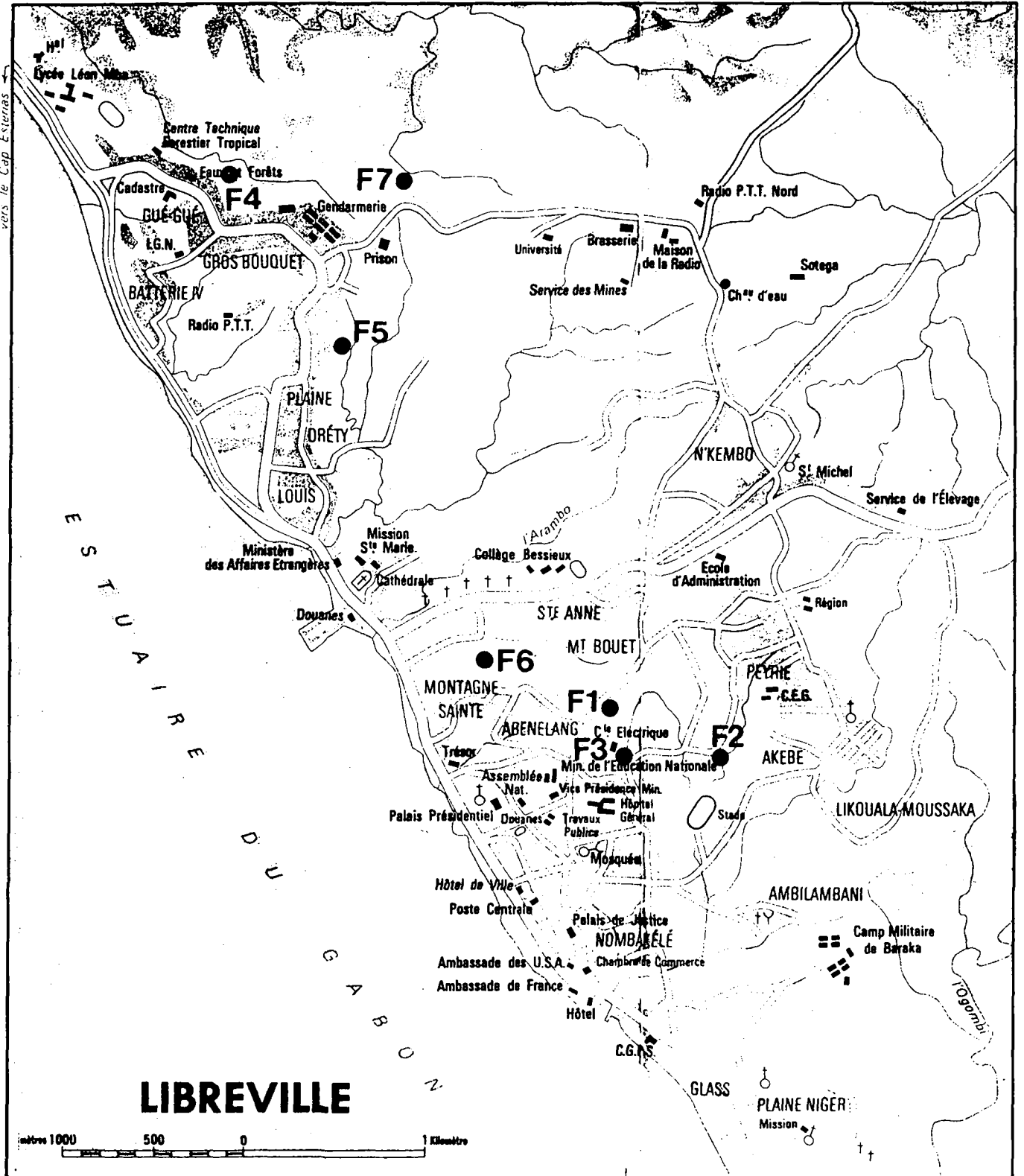
Les eaux, avec des résidus secs de 470 à 680 mg/l, sont plus minéralisées que celles du premier aquifère.

A la suite de problèmes de corrosion, les crépines des forages F1, F2 et F3 ont été changées en Juillet 1960. Un nouvel ouvrage (F7) a été mis en service en 1965.

Les forages F1 et F2 ont du être abandonnés l'année suivante ; ils ont été alors remplacés par les forages F8 et F9, de profondeurs analogues et réalisés à proximité immédiate.

Plan de situation des forages de LIBREVILLE

Nota : Les forages F 8 et F 9 réalisés en 1966, pour remplacer F 1 et F 2, se situent respectivement à une cinquantaine de mètres de ceux-ci.



(Extrait du plan figurant sur la carte IGN du GABON à 1/1000 000)

En raison de la faible productivité des ouvrages et de l'accroissement de la demande, la SEEG avait décidé en 1961 un captage de la Nzémé, à 40 km à l'Est de Libreville, avec une première tranche de 10 000 m³/j. Cette tranche a été réalisée en deux phases. Mais à peine mises en service les installations suffisaient à peine à la consommation qui fin Octobre 1969 était de 10 000 m³/j, alors qu'elle était seulement de 6 100 m³/j en Août 1967.

Le renforcement de l'étiage de la Nzémé fut alors réalisé par le transfert des eaux de l'Assango.

L'exploitation des forages de Libreville fut alors progressivement abandonnée.

Actuellement la consommation de la capitale montre un accroissement moyen annuel de 8,7 %. Fin 1982, elle avoisine 50 000 m³/j et les installations présentes (Ntoun IV) devraient arriver à saturation en 1986 avec une production de 68 000 m³/j.

Un projet Ntoun V est lancé pour un approvisionnement complémentaire de 50 000 m³/j qui devrait répondre à la demande pendant une période de 7 à 8 ans.

En l'an 2 000, les besoins avoisineront 175 000 m³/j. Il est évident que dans ces conditions on doit étudier les possibilités de mobilisation de toutes les ressources en eau.

En particulier il paraît indispensable de reconnaître de façon définitive les caractéristiques exactes des aquifères de la région de Ntoun : Madiela à faciès calcaire et séries de Gamba et de Ndombo.

Un dossier a déjà été présenté dans ce but en 1979.

On insistera en ce qui concerne les aquifères sablo-gréseux sur la nécessité de réaliser des forages suffisamment profonds pour recouper le maximum de niveaux favorables (bancs conglomératiques et zones fissurées).

3.1.2 - PORT GENTIL

De 1951 à 1967, la population de Port Gentil est passée de 9 500 à 27 000 habitants et la consommation d'eau annuelle de 350 000 à 1 500 000 m³.

En 1968, les prévisions d'accroissement de la population et des besoins en eau jusqu'à l'horizon 2 000 étaient les suivantes, en "hypothèse forte".

	1970	1980	1990	2000
Population (habitants)	32 500	52 000	76 000	108 000
Consommation d'eau domestique (m ³ /j)	3 750	7 500	12 500	20 000
Consommation d'eau industrielle (m ³ /j)	1 270	2 800	4 500	6 000
Consommation d'eau totale : C (m ³ /j)	5 020	10 200	17 000	26 000
Production eau : P = C x 1,17 (m ³ /j)	5 900	11 900	19 800	30 000
Besoins en saison sèche : Px 1,15 (m ³ /j)	6 800	13 700	22 900	35 000

Cette consommation croissante, liée en particulier à l'augmentation de l'activité pétrolière, incitait les planificateurs à s'orienter à court terme vers un pompage d'eau de rivière dans un bras de l'Ogooué, à 35 km de Port Gentil, au lieu-dit Mondorobe.

La station de pompage fonctionne aujourd'hui et la canalisation d'amenée en 500 mm de diamètre pourra être doublée en 1984-85. Jusqu'en 1978-79, Port Gentil prélevait son eau dans la nappe des sables quaternaires, à partir d'une série de petits ouvrages à savoir :

a) Cinq chaînes de puits, soit 105 puits au total de 6 à 7 m de profondeur

Sur chaque chaîne, les puits distants de 120 m ont un tube crépiné descendu à - 2,25 à - 3,75 (sous le zéro marin), entouré d'un massif filtrant de 0,80 m de diamètre. Les tubes crépinés sont raccordés à un collecteur d'aspiration se déversant dans un puisard central.

En 1967, les 105 puits donnaient en moyenne 3 650 m³/an, soit 35 m³/jour = 0,4 l/s par puits.

b) Huit forages de 25 à 30 m de profondeur

Disposés tout les 500 m sur deux lignes parallèles distantes de 350 m, chacun de ces forages donne 500 à 800 m³/jour, soit environ 5 000 m³/jour au total.

c) Vingt-deux forages de 15 à 20 m de profondeur

Distants de 120 à 130 m, et réalisés en 1975-76, ils fournissent globalement 5 000 à 6 000 m³/jour.

Les reconnaissances préalables aux ouvrages avaient montré que l'eau était douce jusqu'à 25 à 30 m de profondeur. Dans un forage d'essai exécuté en 1957, P. Robert (RB 124) estimait que la salinité atteignait 300 mg/l entre 30 et 47 m et 2 à 3 g/l vers 100 m.

L'eau est toujours restée très douce sur les puits et forages exploités et le problème du renouvellement de la ressource ne s'est jamais posé. Les auteurs des études qui abordaient cette question estimaient, compte-tenu des précipitations moyennes annuelles de 2 000 mm, que la recharge était de 1 100 à 1 200 mm et qu'elle ne descendait pas au-dessous de 750 mm les années très sèches, soit 2 mm/j ou encore 2 000 m³/j par km².

L'infiltration sur 3 à 4 km² en 1970, une quinzaine de km² à l'horizon 2000, compensait donc les prélèvements.

Le problème le plus contraignant était la teneur en fer élevée de l'eau qui provoquait des dépôts d'hydroxydes colmatants très difficiles à détruire et qui obligeait à refaire périodiquement les puits et forages.

Cette sujétion très lourde a été déterminante pour l'abandon des eaux souterraines à Port Gentil au profit de l'eau de rivière.

3.2 - ALIMENTATION DES CENTRES RURAUX

L'approvisionnement des agglomérations est réalisé d'une façon générale à partir des eaux de surface.

La SEEG est ainsi responsable d'adductions d'eau à Akiéni, Bitam, Franceville, Koulamoutou, Lambaréné, Lékoni, Makokou, Moanda, Mouila, Mounana, Ndende, Ndjole, Okondja, Oyem, Tchibanga.

Dans la plupart des cas, il s'agit de prises en rivières ; en ce qui concerne Mouila, Ndende et Tchibanga, les captage intéressent en fait des eaux souterraines puisque les pompes sont installées au niveau de résurgences des réseaux karstiques de la Série schisto-calcaire.

Les prises en rivière nécessitent des installations de traitement coûteuses et les contraintes de fonctionnement sont souvent lourdes.

Ces prises constituent les seules possibilités dans le cas de besoins importants dans des régions où les formations aquifères possèdent une perméabilité peu élevée.

L'exploitation des eaux souterraines est moins problématique puisque à part quelques cas particuliers le traitement est d'ordre purement bactériologique.

C'est la raison pour laquelle la SEEG s'est orientée sur une évaluation des possibilités des nappes souterraines.

De nombreux centres ont fait en 1981 et surtout en 1982, l'objet d'études d'implantation avec mise en œuvre de la méthode électrique : Boumango, Cocobeach, Foulenzem, Iboundji, Lebamba, Mabanda, Malinga, Mandji, Mayumba, Medouneu, Mekambo, Minvoul, Mitzic, Moabi, Moyabi, Ndindi, Ngouoni, Omboué, Onga, Ovan, Pana.

Des forages d'exploitation ont été réalisés à Cocobeach, Mandji, Mayumba, Moabi et Omboué. Positifs, ils vont permettre de lancer les travaux d'adduction.

3.3 - ALIMENTATION DES VILLAGES

Le programme d'approvisionnement en eau des zones rurales du Gabon a commencé en 1976-77 avec une enquête sur le terrain qui a permis d'inventorier 712 villages et d'établir un dossier pour 560 d'entre eux ; les documents présentent tous les renseignements socio-économiques, les données disponibles sur les ressources en eaux et les besoins, et des propositions de travaux pour la recherche et l'exploitation des eaux souterraines au moyen de forages équipés de pompes à motricité humaine.

Les études d'implantation, utilisant les photographies aériennes et la méthode de prospection électrique, ont commencé en Juin 1981.

C'est en Février 1982 qu'un programme de travaux prévoyant l'équipement en 4 ans de 330 villages au moyen de 510 forages a débuté.

Mettant en œuvre 2 ateliers de forage, il avait permis au 31/10/82 la réalisation d'un total de 131 ouvrages (dont 113 positifs) dans les Provinces du Haut-Ogooué, de la Nyanga, de l'Ogooué Maritime, de l'Ogooué-Lolo et de la Ngounié.

Les informations recueillies ont fourni une très grande partie des données hydrogéologiques présentées ci-dessus.

Il est évident qu'à l'issue du projet actuel, qui couvre l'ensemble du pays, et qui intéresse donc toutes les formations géologiques la connaissance des ressources en eau souterraine aura considérablement augmenté et qu'une étude de synthèse sera alors du plus grand intérêt pour les projets de développement régionaux.

3.4 - AUTRES PROJETS D'ALIMENTATION EN EAU

Diverses études ont été récemment entreprises en vue de l'utilisation des eaux souterraines. Elles concernent en particulier :

- 11 stations du Transgabonais, entre Owendo et Booué (1 forage a été réalisé à Ndjole),
- le programme de forages à équipement solaire,
- divers forages : eau minérale de Lekoni, bananeraie de Ntoun, Hevegab,
- le projet de ranch de Ndende.

4 - LES RESSOURCES RENOUVELABLES

Les ressources renouvelables sont des moyennes annuelles exprimées en hauteur d'eau infiltrée et en volume par km².

Sur l'ensemble du territoire du Gabon, le volume d'eau infiltré annuellement est calculé en déterminant la surface de chaque plage de valeur de $R_{re} = P_f$ et en multipliant le résultat obtenu par la hauteur d'eau caractéristique de cette plage. Par exemple, dans la zone comprise entre les courbes de $P_f = 750$ et $P_f = 1\ 000$, on prendra :

$$(1\ 000 + 750)/2 = 875\ \text{mm}$$

Le tableau 12 ci-après donne les éléments détaillés du calcul.

On voit que même dans les secteurs où la recharge est la plus faible les ressources renouvelables sont considérables.

Tableau 12

RESSOURCES RENOUVELABLES (Rre) DES AQUIFERES AU GABON

Pf (mm)	Pf moyen (mm)	Superficie concernée (km ²)	Rre (10 ⁶ x m ³)
> 2000	2100	4 050	8 505
1500 à 2000	1750	6 100	10 675
1250 à 1500	1375	9 150	12 580
1000 à 1250	1125	44 500	50 060
750 à 1000	875	68 900	60 290
500 à 750	625	119 500	74 690
< 500	400	15 600	6 240
TOTAL		267 800	223 040

Excepté pour des prélèvements ponctuels très importants - tels ceux, éventuels, pour l'approvisionnement de Libreville - la notion de perméabilité des formations est sur un plan pratique prédominante par rapport à celle de ressource. La contribution du Programme d'Hydraulique villageoise est fondamentale pour la connaissance hydrogéologique des terrains et les résultats des forages de la première tranche annuelle permettent déjà d'établir une première esquisse pour les aquifères du Sud du pays .

La figure 11, basée sur la productivité des ouvrages, fournit une appréciation relative de la perméabilité des formations. Aux résultats obtenus en zone méridionale, on a ajouté à titre indicatif les données concernant les Calcaires de Sibang à Libreville.

Un choix pourra être fait parmi les ouvrages réalisés pour établir un réseau piézométrique minimal destiné à étudier les fluctuations du niveau des nappes recélées dans les roches saines et établir les conditions de leur alimentation à partir des nappes des altérites sus-jacentes. Les stations devront comprendre un doublet piézomètre/altérites - piézomètre/roche saine et être situées à proximité de postes pluviométriques.

Les stations piézométriques pourraient être au nombre de 15 et intéresser :

- les cordons littoraux à Mayumba et à Omboué (nappes libres dont la surveillance est indispensable en raison des AEP prévues à court terme)
- la série Batéké, en un point où le plan d'eau se situe à plus de 50 m sous le sol
- la série de Madiéla, avec une station (à l'Est de Libreville)
- la série de Ndombo (surveillance prévue dans le cadre de l'AEP de Libreville)
- la série schisto-gréseuse, avec un piézomètre
- les formations schisto-calcaires, avec une station sur le flanc ouest du Synclinal et une seconde sur sa bordure est
- la série de la Bouenza, en un point (vers Lebamba)
- le Francevillien, avec 2 stations (dont Ongia)
- le socle granito-gneissique en 4 points, avec des profondeurs de plan d'eau variées

Les données actuellement disponibles laissent penser que la périodicité des mesures devrait être bimensuelle durant la saison sèche (Juin-Septembre) et hebdomadaire le reste de l'année.

Le suivi piézométrique peut déjà être entrepris en plusieurs points.

5 - OUVRAGES DE REFERENCE

Les caractéristiques connues des principaux forages d'eau sont rassemblées dans le tableau 13-1.

Ces 25 points d'eau sont identifiés par la lettre G (Gabon) suivie d'un numéro de 1 à 25 et reportés sur la carte :

- les points G 1 à G 13, figurés sur les cartouches C 3 et C 4, sont localisés en coordonnées Lambert ;
- les points G 14 à G 25 en coordonnées géographiques classiques apparaissent sur la carte principale.

En complément, le tableau 13-2 regroupe les résultats obtenus sur les premiers forages effectués dans la Province de la Nyanga en Février-mars 1982 dans le cadre du Programme d'Hydraulique villageoise.

Tableau 13-1

POINTS D'EAU DES AQUIFERES GENERALISES DU GABON

N°	Désignation	Réalisé en ...	Foreur (1)	Longitude EST (2)	Latitude	Altitude	Prof. (m)	Niveau piézo. (m)	Crépines long. (m)	Crépines diam. "	Débit (m ³ /h)	Rabatt (m)	Débit spécif. (m ³ /h.m)	Résidu sec (mg/l) (3)	Formation aquifère
G 1	LIBREVILLE F1	1954	HYD	● ≈550,5	≈43,6	≈+ 15	154	11,00	71,60	Ret12	46	41,5	1,11	279	grès argileux turoniens
G 2	" F2	1954	HYD	● ≈550,5	≈43,6	≈+ 10,75	122	8,50	39,20	8	36	40	0,9	249	" " "
G 3	" F3	1954	HYD	● ≈550,5	≈43,6	+ 14,85	135	16,50	54,94	8et12	25	17	1,47	212	" " "
G 4	" F4	1960	SIF	● 548,6	46,8	+ 12	500,4	6,20	57,6	7et 8	50	47,5	1,05	676	" " "
G 5	" F5	1961	SIF	● 549	45,8	+ 12	450	14,40	36,1	6	25	51	0,49	596	" " "
G 6	" F6	1961	SIF	● 549,7	44,2	+ 5,95	454	+ 0,35	55	6	35	60,85	0,57	472	" " "
G 7	" F7	1965	SIF	● 549,4	46,8		330		74		≈ 30	≈90	0,33	≈600	" " "
G 8	" SOBRAGA	1975	SIF	● 550,3	46,4		400	64	100	6	40	31,07	1,3	≈500	" " "
G 9	" RIVERA	1977	GAF	● 552,5	42,1		104	≈+ 3	?	6	≈ 2,5	≈ 3	≈0,8	≈300	" " "
G10	ANGONDI: F. 1er Ministre	1978	GAF	● 546,6	56,3		46	13	18	6	≈ 30	?	?	?	" " "
G11	NTOM : F. SATEC	1977	GAF	● 583,4	37,6	+ 6,91	70	3,07	32,9	8	6,1	22,7	0,27	≈200	Madiéla grésocalcaire
G12	AKOK : F. Dispensaire	1980	GAF	● 582,6	56,2		60,50	7,70	16	7	8	18	0,44	≈140	Sables gréseux de Gamba
G13	CAP ESTERIAS : F. INEF	1968	SIF	● 536	67		70	9,50			≈ 1	≈20	0,05	≈200	Sénonien argilogréseux
G14	MOABI : A E P	1980	GAF	10°59'	2°23'S		100	12,60			≈ 2	≈10	≈0,2		Schistogrès de la M'Picka
G15	MANDJI : A E P	1981	GAF	10°23'	1°40'S		78,80		7	5 à 7	32	≈ 1	≈32		Schisto.Calc.Préc.Sup
G16	MAYUMBA : F1 A E P	1982	GAF	10°41'	3°27'S		10,50	0,25		8	9,5	≈ 4,6	≈2,06		Sables Quaternaires
G17	LEKONI : Eau Minérale	1978	GAF	14°10'30"	1°35'S	≈+ 445	100	8,21	20	4	11,3	15,9	0,71	41	Grès batékés
G18	NDJOLE : TRANSGAB.	1979		10°48'	0°8'S		70								Schistes Préc. Inf.
G19	NDOUANIANG : Rech. minière		GAF	10°3'	0°19'N	≈+ 5	?		forage détubé avec écoulement artésien					70	Grès de N'Dombo
G20	MEBA : Recherche minière	1974	GAF	9°45'30"	0°27'N				forage artésien, non tubé						Sables de Gamba
G21	AYEME : Mr AUBAME	1975	GAF	9°40'30"	0°18'N	≈+ 19	15,40	4		6	1,08	?	?	≈ 80	Calc. de Madiela
G22	PORT GENTIL : 105 forages	1948-67		● ≈ 473	≈9917,4	≈+ 4	≈6	≈1			1,8	≈3	≈ 0,6	50	Sables quaternaires
G23	" " : 8 forages	1969		● ≈ 474	≈9919,2	≈+ 3	20 à 27	≈1,50		10	31 à 42	6,6 à 14,3	2,3 à 5,3	260	" "
G24	" " : 22 forages	1976	GAF	● ≈ 477	≈9912	≈+ 4	12 à 15	≈1			≈ 10	≈5	≈ 2		" "
G25	MARANDA : E.Sous-Préfec.	1981	GAF	11°32'	2°47'S		27		14,80		15	?	?		Schisto-Calc.Préc.Sup.

(1) HYD = HYDRAP ; SIF = SASIF ; GAF = GAFOR.

(2) Les coordonnées Lambert (●) correspondent aux points reportés sur les cartouches C3 et C4 et sur la figure 13

(3) Voir également les résultats d'analyses sur le tableau 9

NB : F1 et F2 détériorés ont été remplacés en 1966 par F8 et F9.

Tableau 13-2

CARACTERISTIQUES PRINCIPALES DE QUELQUES FORAGES D'AEP
DES ZONES RURALES DE LA PROVINCE DE LA NYANGA (GABON)

Réalisation février-mars 1982 (Travaux en cours)

Désignation	N° forage	Prof. (m)	Ø Perfo.	Ø Tube	Niveau piezom.	Débit m ³ /h	Rabat ^t D (m)	Debit spéc. m ³ /h/m	Aquifère
ST ANTOINE	1.1	16,2	8" 1/2	125/140	4,0	0,2	6,5	0,03	Sable argileux "Cirques"
ST ANTOINE	1.2	37,8	9" 7/8	180/200	5,3	5,0	3,2	1,6	Madiéla calcaire
BILANGA	2.1	32,0	8" 1/2	125/140	11,1	11,0	2,2	5,0	Madiéla calcaire
BILANGA	2.2	0-20	12" 1/4	235/250	5,2	11,0	3,3	3,3	Madiéla calcaire
		20-35	8" 1/2	125/140					
DITOUBA	3.1	46,5	8" 1/2	125/140	5,2	11,0	2,5	4,4	Grès et calcaires Madiéla
DITOUBA	3.2	54,5	8" 1/2	125/140	3,5	2,0	11,0	0,2	Schistes Madiéla
LOUBOMO	4.1	40,0	8" 1/2	125/140	18,1	1,8	2,1	0,85	Grès Madiéla
LOUBOMO	4.2	29,0	8" 1/2	125/140	16,8	1,3	1,8	0,7	Schistes Madiéla
VEMO	6.1	70,0	9" 7/8	125/140	6,9	9,5	3,9	2,4	Madiéla calcaire
VEMO	6.2	40,0	9" 7/8	180/200	3,0	3,5	6,3	0,55	Madiéla calcaire
PANGA	7b.1	40,0	8" 1/2	125/140	21,8	1,4	0,4	3,5	Sable "Cirques"
PANGA	7b.2	40,0	8" 1/2	125/140	18,3	3,0	4,0	0,75	Sable "Cirques"

BIBLIOGRAPHIE DU GABON

(référéncée à partir de 1 01)

- 101 - **BEAUJOUR A. (1963)** : Prospection hydroélectrique du Gabon - Mitoungou, Zamaya et Fougamou - Rapport BRGM LIB 63 A6
- 102 - **BEAUJOUR A. (1963)** : Etude géologique d'avant projet de construction de barrages hydrogéologiques sur trois sites de la base NYANGA-OUYAMA, COTA-BOULINGUI, IGOTSI - Rapport BRGM LIB 63 A8.
- 103 - **BOINEAU R. (1959)** : Note pour servir à l'implantation d'un sondage de reconnaissance hydrogéologique à Libreville - Rapport IERGM (T) T 48 du 7/09/1959.
- 104 - **BOINEAU R. (1960)** : Alimentation en eau d'Oyem, Bitan et Mouila (GABON) - Rapport IERGM du 7/04/1960.
- 105 - **BONIN M. (1982)** : Programme d'Hydraulique Villageoise - Actualisation des études d'inventaire - Provinces du Haut Ogooué, de la Ngounié, de la Nyanga et de l'Ogooué Maritime - Rapport BRGM 82 AGE 050.
- 106 - **BONIN M. (1982)** : Programme d'Hydraulique Villageoise - Travaux de forages dans les provinces du Haut Ogooué et de la Nyanga - Dossiers de forages - Rapport BRGM 82 AGE 052.
- 107- **BOURGEOIS M. (1977)** : Projet bananier de Ntoun - Forage d'alimentation en eau de la Base-vie - Rapport BRGM n° 77 LIB 003, avril 1977.
- 108 - **BREMOND R. (1966)** : Essai d'interprétation des analyses des eaux des forages F4, F5, F6 et F7 de Libreville - Rapport CIEH, 4 février 1966.
- 109 - **BREMOND R. (1966)** : Essai d'interprétation des analyses des eaux des forages F8 et F9 de Libreville - Rapport CIEH, 4 février 1966
- 110 - **BRGM (1969)** : Alimentation en eau de l'Institut national d'études forestières du Cap Estérias (GABON) . Groupement SEGA - BRGM - ORSTOM - Rapport BRGM 69 LIB 006

- 111 - **BRGM (1982)** : Etudes d'implantation des forages pour l'alimentation en eau potable des centres SEEG de : Cocobeach, Boumango... - Rapport BRGM 82 AGE 010 - 2 volumes
- 112 - **BRGM (1982)** : Etude hydrogéologique de 12 localités rurales du Gabon (SEEG) - Rapport BRGM 82 AGE 053.
- 113 - **BRGM (1982)** : 14 notes techniques relatives à des études d'implantation par géophysique et à des supervisions de travaux de forages.
- 114 - **COMPAGNIE GENERALE DE GEOPHYSIQUE (CGG) (1957)** : Etude hydrologique par prospection électrique dans la région de Port-Gentil.
- 115 - **COMPAGNIE GENERALE DE GEOPHYSIQUE (CGG) (1969)** : Région de Libreville (GABON) Cordon littoral de la baie d'AKWANGO - Prospection hydrogéologique par méthode électrique - 10 mai 1969 -Rapport CGG de la mission 328-25-01
- 116 - **DEHAYS M. (1981)** : Programmme d'Hydraulique Villageoise - Etudes d'implantation - Province de la Nyanga - Rapport BRGM 81 AGE 040. .
- 117 - **DEHAYS M. (1982)** : Programme d'Hydraulique Villageoise - Etudes d'implantations -Province du Haut Ogooué (Chef-lieu Franceville) - Rapport BRGM 82 AGE 005.
- 118 - **DEGALLIER R. (1968)** : Résultats du forage d'essai de Port-Gentil (GABON) - Note du CIEH du 2/12/1968.
- 119 - **FERRANDES R. (1974)** : Prospection géophysique de la nappe des sables à Port Gentil (GABON) - Rapport BRGM 74 MET/GPH 063.
- 120 - **GAGEONNET M. (1982)** : Programme d'Hydraulique Villageoise - Etudes d'implantation - Provinces de la Ngounié et de l'Ogooué Maritime - Rapport BRGM 82 AGE 051.
- 121 - **GOACHET E. (1982)** : Alimentation en eau potable de stations du Transgabonais - Station du Booué - Etudes et ressources en eau et estimation du coût des équipements - Rapport BRGM 82 AGE 054.
- 122 - **LIBIZANGOMO J. (1967)** : Ressources hydrauliques du Gabon - Exposé à la Conférence internationale de l'Eau pour la Paix à Washington - 22 au 31 mai 1967.

- 123 - **DE MARSILY G. (1969)** : Campagne de huit puits dans la nappe phréatique de Port Gentil - Rapport SEEG - Août 1969.
- 124 - **MANIGAULT B. - MARTING G. - SCHNEIDER J.L. (1977)** : Rapport BRGM 77 AGE 010 - voir réf. 40 Bibliographie - Ouvrages généraux - 1ère partie.
- 125 - **MARTELAT M. - MENECHET C. (1982)** : Alimentation en eau potable des stations du Transgabonais - Tronçon Ndjole - Booué - Stations de Alembé - Otoumbé - Bissouma - La Lope - Offoué - Rapport BRGM 82 AGE 011.
- 126 - **MARTELAT M.(1982)** : Alimentation en eau potable des stations du Transgabonais - Note complémentaire au rapport 82 AGE 011.
- 127 - **MARTELAT M. (1982)** : Alimentation en eau dans les sites des villages dans la région de Mitzic (HEVEGAB) - Etudes d'implantations des forages sur le 1er site - Rapport BRGM 82 AGE 026.
- 128 - **MARTIN A. (1968)** : Alimentation en eau de Libreville. Ressources en eau du cordon littoral sableux de la Baie d'Akwango - Rapport BRGM n° 68 LIB 13, décembre 1968.
- 129 - **MOUSSU H. (1969)** : Alimentation en eau de Libreville (GABON) - Etudes des ressources aquifères du cordon littoral sableux de la baie d'AKWANGO - Rapport provisoire d'interprétation d'une campagne géophysique et de sondages de reconnaissance - Rapport BRGM 69 LIB 009
- 130 - **MOUSSU H. (1969)** : Alimentation en eau de Libreville - Etude des ressources aquifères du cordon littoral sableux de la baie d'AKWANGO - Rapport BRGM 70 LIB 002
- 131 - **NAPIAS J.C. (1967)** : Alimentation en eau de Port-Gentil - Note sur les piézomètres P1, P2, P3 et essais de pompage sur F1 - Rapport BRGM DAK 67 A6
- 132 - **PALAUSI R. (1960)** : Adduction d'eau de Libreville - Adduction F4 à Gué-Gué - Rapport IERGM du 30/10/1960
- 133 - **PALAUSI R. (1961)** : Adduction d'eau potable de Libreville forage F5 - Rapport IERGM du 27/07/1961

- 134 - **PEAUDECERF P. (1974)** : Alimentation en eau de Port-Gentil - Exploitation intensive de la nappe phréatique - Proposition d'étude sur modèle - Note BRGM/AME du 20/09/1974 pour SEURECA
- 135 - **PERAGALLO J. et SCHNEIDER JL. (1979)** : Alimentation en eau potable des stations du Transgabonais. Stations de ANDEM, OYAN, ABANGA et NDJOLE - Etude des ressources en eau et estimation du coût des équipements - Rapport BRGM 79 AGE 002
- 136 - **PERAGALLO J. (1979)** : Projet d'alimentation en eau de Libreville (GABON) - Reconnaissance géophysique préalable par sondages électriques - Rapport BRGM 79 GPH 008
- 137 - **ROBERT P. (1957)** : Rapport final du sondage d'eau de Port-Gentil PGx 1 - Rapport SPAEF du 30/07/1957.
- 138 - **ROUSSEL B. (dates diverses)** : Résultats d'analyses chimiques d'eau du Gabon - Fiches du Laboratoire des Mines, de la Géologie et des Ressources Hydrauliques du Gabon
- 139 - **SCHNEIDER J.L. (1977)** : Rapport BRGM 77 AGE 025 - voir réf. 53 Bibliographie - Ouvrages généraux - 1ère partie.
- 140 - **SCHNEIDER JL. (1979)** : Eau minérale de LEKONI (Haut Ogooué) - Travaux de forage et analyse - Rapport BRGM 79 AGE 003
- 141 - **SCHNEIDER J.L. (1982)** : Projet de ranch dans la région de Ndende (République Gabonaise) - Ressources en eau - Propositions de recherches d'eau souterraine - Rapport BRGM 82 AGE 041.
- 142 - **SEEG (dates diverses)** : Plans de situation des barrages, des stations de pompage d'AEP en rivière et de puits et forages d'AEP des grandes villes du GABON Société d'Energie et d'Eau du Gabon- BP 2082 - Libreville.

B) LES RESSOURCES EN EAU DU CONGO

1 - CARACTERES GENERAUX DES AQUIFERES

Sur les 342 000 km² du CONGO, les grands ensembles géologiques couvrent les superficies approximatives ci-après :

- 1 - Bassin côtier atlantique : 6 000 km²
- 2 - Cuvette congolaise : 99 000 km²
- 3 - Plateaux Batékés : 105 000 km²
- 4 - Série du Stanley Pool : 20 000 km²
- 5 - Précambrien supérieur : 45 000 km²
- 6 - Précambrien moyen : 28 000 km²
- 7 - Précambrien inférieur : 39 000 km²

Les formations sédimentaires plus ou moins poreuses et perméables des cinq premiers ensembles qui s'étendent sur 80 % du pays représentent les aquifères généralisés

Sur les 20 % restants, les aquifères sont discontinus dans les granitoïdes du Précambrien inférieur et dans les roches métamorphiques du Précambrien moyen.

1.1 - AQUIFERES GENERALISES

1.1.1 - LE BASSIN COTIER

Comme au Gabon, le bassin sédimentaire côtier du Congo est la région la mieux reconnue grâce aux forages de recherche de pétrole, de potasse et d'eau;

La reconnaissance des terrains jusqu'aux évaporites pour la prospection des potasses a été faite par une série de sondages à la rotation, carottés en partie, qui sont bien décrits lithologiquement.

Les figures 15-1 à 15-3 présentent une simplification de ces descriptions lithologiques jusqu'au toit du " Salifère " sur :

- 44 sondages de recherche de potasse, numérotés K1 à K43, plus un sondage-guide (SG1)
- un sondage pétrolier "Mengo 101" (M101).

K1 +66,80 **K2** +86 **K3** +152,90 **K4** +20,55 **K5** +68,90 **K6** +36,20 **K7** +20,50 **K8** +79,90 **K9** +94,56 **K10** +45,53 **K11** +69,70 **K12** +83,20 **K13** +64,74 **K14** +64,91 **K15** +61,43

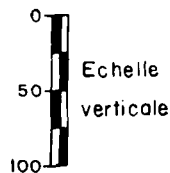
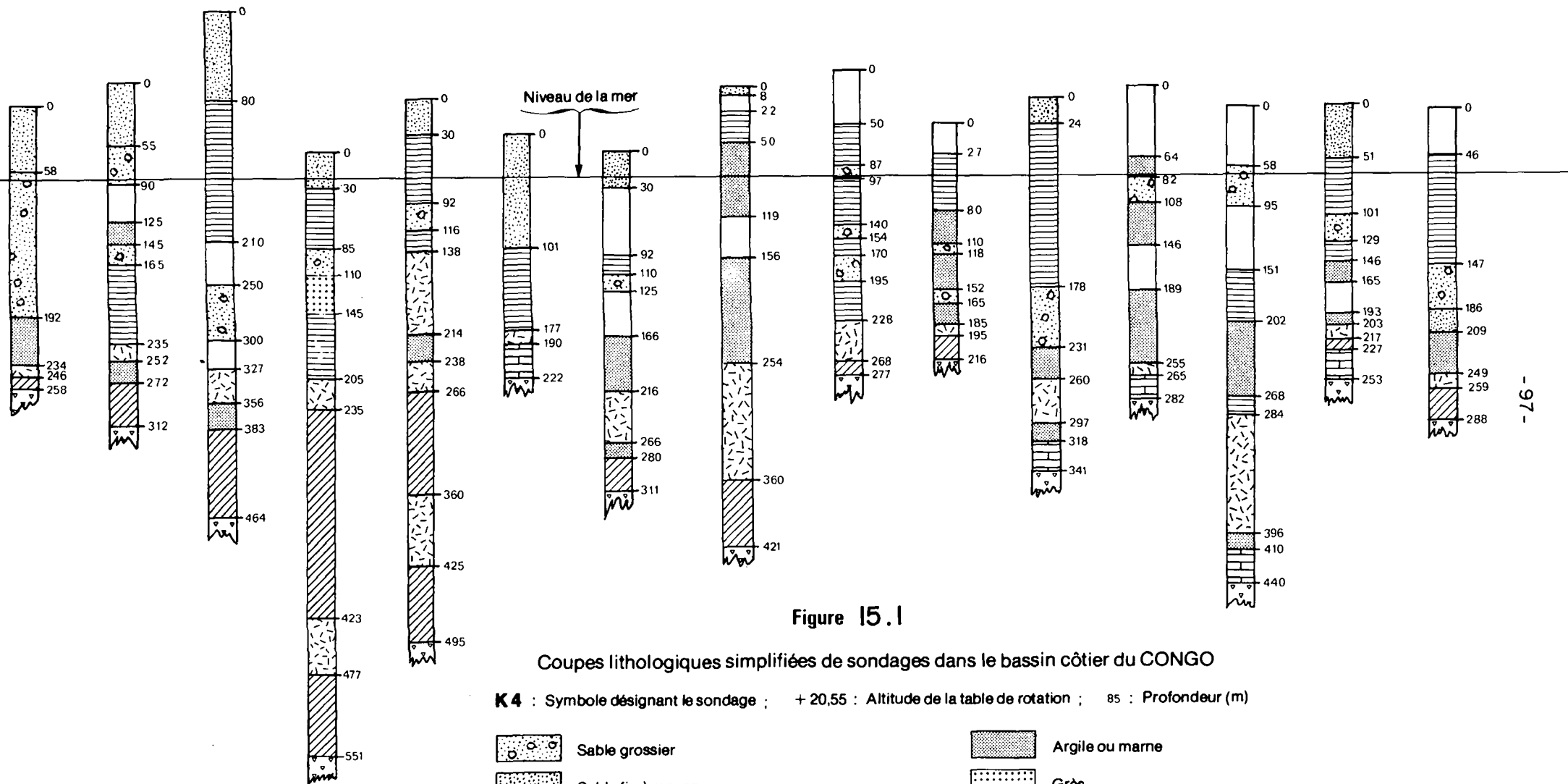
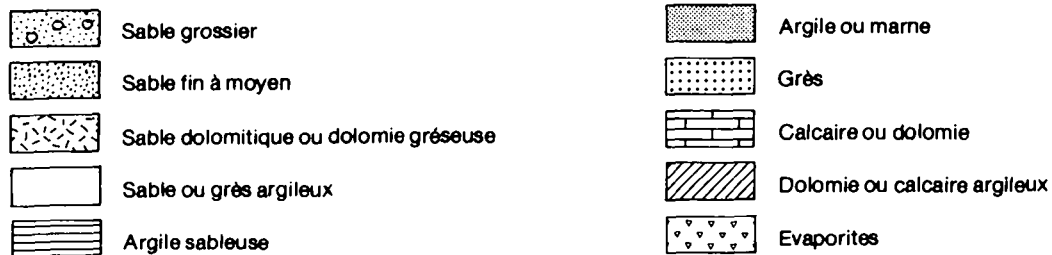


Figure 15.1
Coupes lithologiques simplifiées de sondages dans le bassin côtier du CONGO

K4 : Symbole désignant le sondage ; +20,55 : Altitude de la table de rotation ; 85 : Profondeur (m)



K 16 **K 17** **K 18** **K 19** **K 20** **K 21** **K 22** **K 23** **K 24** **K 25** **K 26** **K 27** **K 28** **K 29** **K 30**
 + 30,22 + 80,70 + 33,20 + 43,83 + 10,72 + 16,33 + 21,11 + 114,65 + 88,65 + 53 + 91,40 + 109,70 + 67,60 + 81,10 + 133,50

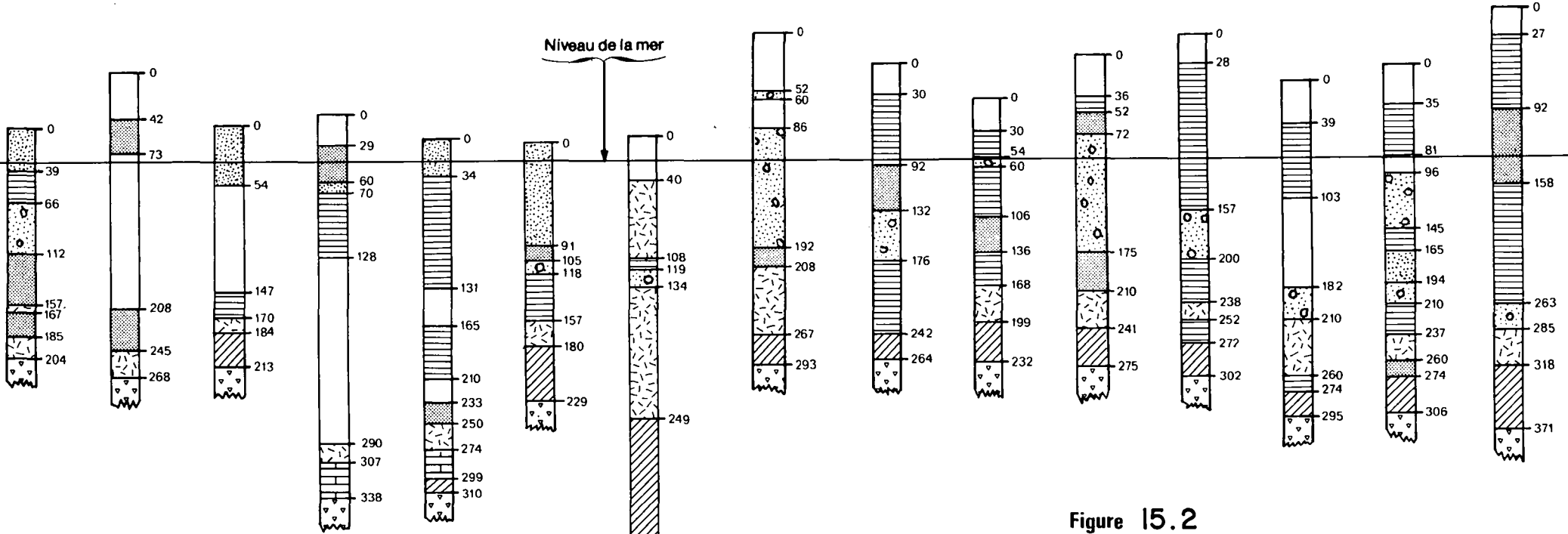
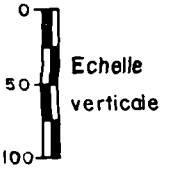


Figure 15.2

Coupes lithologiques simplifiées de sondages dans le bassin côtier du CONGO

K 16 : Symbole désignant le sondage ; + 30,22 : Altitude de la table de rotation ; 66 : Profondeur (m)

- | | | | |
|--|---------------------------------------|--|------------------------------|
| | Sable grossier | | Argile ou mame |
| | Sable fin à moyen | | Grès |
| | Sable dolomitique ou dolomie gréseuse | | Calcaire ou dolomie |
| | Sable ou grès argileux | | Dolomie ou calcaire argileux |
| | Argile sableuse | | Evaporites |



K 31 **K 32** **K 33** **K 34** **K 35** **K 36** **K 37** **K 38** **K 39** **K 40** **K 41** **K 42** **K 43** **SG 1** **MEN 101**
 + 45,70 + 81,60 + 93,90 + 62,90 + 79,80 + 63,40 + 123,60 + 47,20 + 70 + 30,29 + 62,59 + 70 + 60,40 + 106,35 + 155

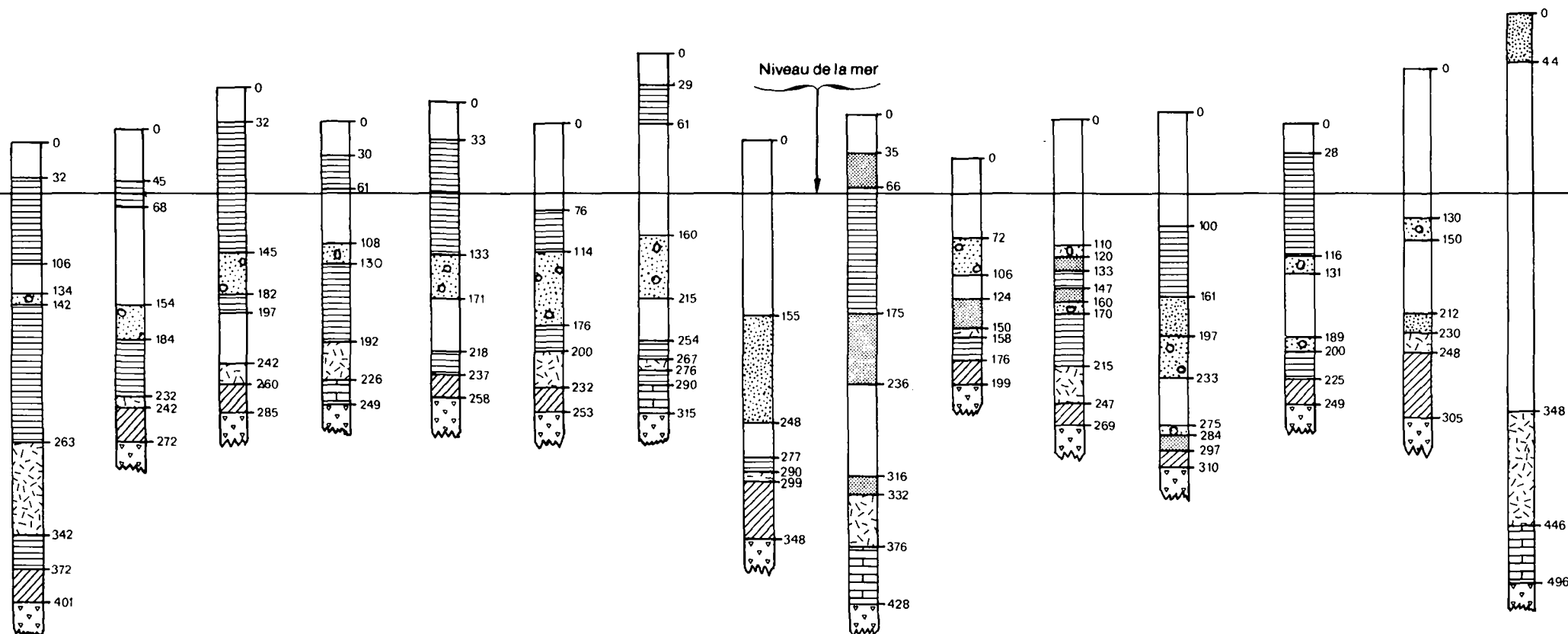
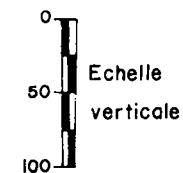
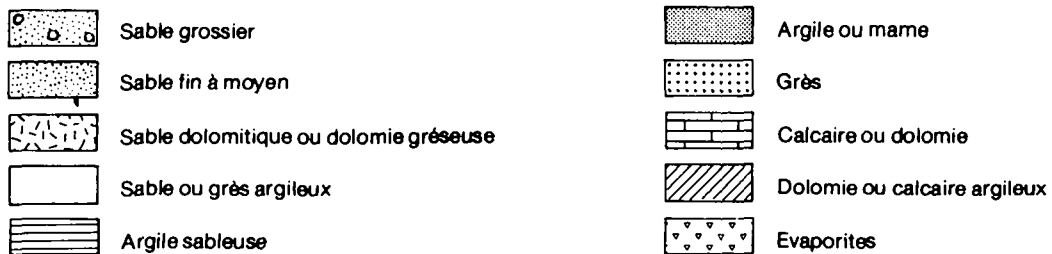


Figure 15.3

Coupes lithologiques simplifiées de sondages dans le bassin côtier du CONGO

K 31 : Symbole désignant le sondage ; + 45,70 : Altitude de la table de rotation ; 32 : Profondeur (m)



La localisation des sondages apparaît sur les figures 16-1 et 16-2, qui comportent en outre la position de treize forages pétroliers et de trois forages d'eau de Pointe Noire.

MM JM. SCHLUND, H. de VAUCORBEIL, P. VANDENBROUCKE et S. WILT (RB 43)*, qui ont surveillé les sondages exécutés pour le Syndicat de Recherches de Potasse du Congo, subdivisent les terrains post-salifères en cinq séries, qui se présentent comme suit, de haut en bas, sur le sondage K3 :

- 1 - **Sables de surface** (3,20 à 82,00 m)
Sables fins, plus ou moins argileux, de couleur blanchâtre, jaune-ocre ou rouge.
- 2 - **Série des cirques** (82 à 172,00 m).
Argiles plus ou moins sableuses rouge lie de vin et sables argileux rouge orangé.
- 3 - **Série des sables grossiers ferrugineux** (172,00 à 304,00 m).
Sables mal classés, parfois conglomératiques, à concrétions ferrugineuses, avec passées d'argile jaune à rose. Grès ferrugineux à la base.
- 4 - **Série argileuse grès-dolomitique** - Madiéla supérieur (304,00 à 410,00 m).
304,00 à 326,00 m : Sables argileux jaunes à roses à éléments plus ou moins roulés de quartz et quartzites.
326,00 à 383,00 m : Agregats grès-dolomitiques gris-bleu passant à des argiles jaunâtres à gris-bleuté à la base.
383,00 à 410,00 m : Dolomie gris-rosâtre et dolomie marneuse marron.
- 5 - **Série calcaréo-dolomitique** - Madiéla inférieur (410,00 à 464,00 m).
Calcaire dolomitique gris, dolomie grise à beige, banc de marne plastique grise à blanche. Traces de gypse entre 420 et 440 m. Banc d'anhydrite à 420 m.

Au-dessous, la série salifère atteint 708 m, ce qui correspond à une moyenne entre les épaisseurs de 350 à 400 m sur les sondages orientaux et 1000 m environ près du littoral dans la zone nord, sur le sondage K5.

* Voir Bibliographie -Ouvrages généraux n° 43

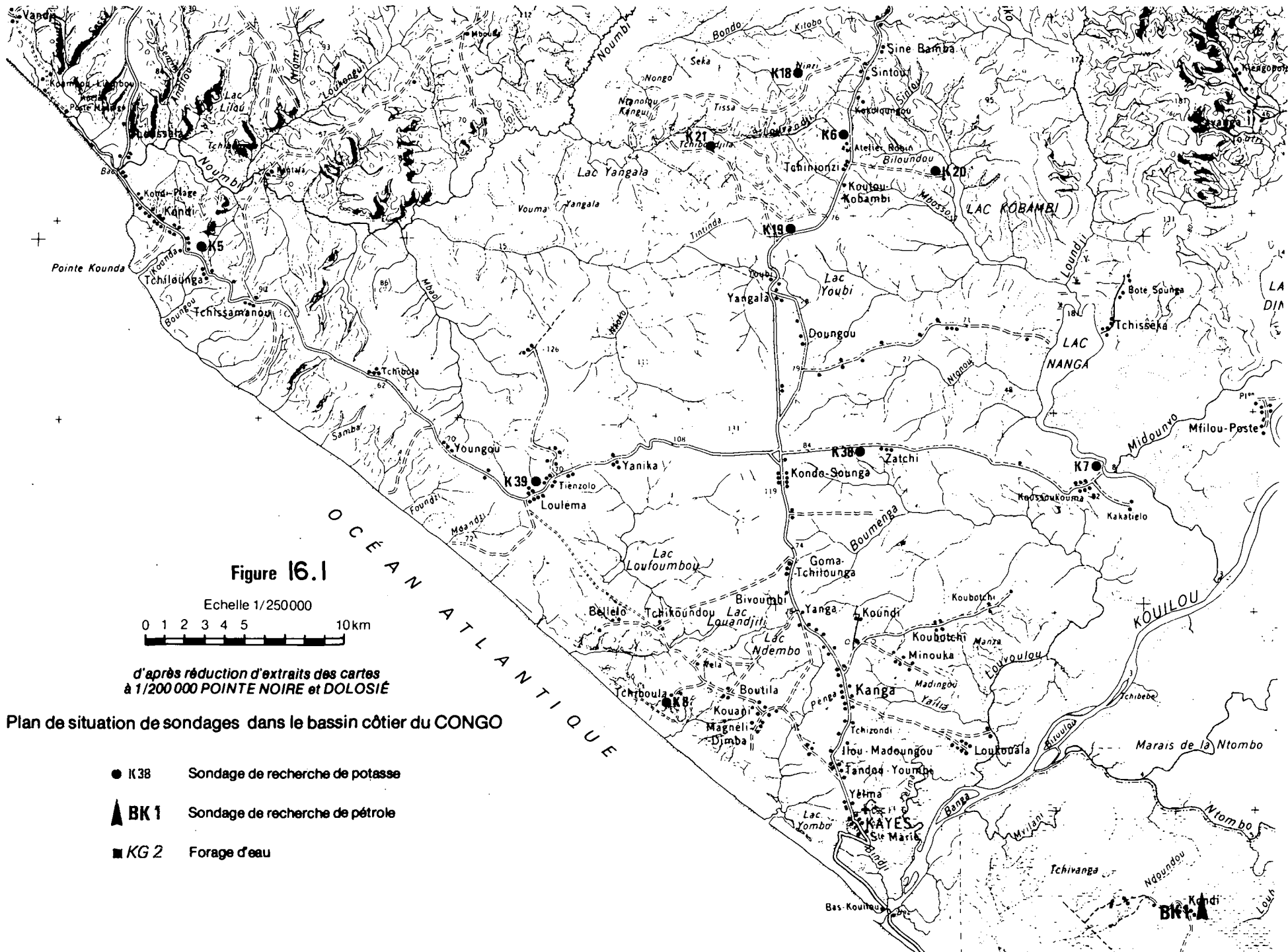


Figure 16.1

Echelle 1/250000
 0 1 2 3 4 5 10km

d'après réduction d'extraits des cartes
 à 1/200 000 POINTE NOIRE et DOLOSIE

Plan de situation de sondages dans le bassin côtier du CONGO

- K38 Sondage de recherche de potasse
- ▲ BK1 Sondage de recherche de pétrole
- KG2 Forage d'eau

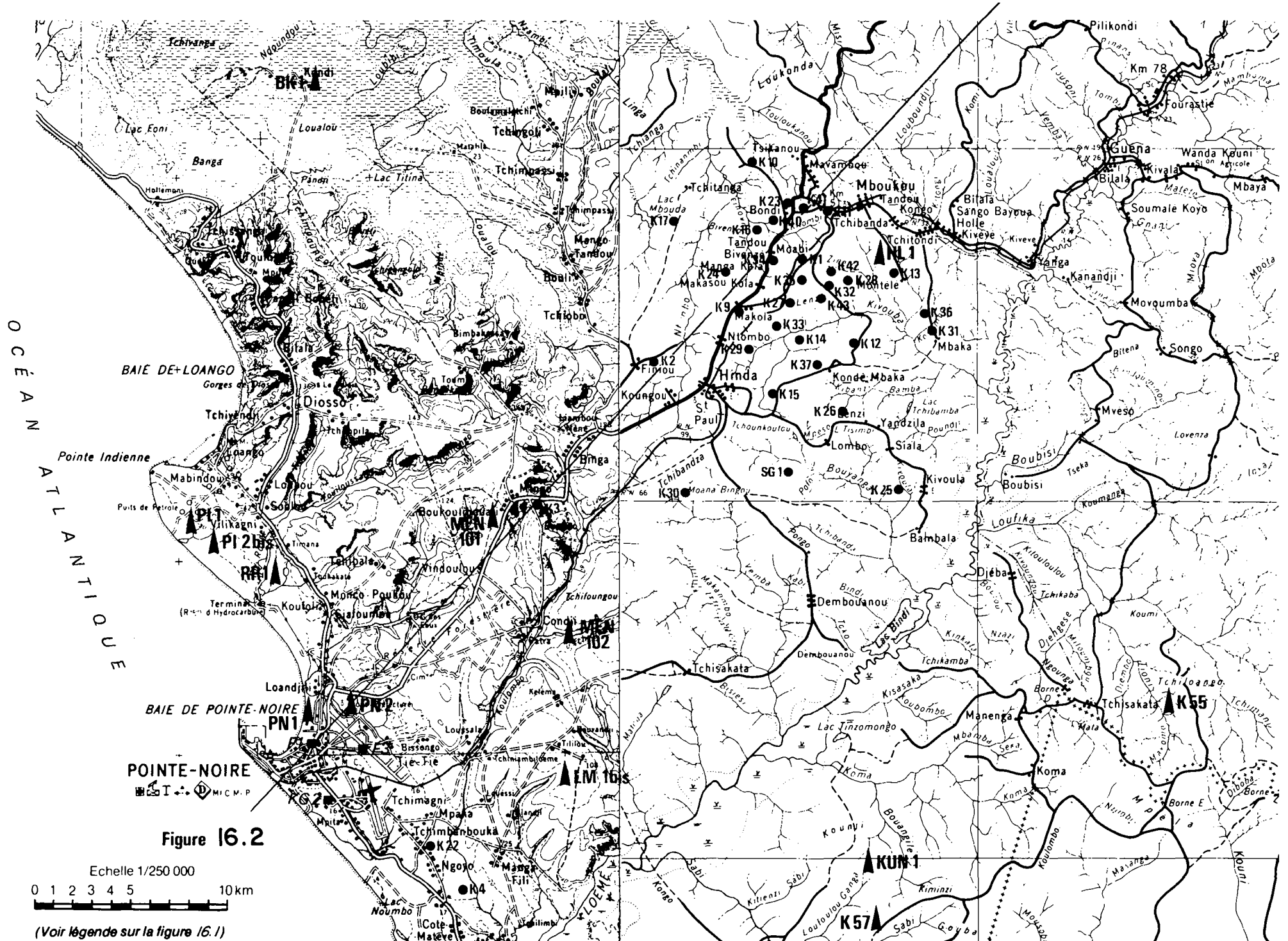


Figure 16.2

Echelle 1/250 000

0 1 2 3 4 5 10 km

(Voir légende sur la figure 16.1)

La puissance totale des terrains post-salifères atteint plusieurs centaines de mètres comme on peut le voir sur le cartouche C5 d'après l'altitude négative du toit des évaporites en tenant compte d'une altitude du sol qui va de + 10 près du littoral, à + 170 environ au contact sédimentaire sur socle cristallin.

Si la puissance totale augmente normalement de la bordure orientale du bassin en direction du littoral, on peut noter les tendances suivantes :

- série 1 : de 50 à 100 m sur les sondages les plus à l'Est, l'épaisseur passe à une vingtaine de mètres du littoral.
- série 2 : inexistante sur les forages orientaux, la série des Cirques débute à peu près sur la ligne K2 - K38, s'épaissit vers le Sud-Ouest pour dépasser parfois 150 m à l'approche du littoral.
- série 3 : comme la série 1, la série 3 passe d'une centaine de mètres d'épaisseur sur l'alignement K1 - K7 pour diminuer vers le littoral et parfois disparaître totalement.
- séries 4 et 5 : l'épaisseur augmente d'Est en Ouest, faiblement au Sud du bassin, entre 100 m sur K1 et 200 m sur PN2, mais fortement au Nord où elle passe d'une soixantaine de mètres sur K6 à 430 m sur K5.

De nombreux horizons sableux, gréseux ou calcaréo-dolomitiques fissurés sont aquifères dans les couches surmontant les évaporites.

Outre les horizons sollicités dans la zone de Pointe Noire pour alimenter la ville en eau potable, il serait possible de capter de l'eau sur la plus grande partie du bassin côtier.

En prévision d'une exploitation future de la potasse, quelques essais de débit ont été effectués dans les couches calcaréo-dolomitiques fissurées situées immédiatement au-dessus des évaporites. Le tableau ci-après résume quelques données brutes des essais sur les sondages K28, K29, K30 et sur S.G.1

Tableau 14

RESULTATS D'ESSAIS DE DEBITS SUR 4 SONDAGES D'EXPLOITATION DE POTASSE

Sondage	Profondeur testée	Débit maximal estimé (m ³ /h)	Salinité (g/l)
K 28	240,50 à 270 m	14,4	0,805
K 28	idem	16,5	0,77
K 28	273,66 à 298 m	19,0	3,64
K 28	298,00 à 307 m	nul	
K 29	246 à 277 m	10,8	
K 29	246 à 277 m	13,0	
K 29	280 à 304 m	10,8	14,7
K 29	309 à 325 m	nul	
K 30	320 à 348 m	7,92	0,56
K 30	348 à 372 m	14,4	0,35
K 30	372 à 395 m	nul	
SG 1	266 à 285 m	imprécis	1,1

Les débits annoncés sont seulement indicatifs

Salinité en équivalent Na Cl

Au cours des travaux de sondages, on a observé une dolomie très fracturée sur K38 de 332 à 344 m et des pertes totales de boue vers 400 m sur K3 et vers 268 m vers K36. Il est connu, par ailleurs, que l'exploitation de la potasse a été gênée par d'importantes venues d'eau.

Ces diverses informations constituent des indices intéressants pour les futures recherches d'eau dans les aquifères du bassin côtier.

Une représentation schématique des différentes formations post-salifères du bassin au niveau de Pointe Noire est donnée en figure 16-3. La situation de la coupe (AB) est indiquée sur le cartouche C5 de la carte et sur la figure 16-2.

Sur le tableau 13, on notera, dans la plupart des cas, la faible salinité de l'eau provenant de terrains situés à quelques dizaines de mètres seulement au-dessus des évaporites très solubles : sel gemme, gypse, anhydrite, carnallite, sylvinite, etc...

1.1.2 - TERRAINS DE LA CUVETTE CONGOLAISE, DES PLATEAUX BATEKES ET SERIE DU STANLEY-POOL

Cet ensemble qui occupe tout l'Ouest, soit les 2/3 du Congo, a été peu reconnu par sondages.

Les renseignements sur la série du Stanley-Pool sont succincts ; les affleurements ont été observés près de Brazzaville et la carte présente avec réserve l'existence de la série dans le fond des vallées entaillant les Plateaux Batékés.

Trois niveaux ont été distingués :

- un niveau inférieur d'argilite rouge et marne - sableuse
- un niveau moyen de grès compact blanc
- un niveau supérieur de grès kaolinique jaune.

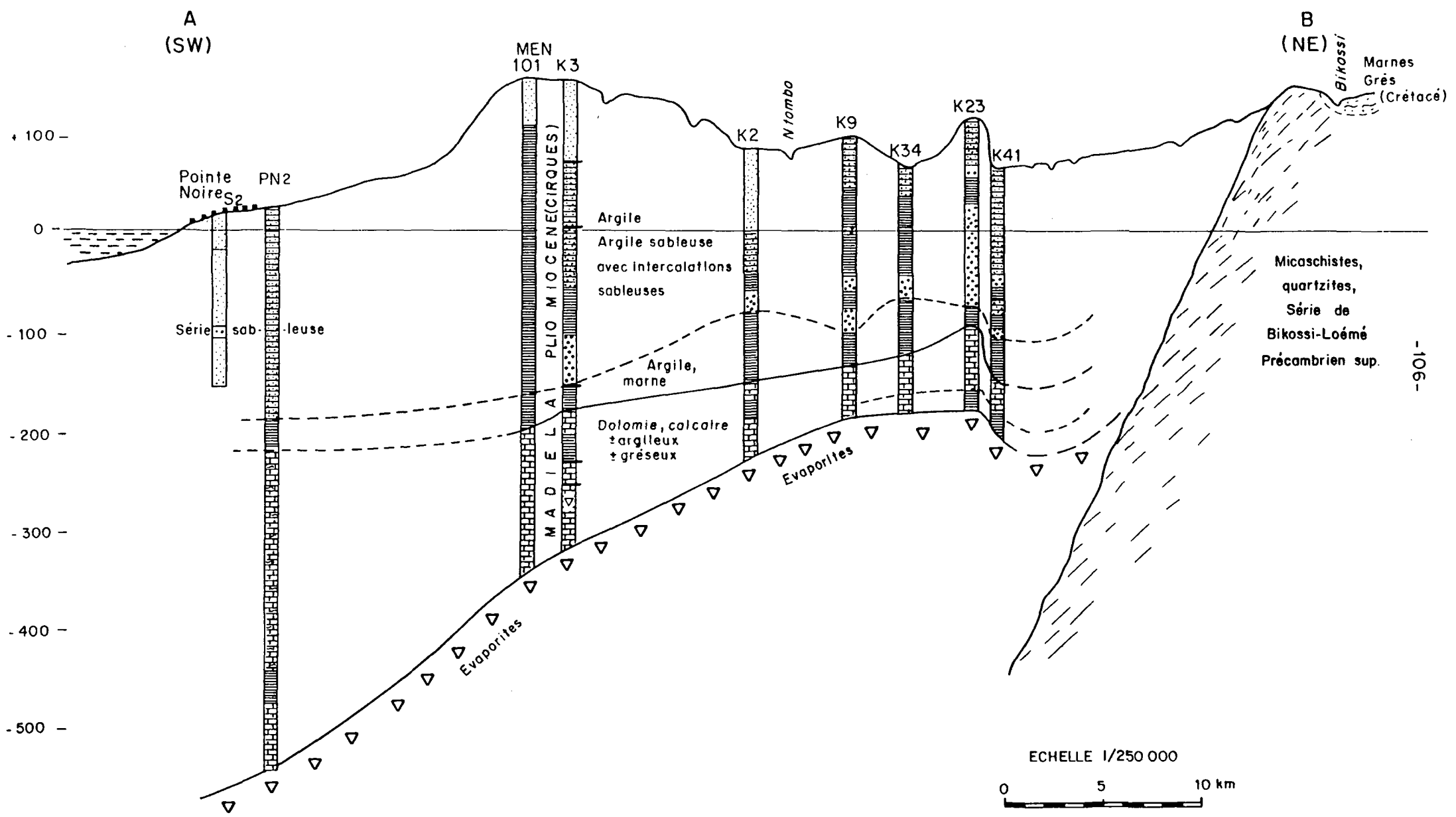
La puissance de la série, non indiquée dans la notice de la Carte Géologique du Congo, semble être de quelques dizaines de mètres.

La série des Plateaux Batékés se subdivise en :

- 300 m environ de "grès polymorphes" à la partie inférieure.
- 40 à 90 m de "limons sableux" ocres à la partie supérieure.

Coupe SW-NE passant par Pointe Noire

Figure 16-3



L'érosion a détruit une fraction notable des plateaux et les produits entraînés par les rivières se sont accumulés dans la cuvette congolaise sous forme de limons et de sables - cimentés en grès par endroits.

Au point de vue hydrogéologique, les trois séries peuvent être considérées comme un ensemble aquifère dans lequel les futurs forages permettront de distinguer des sous-ensembles aux caractéristiques individualisées.

Les ouvrages de captage sollicitant les nappes de ces terrains sont apparemment assez peu nombreux :

- quelques puits et forages de 20 à 30 m de profondeur existent sur le plateau de l'aéroport de Maya-Maya, en bordure occidentale de l'agglomération de Brazzaville. On ignore si la nappe captée se localise dans les alluvions anciennes du fleuve Congo ou dans des terrains antérieurs.
- sur le plateau Koukouya, proche du coin Sud-Est du Gabon, deux forages et 4 puits ont été creusés. Le forage de Tchoumou, profond de 303 m, a été fait en 1960 ; l'eau se stabilise à 250 m de profondeur et le débit serait de l'ordre de 6 m³/h avec 20 à 25 m de rabattement ; il n'est pas exploité. Les autres ouvrages de quelques dizaines de mètres atteignent de petites nappes perchées et leurs débits étaient faibles ou nuls. Les habitants préfèrent, sur ces plateaux élevés où la nappe est très profonde, utiliser l'eau de pluie stockée dans des mares et des citernes.

Dans les vallées apparaissent des sources aux débits parfois très importants, "soutenus" par des précipitations notables et bien régularisés par la masse des grès argileux.

Un programme de reconnaissance de ce vaste ensemble aquifère pourrait être entrepris pour satisfaire les besoins en eau potable des agglomérations. Les excellents résultats obtenus au Gabon (cf 1.1.2) pourraient être utilisés pour orienter les recherches.

1.1.3 - LE PRECAMBRIEN SUPERIEUR

La description des terrains du synclinal de la Nyanga, au Gabon, et les renseignements fournis par les forages villageois du Gabon (cf 1.1.3) intéressent particulièrement le Congo.

On soulignera :

- que ces formations affleurent au Congo sur une superficie encore plus grande, soit 45 000 km²,
- que le forage de Loudima-Télémine, réalisé dès 1961, dans le Schisto-calcaire, constitue un succès engageant vu son débit de 16 m³/h obtenu avec un rabattement très faible (cf. C6 sur la liste des ouvrages de référence à la fin de cette notice).

1.2 - AQUIFERES DISCONTINUS

Les roches granitiques et métamorphiques du Précambrien moyen et inférieur couvrent à peine 20 % de la surface du Congo. Sur ces 67 000 km², il est probable que la sollicitation des eaux souterraines s'imposera et que des recherches seront entreprises.

Les terrains étant très semblables à ceux du Gabon, le lecteur pourra se reporter au paragraphe 1.2. de la notice de ce pays, dont les éléments s'appliquent également au Congo.

2 - LES EAUX SUPERFICIELLES - LES BARRAGES

Le réseau hydrographique très développé comprend essentiellement deux grands collecteurs :

- l'énorme fleuve Congo, qui borde le pays à l'Est sur plus de 600 km, et débite en permanence plusieurs dizaines de milliers de m³/s ; son module à Brazzaville atteint 43 000 m³/s.
- le fleuve Kouilou, qui reçoit les rivières des terrains montagneux de l'Ouest du pays.

Le tableau 15 rassemble quelques données sur les barrages réalisés ou projetés.

Tableau 15 : BARRAGES DU CONGO

Désignation de l'ouvrage	Rivière	Cote de la retenue	Capacité cuvette (10 ⁶ m ³)	Débit turbinable (m ³ /s)	Avanc ^t
Djoué	DJOUE	+ 305	13,5	140	construit
Moukoulou	BOUENZA	+ 380	0,5	128	construit
Imboulou	LEFINI	+ 311		420	projeté
Sounda	KOUILOU	+ 116,50	35500	950	projeté

Cette liste n'est pas limitative et d'autres sites équipables existent, en particulier sur les rivières Lefini et Bouenza.

L'objectif de ces divers barrages est généralement la production d'énergie électrique ; à Djoué, l'objectif est le stockage en vue de l'alimentation en eau potable de Brazzaville.

3 - ALIMENTATION EN EAU POTABLE DE POINTE NOIRE

L'eau superficielle, éventuellement décantée et traitée, est utilisée le plus souvent pour la distribution urbaine. L'eau souterraine est utilisée, en revanche, dans la zone côtière atlantique, entre autre pour l'alimentation de Pointe Noire.

Fin Mars 1981, la Société Nationale de Distribution de l'Eau (SNDE) avait confié au bureau d'études IWACO B.W* le projet de développement en eau de Pointe Noire. SNDE précisait que le point sur la situation actuelle avait été fait dans un précédent rapport d'IWACO du 21/5/1974. Nous avons pu consulter les figures de ce rapport mentionnant qu'en 1958, l'usine de Gambouissie fournissait 4 500 m³/jour et que grâce à 3 forages complémentaires, on disposait de 9 800 m³/jour début 1974.

Les besoins étaient estimés à 16 500 m³/jour en 1975 et probablement 20 000 à 25 000 m³/jour vers 1980-85.

A défaut de synthèse sur les forages existants et sur l'orientation donnée aux nouvelles recherches, il est seulement possible de présenter quelques éléments ponctuels résumés sur le tableau 17 à la fin de cette notice.

*International Water Supply Consultants - ROTTERDAM PAYS-BAS

La localisation des ouvrages sur le cartouche C5 de la carte est reprise à plus grande échelle sur la figure 16.2.

D'Ouest en Est, on rencontre :

- les sondages de reconnaissance S1 à S3 réalisés en 1959 par SASIF, dans le quartier de Loango, pour le compte des Brasseries du Cameroun, devenues les Brasseries de Pointe Noire. Les forages d'exploitation F1 et F2 ont été exécutés à côté des sondages S1 et S3 positifs.
- les sondages CASP S1 et CASP S2 réalisés en 1960 par SASIF pour la CASP (Compagnie Africaine de Services Publics) devenue ultérieurement la SNDE.

Les caractéristiques du forage d'exploitation F3, foré près de CASP S2, sont inscrites sur le tableau 17 ; celles du forage d'exploitation appelé H1 par IWACO ne sont que partiellement connues, mais d'après les résultats du sondage de reconnaissance CASP S1, les sondeurs annonçaient un débit possible de l'ordre de 100 m³/heure.

Au Sud, apparaissent les deux forages :

- KG1, fait par SASIF en 1963
- KG2, fait par FORAMINES en 1970, pour les Brasseries Kronenbourg.

Leurs caractéristiques sont données sur le tableau 17.

On notera la distance de 3 km, relativement grande, entre les trois groupes de forages. Dans la mesure où les installations urbaines le permettent, il est certainement possible de faire de nouveaux forages à l'intérieur de cette "maille" sans craindre une interaction trop accusée des pompages.

Si l'on considère les cotes piézométriques vers 1960, on trouve :

- + 13,20 sur le groupe F1 et F2
- + 15 sur F3
- + 13,80 sur KG1

Par ailleurs, les sables aquifères plus fins et plus cimentés recoupés par les forages des Brasseries Kronenbourg expliqueraient la productivité relativement faible dans ce secteur ; à l'inverse la productivité est maximale en F3.

Ces premiers indices sur la piézométrie et la productivité inciteraient à orienter d'abord les recherches dans le secteur nord-est de la ville, où l'altitude croissante du sol faciliterait en outre la protection des points d'eau futurs.

4 - LES RESSOURCES RENOUVELABLES

Les ressources renouvelables (Rre) des aquifères sont des moyennes annuelles exprimées en hauteur d'eau infiltrée et en volume par km².

Le volume d'eau infiltré annuellement sur l'ensemble du Congo est calculé en additionnant les volumes unitaires déterminés sur chaque plage de valeur de Rre.

Pour chaque plage, on fait le produit de la surface pour la valeur moyenne de Rre ; par exemple, entre les courbes Pf = 750 mm et Pf = 1 000 mm, on adoptera la moyenne : 875 mm.

Le tableau 16 ci-après donne les divers éléments du calcul.

Tableau 16

RESSOURCES RENOUVELABLES (Rre) DES AQUIFERES DU CONGO

Pf (mm)	Pf moyen (mm)	Superficie concernée (km ²)	Rre 10 ⁶ x m ³)
1 500 à 2 000	1 750	950	1 660
1 250 à 1 500	1 375	1 950	2 680
1 000 à 1 250	1 125	14 880	16 740
750 à 1 000	875	48 200	41 180
500 à 750	625	105 000	65 620
250 à 500	375	169 300	63 480
250	200	1 720	340
	TOTAUX	342 000	191 7000

5 - OUVRAGES DE REFERENCE

Les caractéristiques connues des principaux forages d'eau réalisés dans les aquifères généralisés du Congo sont présentées dans le tableau 17 (page suivante).

Sept forages seulement sont symbolisés par une lettre C (Congo), suivie d'un numéro d'ordre de 1 à 7. Les cinq premiers points sont reportés sur le cartouche C5 et sur la figure 17, tandis que les points C6 et C7 figurent sur la carte principale.

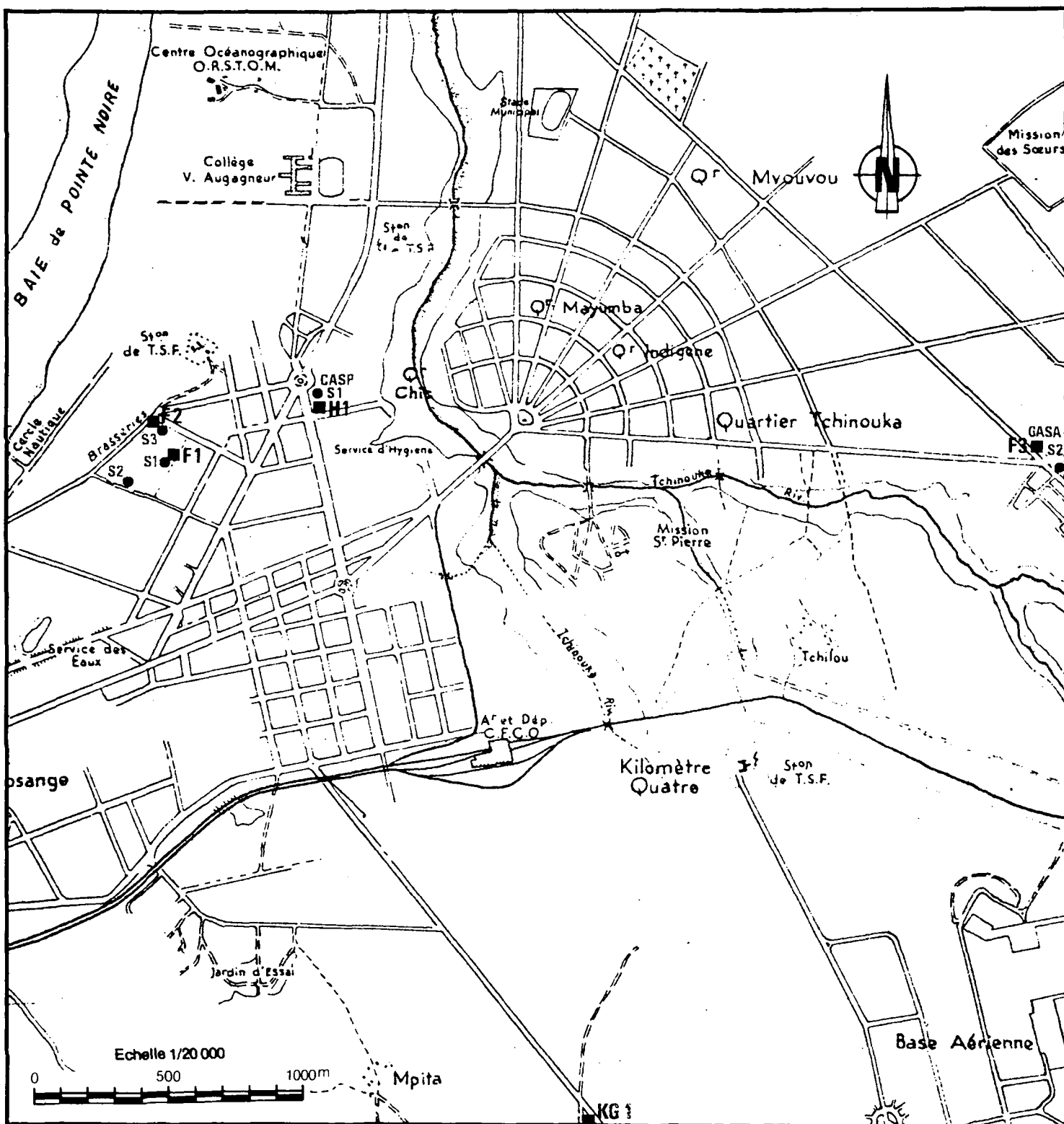
Plan de situation des forages d'eau de POINTE NOIRE

Echelle 1/20 000

(d'après un ancien plan extrait d'un compte-rendu de S.A.S.I.F.)

● CASP S2 : Sondage de reconnaissance

■ F2 : Forage d'exploitation



■ KG 2

Tableau 17

POINTS D'EAU DES AQUIFERES GENERALISES DU CONGO

N°	Désignation	Coordonnées			Réalisé en...	Foreur (1)	Prof' forage (m)	Niveau piéz. (m)	Crépine		Débit m ³ /h	Rabatt ¹ (m)	Débit spécif m ³ /h/m	Résidu sec (mg/l) (2)	Formation aquifère
		X	Y	Z					L (m)	Ø (")					
G1	Pointe Noire F 1	816,50	9470,50	+ 8,50	1959	SIF	118,50	+ 4,75	15,50	8"	80	24	33	212	Sables et grès crétac. sup.
G2	Pointe Noire F 2	816,50	9470,60	+ 7,50	1960	SIF	122,00	+ 5,70	14,70	8"	80	20	4	200	Sables et grès crétac. sup.
C3	Pointe Noire F 3	819,80	9470,40	+ 16,90			151,60	1,90	22,8	8"	120	23	5,2	194	Sables et grès crétac. sup.
C4	Pointe Noire Kg 1	817,90	9467,70	+ 17,10	1963	SIF	130,00	3,30	20,00	8"	51	41,70	1,28	212	Sables et grès crétac. sup.
C5	Pointe Noire Kg 2	818,00	9467,85	+ 17,00	1970	FRM	167,00	6,35	30,00	8"	55,2	47,50	1,16	312	Sables et grès crétac. sup.
C6	Loudima (Télémine)	13°3'E	4°7'S		1961	SIF	63,00	43,00	non		16	faible	élevé	496	Schisto-calc. Préc. sup.
C7	Ntchoumou (Plateau-Koukouya)	14°32'E	2°23'S		1960	SIF	303,00	252,50	non		(6)				Grès batékés

(1) SIF = SASIF ; FRM = FORAMINES

(2) voir également les résultats d'analyses sur le tableau 9

BIBLIOGRAPHIE DU CONGO

(référéncée à partir du 2 01)

- 201 - **BOINEAU R. (1958)** : Etude du confluent Niari-Louesse (Congo) - Rapport DMG d'AEF (T) T.25 du 13/5/1958
- 202- **BOINEAU R. ROQUES M. (1958)** : Conditions géologiques de l'implantation du barrage de Sounda sur le Kouilou (Congo) - Rapport DMG d'AEF (T) T. 28 du 31/5/1958
- 203 - **BOINEAU R. (1959)** : Note sur les conditions géologiques de la recherche d'eau profonde à Pointe Noire - Rapport DMG Brazzaville (T) T. 37 du 5/5/1959
- 204 - **DAESSLE M. SOMMELET H. (1970)** : Société Congolaise des Brasseries Kronenbourg Pointe Noire - Etude hydrogéologique - Rapport du Service de la Carte Géologique d'Alsace et de Lorraine - 19/1/1970
- 205 - **DAESSLE M. (1970)** : Société Congolaise des Brasseries Kronenbourg - Rapport final de surveillance hydrogéologique du forage KG2 à Pointe Noire - République du Congo - Rapport du Service de la Carte Géologique d'Alsace et de Lorraine - 19/10/1970
- 206 - **EDF - IGUFE (1958)** : Fleuve Kouilou-Niari - Aménagement de Sounda - Rapport sur les possibilités de circulations karstiques entre le Kouilou-Niari et la Nyanga - Plan d'ensemble et plans des ouvrages - Rapport EDF - IGUFE Février 1958
- 207 - **GAUCHER G. (1968)** : Etude des ressources en eau de la vallée du Niari - Congo-Brazza - Rapport SCET - COOP d'Octobre 1968 pour le PNUD - FAO
- 208 - **HUDELEY H. (1977)** : République Populaire du Congo-Brazza - Renseignements sur l'hydrogéologie du secteur de l'aéroport de Maya-Maya à Brazzaville.
Note BRGM/SGAL du 3/10/1977
- 209 - **IKOUNGA M. (1976)** : Note sur le bassin versant du Kouilou-Niari.
Etude ORSTOM présentée en DEA devant l'Université de Paris VI, Laboratoire de géologie dynamique le 28 Mai 1976.
- 210 - **LEMAIRE B. (1965)** : Etude hydrogéologique préliminaire sur le gisement de St Paul - Congo - Rapport BRGM 65 DO 3 (Mai 1965) pour la Compagnie des Potasses du Congo

- 211 - **NICOLINI P. (1952)** : Etude hydrogéologique de la région de Loudima (Congo)
- Rapport DMG d'AEF (S) T.26 du 21/11/1952
- 212 - **SCANVIC J.Y. (1957)** : Note sur l'implantation de puits pour alimentation en eau
dans la région de Dolisie (Congo) - Rapport DMG d'AEF (AC) T.24 du 15/3/1957.
- 213 - **SOGETHA (1963)** : Etude préliminaire pour l'alimentation en eau du plateau
Koukouya (Congo) - Rapport SOGETHA - Grenoble - Octobre 1963.
- 214 - **TCHIKAYA J.B. (1969)** : La région de Loutété (Congo Brazzaville) - Géologie,
Hydrologie et problèmes appliqués - Thèse 3ème cycle Université de Besançon -
Géologie Appliquée - 27/10/1969.