



National Library
of Canada

Acquisitions and
Bibliographic Services Branch

395 Wellington Street
Ottawa, Ontario
K1A 0N4

Bibliothèque nationale
du Canada

Direction des acquisitions et
des services bibliographiques

395, rue Wellington
Ottawa (Ontario)
K1A 0N4

Your file Votre référence

Our file Notre référence

NOTICE

The quality of this microform is heavily dependent upon the quality of the original thesis submitted for microfilming. Every effort has been made to ensure the highest quality of reproduction possible.

If pages are missing, contact the university which granted the degree.

Some pages may have indistinct print especially if the original pages were typed with a poor typewriter ribbon or if the university sent us an inferior photocopy.

Reproduction in full or in part of this microform is governed by the Canadian Copyright Act, R.S.C. 1970, c. C-30, and subsequent amendments.

AVIS

La qualité de cette microforme dépend grandement de la qualité de la thèse soumise au microfilmage. Nous avons tout fait pour assurer une qualité supérieure de reproduction.

S'il manque des pages, veuillez communiquer avec l'université qui a conféré le grade.

La qualité d'impression de certaines pages peut laisser à désirer, surtout si les pages originales ont été dactylographiées à l'aide d'un ruban usé ou si l'université nous a fait parvenir une photocopie de qualité inférieure.

La reproduction, même partielle, de cette microforme est soumise à la Loi canadienne sur le droit d'auteur, SRC 1970, c. C-30, et ses amendements subséquents.

Canada

PROCESSUS D'ALIMENTATION
DE LA NAPPE PHRÉATIQUE ET
GÉOCHIMIE DES NITRATES DES EAUX SOUTERRAINES
DE LA PRESQU'ÎLE DE KALOUM,
CONAKRY, GUINÉE

par

MORCIRÉ SYLLA

Thèse soumise à l'Ecole des études supérieures et de la recherche pour

l'obtention du grade de maîtrise ès science (Sciences de la terre)

CENTRE GÉOSCIENTIFIQUE OTTAWA-CARLETON

ET UNIVERSITÉ D'OTTAWA



National Library
of Canada

Acquisitions and
Bibliographic Services Branch

395 Wellington Street
Ottawa, Ontario
K1A 0N4

Bibliothèque nationale
du Canada

Direction des acquisitions et
des services bibliographiques

395, rue Wellington
Ottawa (Ontario)
K1A 0N4

Your file Votre référence

Our file Notre référence

The author has granted an irrevocable non-exclusive licence allowing the National Library of Canada to reproduce, loan, distribute or sell copies of his/her thesis by any means and in any form or format, making this thesis available to interested persons.

L'auteur a accordé une licence irrévocable et non exclusive permettant à la Bibliothèque nationale du Canada de reproduire, prêter, distribuer ou vendre des copies de sa thèse de quelque manière et sous quelque forme que ce soit pour mettre des exemplaires de cette thèse à la disposition des personnes intéressées.

The author retains ownership of the copyright in his/her thesis. Neither the thesis nor substantial extracts from it may be printed or otherwise reproduced without his/her permission.

L'auteur conserve la propriété du droit d'auteur qui protège sa thèse. Ni la thèse ni des extraits substantiels de celle-ci ne doivent être imprimés ou autrement reproduits sans son autorisation.

ISBN 0-612-07829-9

Canada



UNIVERSITÉ D'OTTAWA
UNIVERSITY OF OTTAWA

Approbations

LE DIRECTEUR DE THÈSE

LE PRÉSIDENT DU JURY
DE DÉFENSE

Dr I. D. Clark

Dr A. Desrochers

LE DIRECTEUR DU DÉPARTEMENT DE GÉOLOGIE

Dr O. A. Dixon

Résumé

Les eaux souterraines en général, et celles de la nappe phréatique en particulier sont couramment sollicitées à Conakry pour combler le déficit d'approvisionnement en eau domestique et industrielle du réseau d'adduction.

La nécessité de recherche de nouvelles ressources en eau pour juguler ce déficit évolutif en eau de la ville, a engendré le projet de recherches hydrogéologiques de Conakry dont les premières analyses en 1992, ont révélé des concentrations de nitrate atteignant 138 mg-NO₃/l. Les résultats de la piézométrie ainsi que ceux de ¹⁸O et ²H indiquent que la nappe phréatique est alimentée par l'infiltration directe et locale des eaux météoriques sur toute la presque île, doublée d'une alimentation par écoulement souterrain sur les versants nord et sud à partir des aires d'alimentation situées sur la dorsale. Les zones d'accumulation des eaux localisées préférentiellement sur le versant nord et à l'extrême ouest voient leurs eaux se renouveler continuellement.

Les résultats d'analyses géochimiques d'échantillons collectés entre 1992 et 1994 indiquent des eaux hydrocarbonatées, calciques, chlorurées magnésiennes, avec des teneurs anormales de manganèse (>0,5 mg/l) et de fer (>1 mg/l) imputables à l'altération de la dunite. L'omniprésence des nitrates dans la nappe phréatique est confirmée par des concentrations allant de <1 mg-NO₃/l à 209 mg-NO₃/l, dont environ 38% des échantillons avec plus de 45 mg-NO₃/l.

Les cartes de distribution des nitrates montrent que la contamination est plus accrue en saison des pluies tant en concentration qu'en étendue, alors que les conditions en saison sèche sont plus favorables à la dénitrification. Le zonage des nitrates laisse voir une corrélation avec la densité de population qui privilégie l'origine anthropogène des nitrates dans la nappe

phréatique de Conakry. La zone contaminée s'étendrait de Kouléwondi à l'ouest vers l'Aéroport de Gbessia à l'est, avec une extension moins grande sur le flanc nord. Les sources de contamination sont ponctuelles plus ou moins rapprochées, représentées par les fosses septiques, les dépotoirs d'ordures et les eaux usées.

Remerciements

Mes sentiments de reconnaissance vont vers les personnes physiques et morales qui ont contribué à la réalisation de ce travail. Particulièrement le Centre de Recherches pour le Développement International (C.R.D.I.) du Canada, et la Direction Nationale de la Géologie de Guinée, qui m'ont donné l'opportunité de faire les études ayant conduit à cette thèse.

Que les cadres de la section hydrogéologie du Bureau Guinéen de Géologie Appliquée (B.G.G.A.) trouvent en cette oeuvre un motif de satisfaction pour avoir bravé le temps et autres obstacles à la recherche des informations qui meublent ce travail. Les cadres et agents de la Météorologie Nationale, du Centre Recherches Scientifiques et Océanographiques de Rogbané (C.E.R.E.S.C.O.R.), et du centre émetteur de Sonfonia méritent nos remerciements pour leur contribution efficace à la collecte des échantillons d'eau météorique.

Mes sentiments de profonde gratitude sont pour Hélène De Gouffe et Sylvie Downing du Département de Géologie de l'Université, pour le soutien à toute épreuve empreint d'humanisme qu'elles m'ont apporté. Je dis merci au personnel de laboratoire à travers Gilles St. Jean, John Loop, Natalie Morisset et Wendy Abdi pour l'assistance appréciable qu'ils ont assurée à mes côtés. Mes sincères remerciements sont également pour le graphiste Edward Hearn, ainsi que les étudiants gradués William Bajjali, Anne Séguin, Bahram Daneshfar, Mark Mihalasky, Greg Cane, Graham Phipps, Sandra Porter et Ajaz Karim.

Mes vifs remerciements vont à Dr Michel Robin et Dr Peter Fritz, qui ont bien voulu parcourir le manuscrit avec un oeil critique.

Naturellement, mes plus profondes reconnaissances sont pour mon superviseur de thèse, Dr. I. D. Clark, qui n'a rien ménagé de ses talents pendant le cheminement de ces travaux. Plus

qu'un superviseur aux dimensions académiques, il aura été l'homme qui a permis de réunir les conditions morales et matérielles indispensables à ce programme de recherche. Galvanisant mes énergies, pour un perpétuel dépassement dont l'expérience de "l'assistantat à l'enseignement" fut l'un des points forts.

Enfin, je remercie tous les parents et proches qui ont donné de l'affection à nos enfants durant notre absence de la Guinée, singulièrement mon père et ma mère. Mes pensées vont également vers ma feuie marâtre et ma feuie cousine qui n'auront pas vu l'aboutissement de ces études. Les remerciements bien mérités vont à mes enfants qui ont vécu l'expérience de rester loin des parents, et particulièrement à ma femme qui a su, sans désespérer, être présente à mes côtés, et garder notre famille.

Table des matières

Approbations.....	ii
Résumé	iii
Remerciements	v
Table des matières	vii
Liste des Tableaux.....	x
Liste des Figures.....	xi
1. INTRODUCTION	1
1.1 Contexte de l'étude	4
1.2 Buts de la thèse.....	5
1.2.1 Objectifs scientifiques.....	5
1.2.2 Objectifs visant à l'utilisation des résultats	6
1.3 Études hydrogéologiques antérieures	6
2. GÉNÉRALITÉ SUR LA ZONE D'ÉTUDE.....	11
2.1 Géologie.....	11
2.2 Géomorphologie.....	18
2.3 Climatologie	23
2.4 Hydrographie.....	27
2.5 Unités hydro - stratigraphiques	29
2.6 Généralités sur la chimie des eaux souterraines profondes	32
3. MÉTHODOLOGIE.....	34
3.1.1 Eaux souterraines.....	34
3.1.2 Eau météorique.....	38
3.2 Travaux de laboratoire	39
3.2.1 Analyses géochimiques.....	39
3.2.2 Analyse du carbone organique dissout (C.O.D.)	42

3.2.3 Analyses isotopiques	42
4. DISCUSSION ET INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS	44
4.1 Alimentation des nappes aquifères	44
4.1.1 Piézométrie	44
4.1.2 Hydrogéologie des isotopes stables	56
4.1.3 Temps de résidence des eaux souterraines	89
4.2 Géochimie des eaux de pluie	91
4.2.1 Composition cationique des eaux météoriques	91
4.2.2 Composition anionique des eaux météoriques	92
4.3 Qualité des eaux souterraines	95
4.3.1 Caractéristiques physico-chimiques des eaux de la nappe phréatique	95
4.3.2 Caractéristiques chimiques des eaux de la nappe profonde	105
4.4 Nitrates dans les eaux souterraines	106
4.4.1 L'azote dans l'environnement	106
4.4.2 Géochimie des nitrates	109
4.4.3 Distribution des nitrates dans les nappes	111
4.5 Effets du carbone organique dissout (C.O.D.)	121
4.5.1 Origine et influence du C.O.D. dans les eaux souterraines	121
4.5.2 Carbone organique dissout dans la nappe phréatique	123
4.6 Danger des nitrates et nitrosamines pour l'homme	128
5. CONCLUSIONS	132
5.1 Alimentation de la nappe phréatique	132
5.2 Géochimie des eaux	133
5.3 Nitrate et C.O.D. dans la nappe phréatique	133
6. RECOMMANDATIONS	135
6.1 Propositions de solutions	135
6.2 Travaux futurs	136

REFERENCES	138
ANNEXES.....	143
Annexe A Données sur la piézometrie en basse et hautes eaux, 1994	144
Annexe B Profondeur de l'eau dans les puits de controle	148
Annexe C Composition géochimique de eaux météoriques	152
Annexe D Composition géochimique des eaux de la nappe phréatique	154
Annexe E Variations hebdomadaires dans les puits - temoins	171
Annexe F Variations saisonnières de la géochimie de la nappe phréatique	175
Annexe G Composition chimique des eaux de la nappe profonde	185
Annexe H Observations Hebdomadaires des nitrates et C.O.D.	188

Liste des Tableaux

Tableau 2-1 Composition chimique de la dunite de Conakry et ses produits d'altération	17
Tableau 2-2 Pluviométrie de Conakry entre 1945 et 1994	26
Tableau 2-3 Pluviométrie et températures extrêmes de Conakry entre 1992 et 1994.....	26
Tableau 2-4 Débits des cours d'eau de Conakry, d'après Burgeap 1979	28
Tableau 2-5 Composition de l'eau du puits F7 de Kakimbon.....	32
Tableau 3-1 Programme d'échantillonnage	36
Tableau 3-2 Programme d'analyse.....	40
Tableau 4-1 Composition isotopique des eaux météoriques de Conakry (1992-1994).....	59
Tableau 4-2 Statistiques de la régression - eaux météoriques locales	62
Tableau 4-3 Statistiques de la régression - ^{18}O - température - Port de Conakry.....	65
Tableau 4-4 Statistiques de la régression - ^{18}O - température - Aéroport de Conakry	66
Tableau 4-5 Statistiques de la régression - ^{18}O - température - station de CEERESCOR.....	67
Tableau 4-6 Statistiques de la régression - ^{18}O - température - station de Sofonia.....	68
Tableau 4-7 Statistiques de la régression - ^{18}O - pluviométrie - station de CERESCOR.....	70
Tableau 4-8 Statistiques de la régression - ^{18}O - pluviométrie - station du port.....	71
Tableau 4-9 Statistiques de la régression - ^{18}O - pluviométrie - station de l'aéroport	72
Tableau 4-10 Statistiques de la régression - ^{18}O - pluviométrie - station de Sonfonia.....	73
Tableau 4-11 Statistiques de la régression - altitude/teneur moyenne en ^{18}O	76
Tableau 4-12 Composition isotopique des eaux souterraines de Conakry	78
Tableau 4-13 Statistiques de la régression - $^{18}\text{O}/^2\text{H}$ des eaux souterraines	80
Tableau 4-14 Valeurs statistiques liées aux variations de ^{18}O des eaux souterraines.....	83
Tableau 4-15 Tritium dans les eaux souterraines de Conakry	89
Tableau 4-16 Teneur en azote de certaines roches ignées (Lord Rayleigh, 1939).....	107
Tableau 4-17 Valeurs statistiques des nitrates et C.O.D. dans les puits témoins	128
Tableau 4-18 Distribution de cas rapportés de méthémoglobinémie infantile.....	129
Tableau 4-19 Teneurs en nitrate au dessus de la limite admissible.....	130

Liste des Figures

Fig. 1-1 Localisation de la zone d'étude	3
Fig. 2-1 Schéma géologique de la presqu'île de Kaloum.....	13
Fig. 2-2 Coupe transversale de la presqu'île de Kaloum	14
Fig. 2-3 Coupe géologique du forage F7 de Kakimbon	15
Fig. 2-4 Hauteurs d'eau des 50 dernières années (1945-1994) à Conakry	24
Fig. 2-5 Pluviométrie mensuelle de Conakry	25
Fig. 2-6 Schéma hydro-stratigraphique de la presqu'île de Kaloum.....	31
Fig. 3-1 Presqu'île de Kaloum (carte de documentation)	35
Fig. 4-1 Variations nappe-pluviométrie au P8 (Kaporé)	45
Fig. 4-2 Variations nappe-pluviométrie au P62 (Wanindara)	45
Fig. 4-3 Variations nappe - pluviométrie au P97 de Gbessia-port.	46
Fig. 4-4 Délai de réponse de la nappe phréatique à la pluviométrie	46
Fig. 4-5 Délai de réponse de la nappe phréatique à la pluviométrie au P97	47
Fig. 4-6 Délai de réponse d'un puit de la dorsale (P62)	47
Fig. 4-7 Fluctuation de la nappe sur la dorsale	49
Fig. 4-8 Variation de niveau piézométriques à l'Ouest de Conakry	49
Fig. 4-9 Variations de niveaux piézométriques à l'étiage et à la crue	50
Fig. 4-10 Fluctuations annuelles de la nappe	50
Fig. 4-11 Carte piézométrique de Conakry en période de basses eaux, 1994.....	53
Fig. 4-12 Carte piézométrique de Conakry en période de hautes eaux, 1994	54
Fig. 4-13 Carte des fluctuations de la nappe phréatique, 1993	55
Fig. 4-14 Analyse de variance pour la droite de corrélation des eaux météoriques locales....	58
Fig. 4-15 Compositions isotopiques des eaux météoriques et eaux souterraines.....	61
Fig. 4-16 Courbe des prédictions de la droite de corrélation des eaux météoriques locales...	62
Fig. 4-17 Relation ^{18}O -température pour la station du Port de Conakry.....	65
Fig. 4-18 Relation ^{18}O et température pour la station de l'aéroport de Conakry.....	66

Fig. 4-19 Relation ^{18}O et temperature pour les eaux de la station de CERESCOR.....	67
Fig. 4-20 Relation ^{18}O et temperature pour les eaux de la station de Sofonia.....	68
Fig. 4-21 Relation ^{18}O et pluviometrie pour les eaux de la station de CERESCOR.....	70
Fig. 4-22 Relation ^{18}O et pluviometrie pour les eaux de la station du port	71
Fig. 4-23 Relation ^{18}O et pluviometrie pour les eaux de la station de l'aeroport.....	72
Fig. 4-24 Relation ^{18}O et pluviometrie pour les eaux de Sonfonia.....	73
Fig. 4-25 Elevation des stations meteorologiques a Conakry.....	75
Fig. 4-26 Relation altitude/teneur moyenne en oxygene-18 des eaux meteoriques.....	76
Fig. 4-27 Composition isotopique des eaux souterraines	80
Fig. 4-28 Relation ^{18}O et altitude pour les eaux souterraines de la dorsale (haute altitude)	84
Fig. 4-29 Relation ^{18}O et altitude pour les eaux souterraines du littoral (basse altitude).....	85
Fig. 4-30 Composition cationique des eaux météoriques	93
Fig. 4-31 Composition anionique des eaux météoriques	94
Fig. 4-32 Diagramme de Piper pour les eaux analysées.....	102
Fig. 4-33 Diagramme de Piper pour les eaux du versant nord.....	103
Fig. 4-34 Diagramme de Piper pour les eaux du versant sud.....	104
Fig. 4-35 Composition moyenne des eaux de la nappe profonde.....	105
Fig. 4-36 Cycle de l'azote dans la biosphère.....	108
Fig. 4-37 Carte de distribution des nitrates en saison de basses eaux.....	113
Fig. 4-38 Carte de distribution des nitrates en saison de hautes eaux.....	114
Fig. 4-39 Abondance de nitrate dans les puits échantillonnés.....	115
Fig. 4-40 Influence de la pluviométrie sur les niveaux de la nappe et des nitrates - P126.....	116
Fig. 4-41 Influence de la pluviométrie sur les niveaux de la nappe et des nitrates - P4.....	116
Fig. 4-42 Evolution des nitrates dans les puits-témoins P4 et P142 en 1994.....	119
Fig. 4-43 Evolution des nitrates dans les puits-témoins P101 et P119 en 1994.....	119
Fig. 4-44 Comparaison de nitrate dans les deux nappes.....	120
Fig. 4-45 Evolution du carbone organique dissous dans les eaux de la nappe phréatique... ..	125

Fig. 4-46	Repartition des teneurs de Carbone Organique Dissout	126
Fig. 4-47	Relation nitrate - carbone organique dissout de la nappe superficielle	126
Fig. 4-48	Variation du C.O.D. par rapport au nitrate dans les puits témoins	127
Fig. 4-49	Rapports attendus du C.O.D. avec les nitrates	127

Liste des Photos

Photo 2-1 Bras de mer avec dépôt de vase et la mangrove	20
Photo 2-2 Un front de cuirasse à Dabondi.....	20
Photo 2-3 Carrière de latérite à Cobaya (niveau de transition des altérites)	21
Photo 2-4 La région du mont Kakoulima	21
Photo 2-5 Dépression locale du relief empruntée par l'eau de ruissellement.....	22
Photo 2-6 Écoulement en cascade des eaux de ruissellement en zone de pente	22
Photo 3-1 Tests divers près d'un puits à Conakry	37
Photo 3-2 Scéance de récapitulation des observations.....	37
Photo 3-3 Analyse des anions sur DIONEX-100.....	41
Photo 3-4 Extraction du deutérium au laboratoire des isotopes stables.....	41
Photo 4-1 Eau de ruissellement apres une tornade a Conakry.....	87
Photo 4-2 Flaques d'eau sur sol gorge d'eau en saison des pluies.....	87
Photo 4-3 Embouchure du marigot Kakimbon	88
Photo 4-4 Eau des exutoires s'acheminant vers la mer.....	88

1. INTRODUCTION

La Guinée est un pays côtier de l'Afrique occidentale entouré par l'Océan Atlantique et la Guinée-Bissau à l'ouest, la Côte d'Ivoire à l'est, le Mali au nord est, le Sénégal au nord, la Sierra Leone et le Libéria au sud (Fig. 1-1). Le pays, d'une superficie de 245 857 km², ouvre sur l'océan Atlantique par une façade maritime de 300 km de longueur. La population de la Guinée est estimée à environ 7 millions d'habitants en 1993.

Conakry, la capitale de la Guinée, occupe la pointe de la presqu'île de Kaloum à l'extrémité occidentale du pays. La population de la ville a connu une croissance rapide pendant ces dernières années et atteindrait 1 400 000 habitants en 1988. Cette croissance est surtout due à l'afflux de réfugiés en provenance du Libéria et de la Serra Leone. La majorité des habitants pratique des activités liées aux petites et moyennes entreprises, au commerce, et aux fonctions administratives. Cependant de rares actions agricoles traditionnelles à l'échelle familiale sont entreprises dans la banlieue aux l'extrémités nord et nord-est de la ville.

La région de Conakry n'échappe pas aux grands problèmes que pose la forte concentration de population dans les centres urbains. En conséquence, la conservation d'un environnement sain mérite une attention particulière et doit être perçue comme une composante essentielle de la qualité de vie. Dans ce contexte, l'eau joue un rôle clé en tant que véhicule reliant entre eux d'importants processus.

Le développement industriel et les conditions d'habitat entre autres, font des villes d'aujourd'hui des foyers de production accrue de rejets polluants de toutes sortes. Parmi tous les milieux exposés à la pollution directe par l'activité humaine, l'environnement aqueux jouit

d'une vulnérabilité exceptionnelle. Les nappes d'eau souterraine en particulier constituent le réceptacle vers lequel s'achemine la multitude de substances souillantes capables non seulement de contaminer les formations aquifères, mais de créer des sources de pollution secondaires, phénomène encore plus difficile à circonscrire. C'est pourquoi la gestion rationnelle du milieu naturel passe par l'identification et la connaissance parfaite des systèmes aquifères et des contaminants.

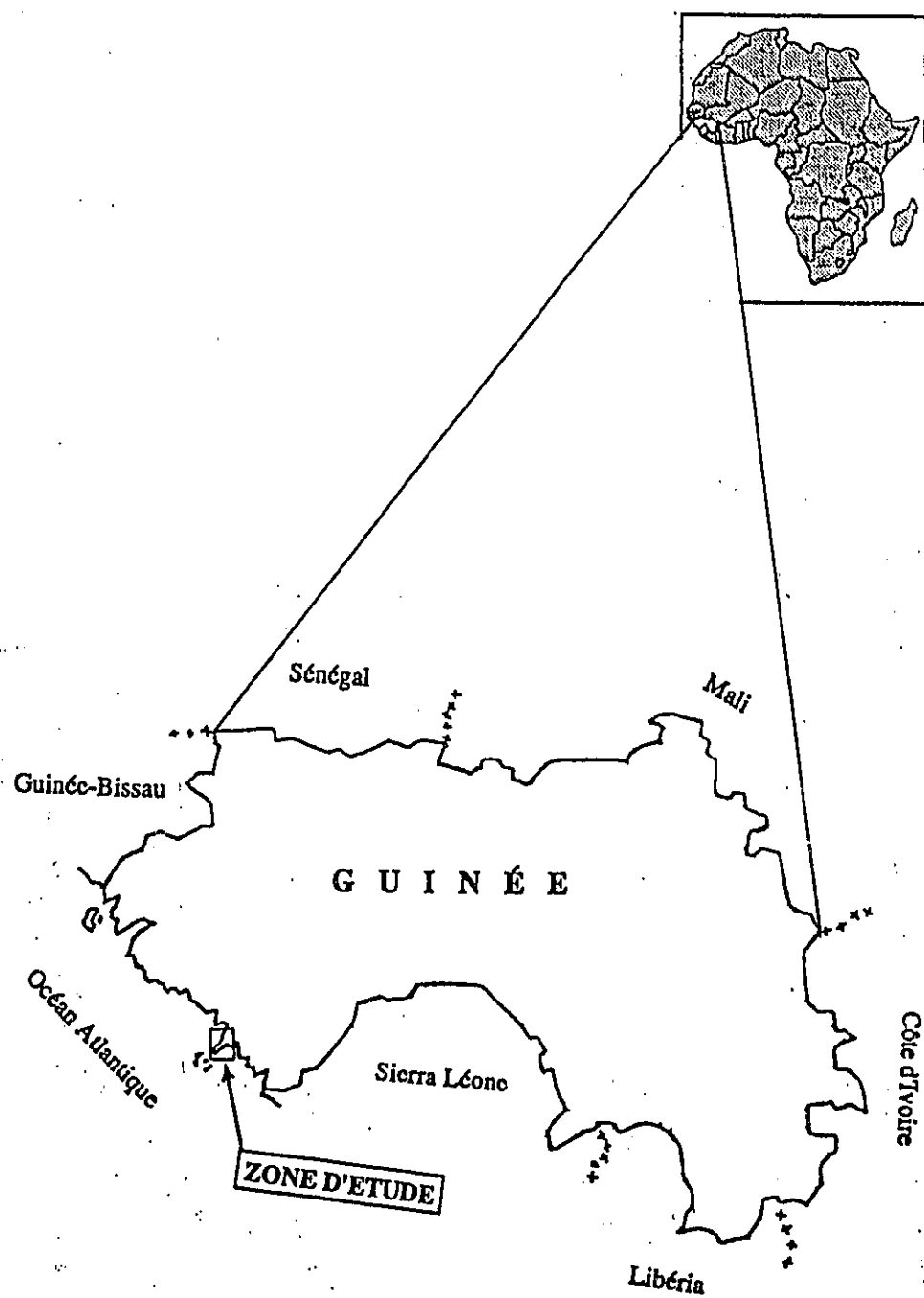


Fig. 1-1 Localisation de la zone d'étude

1.1 Contexte de l'étude

L'eau potable de la ville de Conakry provient des grandes chutes de Kindia, situées à 80 km de Conakry, de la source de Kakoulima à 45 km de Conakry, et des forages de Kakimbon et de Gbessia à Conakry.

En 1991 la Société d'Exploitation des Eaux de Guinée (SEEG) produisait à partir de ces trois sources 48 000 à 54 000 m³ d'eau par jour, juste suffisant pour une population de 400 000 habitants à raison de 50 litres par habitant par jour. Le reste de la population, notamment celle des quartiers défavorisés s'alimente en eau à partir de puits artisanaux qui captent la nappe phréatique dans les mêmes rayons d'influence que les latrines, les fosses septiques et les dépôts d'ordures.

Par ailleurs, la "vieille" ville (commune de Kaloum) dont le système d'égouts ne fonctionne plus qu'à environ 10 pour cent, donne naissance à de nouvelles agglomérations urbaines (communes de Dixinn, de Matam, de Ratoma et de Matoto) elles-mêmes caractérisées par l'absence de telles installations. L'existence de décharges d'ordures non contrôlées à l'intérieur des limites de la ville à Coronthie et Kénien (actuellement fermée) et à Darsalam (en activité), en ajoute à l'image d'un habitat qui représente une menace réelle pour l'environnement en général, et les eaux souterraines en particulier.

L'apparition d'épidémies cycliques de maladies d'origine hydrique telle la dysentérie et le choléra, ainsi que le taux élevé de morbidité et de mortalité infantile à Conakry seraient-ils associés aux conséquences de la consommation d'une eau souterraine de qualité douteuse? Utilisée pour les besoins domestiques par une part importante des habitants de Conakry, les eaux souterraines

constituent une ressource dont la qualité a un impact direct sur la santé des populations. Selon toute vraisemblance, la tendance à l'utilisation domestique des eaux souterraines de la nappe phréatique devrait être maintenue à moyen terme à cause des contraintes boursières qu'implique un branchement sur le réseau d'adduction d'eau, et à long terme compte tenu du déficit prévisible du fait que le projet de doublement de la conduite achevé en 1993 avait été dimensionné pour la population de Conakry des années d'avant. À cela s'ajoutent les effets nocifs d'une sécheresse dont les effets se traduisent par l'abaissement graduel des niveaux d'eau dans les cours d'eau qui alimentent le réseau.

1.2 Buts de la thèse

1.2.1 Objectifs scientifiques

Les présentes études ont pour but général l'évaluation qualitative de l'état des eaux souterraines de Conakry, en vue de l'alimentation améliorée en eau souterraine des populations dans le cadre de la recherche dans la presqu'île de Kaloum, de nappes d'eau souterraine appropriées.

Les objectifs spécifiques sont les suivants:

1. Caractérisation des aires d'alimentation de la nappe et des processus de recharge;
2. Détermination du temps de résidence des eaux souterraines et évaluation de la sensibilité de la nappe à la pluviométrie;

3. Définition des faciès hydrochimiques à travers la détermination des principaux cations et anions;
4. Caractérisation de la distribution spatiale et temporelle des nitrates, influence de l'activité humaine sur la qualité des eaux souterraines (pollution de la nappe);
5. Description des processus géochimiques du nitrate, compréhension du phénomène d'atténuation en profondeur (dénitrification) et d'autres processus jouant un rôle dans l'amélioration de la qualité de l'eau;

1.2.2 Objectifs visant à l'utilisation des résultats

Les résultats des études seront remis aux organismes officiels. Ils seront utiles pour des prises de décision en vue d'une mise en exploitation des ressources ou pour leur réhabilitation. Les populations seront informées des résultats des études et des recommandations qui les accompagnent. Cette démarche incitera, nous l'espérons, à une modification des comportements préjudiciables à une bonne conservation des eaux souterraines.

1.3 Études hydrogéologiques antérieures

La presqu'île de Kaloum a fait l'objet de plusieurs études hydrogéologiques ponctuelles dont le but essentiel a toujours été la découverte de nouvelles ressources en eau capables de couvrir les besoins toujours croissants en eau potable de la ville de Conakry. Il faut cependant

déplorer l'inexistence à date, d'études hydrogéologiques globales et systématiques de la région de la capitale guinéenne. Les recherches bibliographiques dans le cadre de ces travaux nous ont permis de constater que certains ouvrages et articles cités dans la littérature ne sont pas disponibles sur le terrain à Conakry.

En 1950, des forages isolés ont été réalisés à Almamya (Château d'eau) et à Belle-vue. Le premier restait sec à 137 m, tandis que le second fournissait 140 m³/h;

De 1950 à 1951, une campagne de géophysique électrique effectuée par la Compagnie Générale de Géophysique de France a permis la réalisation de 33 forages, dont seulement un sixième étaient positifs;

Entre 1952 et 1954, la Société Hydraulique-Afrique fournissait un rapport sur les travaux de forage de Kakimbon, une importante dépression qui avait été révélée auparavant par des travaux de sondages géotechniques dans le cadre de la réalisation d'un barrage.

G. Millot et M. Bonifas ont publié une étude en 1955, sur les transformations iso-volumétriques dans les phénomènes de latéritisation et bauxitisation. Ces travaux ont mis en évidence le phénomène de migration de certains éléments (Mg, Ca, Si), et la concentration d'autres (Fe, Al) au cours des processus d'altération chimique de la dunite.

En 1957, La Compagnie Générale de Géophysique ayant conclut la non fiabilité de la méthode électrique dans la recherche de fosses d'altération dans la dunite de Conakry, réalisait des travaux de sismique à Conakry dans le but de différencier les limons argileux de la nappe aquifère.

En 1958, le bassin de Kakimbon a fait l'objet d'une reconnaissance poussée qui a abouti à la réalisation de 2 nouveaux forages productifs qui sont F5 (163 m³/ h) et F6 (49 m³/ h).

Vers la fin des années 1960, dans le cadre de la cartographie géologique de la région, une mission composée d'ingénieurs soviétiques et guinéens (dont Boufêev et al. 1968), a établi la carte géologique de la feuille Conakry - Forécariah à l'échelle 1/200 000. La mission avait réalisé un levé géologique complet de la région (stratigraphie, géologie des dépôts superficiels, tectonique, hydrogéologie, etc...).

Une mission hongroise a réalisé en 1957 et 1958 une série de forages dont 3 sur les 4 de la zone du stade où la fosse de dunite s'est avérée peu profonde (20 à 36 m de profondeur), ont donné des débits de 20,5 m³/ h, 26 m³/ h, et 117 m³/ h. Le forage HS 27 implanté sur une fosse profonde à l'aviation (Gbessia) a atteint la dunite à 89,20 m, mais n'a fourni que 10,5 m³/h.

Une mission hongroise (1961-1962) a exécuté 5 forages (HG 1 à HG 5) dans la zone de Gbessia où le HG 1 situé au milieu de la fosse de Gbessia rencontra la dunite à 88,9 m de profondeur et donna un débit de 66 m³/ h. Le forage HG3 (artésien) placé sur le bord du marigot a donné un débit de 126 m³/ h.

Burgeap (1979) a complété une étude visant à orienter les études hydrogéologiques futures sur la presqu'île de Kaloum en vue de la fourniture à terme d'un appoint d'eau potable à la ville de Conakry. Ces travaux de synthèse interprétative ont permis de sélectionner 21 sites jugés prometteurs sur la base des débits d'étiage et débits spécifiques d'étiage des marigots, et l'existence de structures semblables à celles de Kakimbon, Gbessia ou du stade. Ces études ont recommandé des campagnes de géophysique et de sondages de reconnaissance.

La section hydrogéologie de la Direction Nationale de la Géologie réalisé depuis 1979, des travaux ponctuels de forage d'eau à usage domestique pour des tiers à Conakry, principalement dans le nord-est non couvert par le réseau d'adduction d'eau. Les résultats de ces travaux sont consignés dans des rapports individuels comportant les logs de forage et la composition chimique des eaux souterraines.

Comtec, en 1980, a édité les rapports définitifs de ses travaux dans le cadre du projet d'adduction d'eau de Conakry. Dans le rapport no 3 / annexe 1 intitulé: Évaluation des ressources en eau et possibilités d'exploitation, figure une description des zones jugées comme plus favorables à l'exploitation des eaux souterraines, suivi de recommandations pour la réhabilitation de certains ouvrages de captage abandonnés.

En 1981, Brian Colquhoun and partners qui était chargé d'assurer la supervision des travaux de Comtec a publié le rapport concernant le forage et les essais des forages à Kakimbon et Bassia (Gbessia). Ce document expose une analyse détaillée des techniques utilisées avec en annexe les carnets de sondage, fiches géologiques et résultats d'analyses chimiques des eaux. Il met en exergue la grande variabilité des paramètres hydrogéologiques et le caractère aléatoire de la répartition des structures hydrogéologiques sur la presqu'île de Kaloum.

R. Marche de la société d'ingénieurs - conseils S.A. a présenté en 1982, un rapport technique décrivant les travaux effectués lors de la campagne de reconnaissance géotechnique détaillée du site d'une raffinerie de pétrole à Conakry (Nongo). Parmi les résultats consignés dans ce rapport, figurent les conditions générales d'eau du site qui représente un potentiel intéressant en eau souterraine.

Le rapport final du projet de cartographie géotechnique de la ville de Conakry / phase 1 (1992) présente un aperçu sur les eaux souterraines de Conakry et une description détaillée des altérites et formations redéposées auxquelles sont liées les eaux de la nappe phréatique.

Enfin d'autres travaux en ajoutent aux connaissances hydrogéologiques de la presqu'île de Kaloum, soit dans le cadre de recherches liées à la rédaction de mémoires de fin d'études supérieures (M. Koné d'une part, B. Koïta, A. Kaba et autres d'autre part), ou au titre des travaux de sondages géotechniques ponctuels de la section géotechnique de la Direction Nationale de la Géologie depuis 1972.

2. GÉNÉRALITÉ SUR LA ZONE D'ÉTUDE

2.1 Géologie

Le soubassement de la presqu'île de Kaloum est essentiellement constitué par une roche intrusive ultrabasique: la dunite. Cette roche est composée à 90% de péridot riche en fer et en magnésium, et 10% de spinelle.

L'intrusion de dunite sous forme de dyke, d'âge post-primaire (Mésozoïque) qui continue sous l'Océan Atlantique, est recouverte le long de la côte par des dépôts sédimentaires marins (sable, argile, vase), et de matériaux remaniés (produits d'altération - colluvions). Les limites entre la dunite et la mangrove correspondent nettement au nord - ouest et moins nettement au sud - est à deux grandes failles orientées sud - ouest, nord - est (Fig. 2-1).

L'extrémité nord-est du massif dunitique est bordée par les gabbros et norites (Mz) du mont Kakoulima (alt.1007 m), les granites du socle précambrien (Pz) et les grès horizontaux de l'Ordovicien.

La coupe géologique de la presqu'île de Kaloum (Fig. 2-2) présente du haut vers le bas deux faciès: les matériaux transportés et les produits d'altération "in-situ":

Matériaux transportés:

a)**Vase marine:** De couleur grise, noirâtre ou blanchâtre, elle contient par endroit de fines paillettes brillantes, de rares graviers arrondis et un peu de sable. Ces dépôts reposent en discordance locale sur les formations latéritiques. La vase marine affleure tout le long du littoral, aussi bien au nord-ouest qu'au sud-ouest sur de vastes étendues couvertes par la

mangrove, et dans les lits des bras de mer qui se prolongent vers l'intérieur (**Photo 2-1**). La vase de Conakry a une origine marine, elle contient 70% de pélite, 20% de CaCO_3 , 2% de matières organiques et 6% de fer (Mignot, 1968).

b) **Sable**: Des dépôts sédimentaires de sable sont étendus le long du littoral de la presqu'île de Kaloum. Ce sont des sables fins, moyens et grossiers renfermant quelques débris de coquillages. Des niveaux de sable bouillant, de granulométrie variée et d'épaisseur atteignant 8 mètres, ont été recoupés sous les dépôts latéritiques (rapports sondages géotechniques, D.N.G.).

c) **Dépôts colluvionnaires**: Ce sont des graviers, gravillons, blocs et/ou fragments de cuirasse latéritique, débris de restes organiques baignant dans une masse limono-sableuse ou argilo-sableuse. Son épaisseur moyenne est de 1,40 mètres.

Produits d'altération de la dunite (formations "in-situ"):

Le profil d'altération de la dunite présente du haut vers le bas les horizons ci-après qui sont des produits de l'altération différentielle de la dunite (Fig. 2-3).

d) **Cuirasse latéritique**: La cuirasse ou carapace latéritique, noire à marron, vacuolaire, se compose de limonite très dure tapissant les vides, et d'hématite avec des surfaces à éclat métallique (Photo 2-2). Son épaisseur moyenne est de 5 mètres. Cette roche est parfois recouverte par une formation argilo-terreuse de couleur ocre-rouille renfermant des grains fins de quartz en pâte très homogène. La cuirasse affleure presque partout sur la presqu'île.

Fig. 2-1 Schéma géologique de la presqu'île de Kaloum
 (d'après BURGeap, complété par Morciré Sylla, 1995)

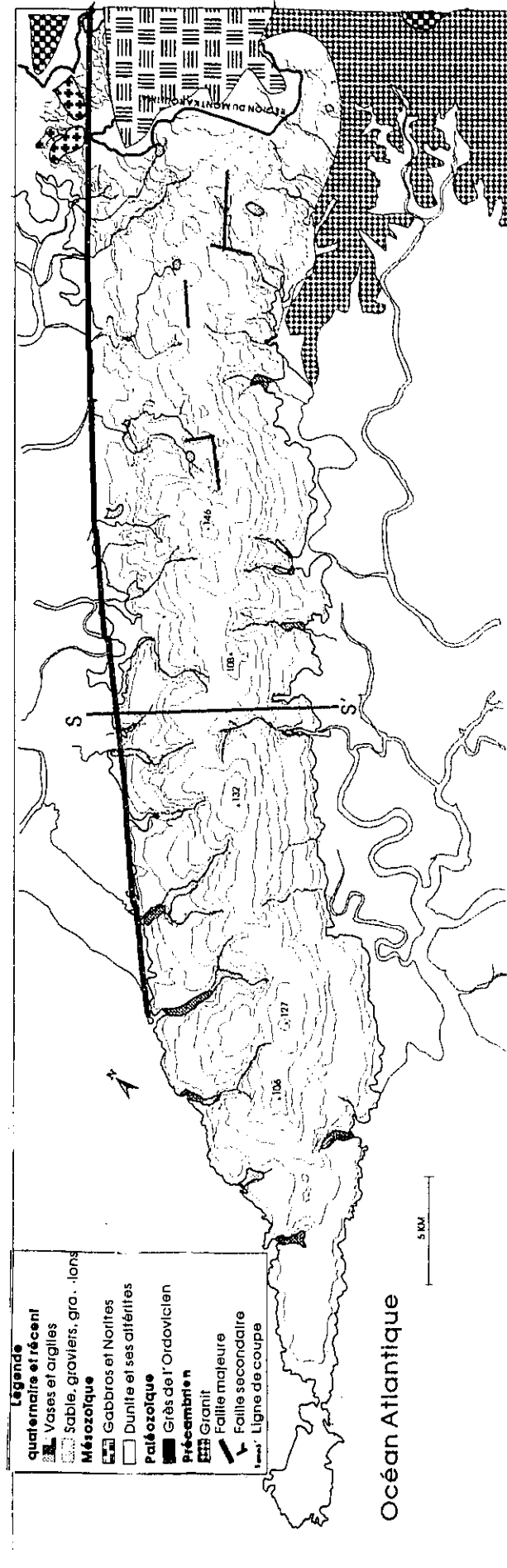
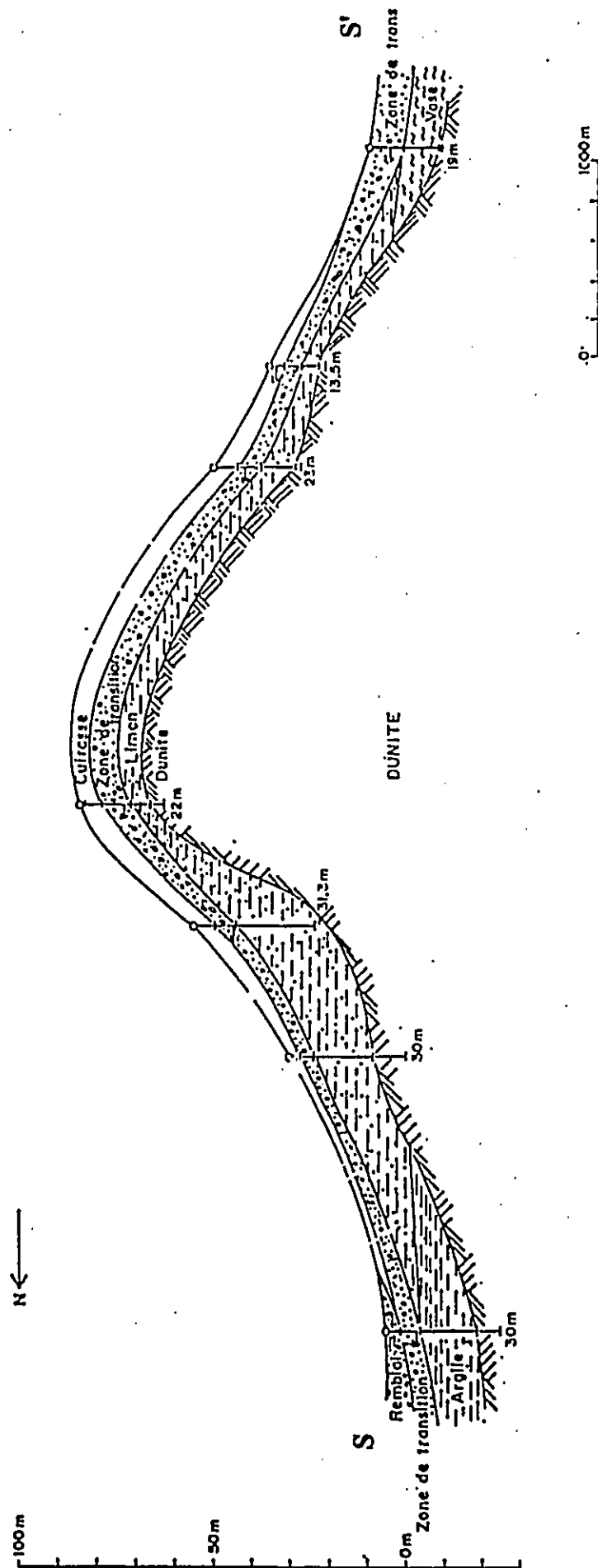


Fig. 2-2 Coupe transversale de la presqu'île de Kaloum

(source: cartographie géotechnique, D.N.G. 1991)

section suivant la ligne S - S' de Fig.



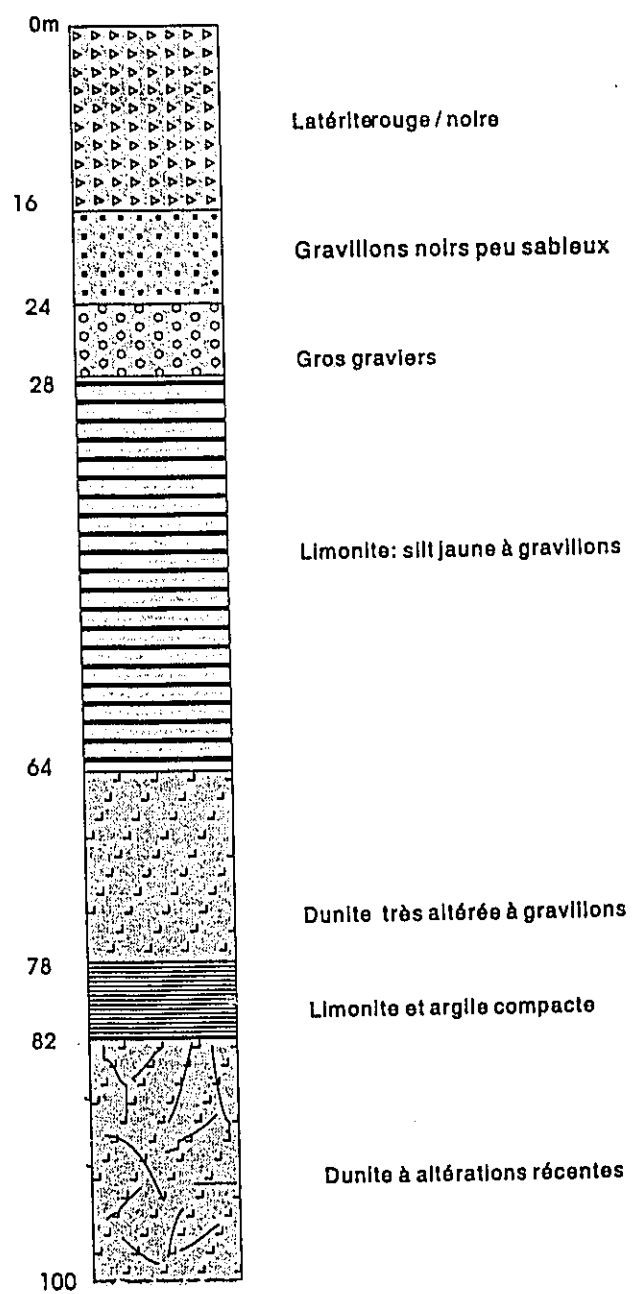


Fig. 2-3 Coupe géologique du forage F7 de Kakimbon

e) **Niveau de transition:** Cette zone intermédiaire entre la cuirasse et la couche de limonite sous-jacente, se compose des alternances ou des imbrications de cuirasse et de limonite également vacuolaire. Elle renferme des blocs, des graviers latéritiques et gravillons dans du limon sableux de teinte rouge. Son épaisseur moyenne est de 7 mètres. Cet horizon peut affleurer en surface là où la cuirasse latéritique n'existe pas (Photo 2-3).

f) **Limon sableux:** Couche tendre composée de limon avec une teneur en sable diminuant avec la profondeur. De teinte ocre-jaune, bigarrée, elle est poreuse et gorgée d'eau. L'épaisseur moyenne de cet horizon est de 12 mètres. Le limon sableux n'affleure pas en surface.

g) **Dunite altérée:** Ce niveau correspond à la zone de lessivage des roches altérées, où la texture de la dunite saine est conservée. La roche est de teinte verdâtre, de consistance raide et souvent très fracturée et vacuolaire. Elle contient des morceaux de dunite friable non altérée. Cette couche passe graduellement à la dunite saine à la base; elle n'affleure pas en surface.

La dunite saine: Elle constitue la roche de base de Conakry. La dunite est une roche composée à 90% de péridot et de spinelles noirs. Elle peut aussi contenir la serpentine provenant de l'altération de la roche. Elle est de teinte gris-sombre ou gris-claire. La géométrie du toit de la dunite est très irrégulière, due au fait que cette roche a été soumise à une tectonique intense qui a favorisé son altération chimique suivie de la latéritisation. L'altération est particulièrement épaisse dans les "fosses" d'altération; et ces dernières coïncident avec les zones de croisement de fractures importantes.

La latéritisation

La latéritisation est un ensemble de transformations mécaniques et chimiques des roches conduisant à la concentration du fer et de l'aluminium sous forme d'hydratée. Le produit obtenu est une roche: la latérite de couleur rouge pour les latérites ferrugineuses (Photo 2-3), et de couleur moins vive pour les latérites alumineuses.

Tableau 2-1 Composition chimique de la dunite de Conakry et ses produits d'altération
(d'après C. Grange)

Composants	Dunite saine (%)	Couche C (mg/l)	Couche A (mg/l)
Silice	33,75	1,60	2,70
Fer (Fe ₂ O ₃)	11	57	52,60
Aluminium	1,60	1,60	9
Magnésium	36,50	0,36	0,72
Chrome		0,3 - 0,8	1,10

Le processus de latéritisation favorisé par l'alternance de saisons sèches et pluvieuses, commence par l'hydrolyse. Dans le cas de la dunite, le radical OH⁻ se combine au fer et à la silice du péridot et l'élimination progressive des silicates se poursuit par la concentration des oxydes de fer ou d'alumine. L'ion H⁺ s'unit au radical alumino-silicique pour donner une argile

appelée *argile résiduelle*. Les impuretés ferriques précipitent et forment en surface une cuirasse ferrugineuse (Photo 2-2 et Photo 4-1). Le Tableau 2-1. montre les effets de la latéritisation sur la répartition des composants chimiques dans les différents horizons.

2.2 Géomorphologie

La presqu'île de Kaloum est une bande de terre de plus de 30 km de long et de 5 à 8 km de large, allongée nord-est, sud-ouest (Fig. 2-1), et dont la crête atteint environ 130-150 mètres d'altitude, avec des replats situés environ à la côte de 20 mètres. Les deux versants atteignent en pente douce et uniforme, soit directement la mer, soit les zones plates et marécageuses.

L'extrémité nord-est de la presqu'île correspond à une zone tabulaire où les deux replats se rejoignent pour marquer une montée presque continue de la topographie vers le Mont Kakoulima à 1007 m d'altitude (Photo 2-4). Des dépressions semblables aux dolines des zones calcaires existent tant sur les zones plates que sur les zones de collines. En bordure de mer, de la mangrove, ou le long de certains marigots existent des bas-fonds en forme de doigt de gant (Photo 2-5).

D'après la mission de cartographie géologique de la Direction Nationale de la Géologie (Bouféev et al., 1968), les types de reliefs rencontrés dans la région de Conakry sont les suivants :

a) **Relief d'érosion et d'érosion-dénudation**: il s'agit d'un modelé plat-onduleux, observé sur les hauteurs dominantes, de 40 à 150 mètres. Cette surface entièrement couverte de cuirasse

latéritique ferrugineuse constitue la ligne de partage des eaux dans la région. L'âge de ce relief est défini comme étant du Miocène, et sa limite inférieure datée pliocène pour cette raison. Sa limite supérieure serait du Quaternaire moyen d'après le caractère régulier des terrains de jonction avec la terrasse marine du Quaternaire moyen. Un gradin marque à ce niveau la limite entre le plateau et la plaine littorale.

b) *Relief d'accumulation du Quaternaire supérieur et actuel de la première terrasse marine de hauteur 3 à 5 mètres*: Ces terrasses occupent de vastes étendues à l'embouchure de rivières. Sa surface est relativement onduleuse, avec des versants en pentes très douces. Elle renferme parfois des barres de sable. La population locale l'utilise pour les fins agricoles (Photo 2-5). La première terrasse marine est d'âge Quaternaire supérieur-contemporain conformément à celui des dépôts meubles la constituant.

c) *Relief d'accumulation Quaternaire supérieur de la première terrasse aux plages actuelles*: Ce relief de la première terrasse et du lit majeur est répandu dans la Presqu'île de Kaloum. Un gradin net de 2-5 m sépare la première terrasse de la seconde. L'âge de ce relief est Quaternaire supérieur et Holocène.

d) *Relief d'érosion du Quaternaire moyen-supérieur des vallées des cours d'eau et des lignes de "thalweg" des eaux*: Il se caractérise par des versants plus ou moins raides par endroits, généralement convexes et en petits gradins localement recouverts par des dépôts déluviaux peu épais. Dans la zone littorale ces vallées ou cuvettes sont encaissées aussi bien dans le relief du pliocène - Quaternaire moyen (profondeur, environ 50 m), que dans la terrasse marine du Quaternaire moyen (pas plus de 7 à 10 m de profondeur).



Photo 2-1. Bras de mer avec dépôt de vase et la mangrove



Photo 2-2 Un front de cuirasse à Dabondi



Photo 2-3 Carrière de lat'rite à Cobaya (niveau de transition des altérites)



Photo 2-4 La région du mont Kakoulima



Photo 2-5 Dépression locale du relief empruntée par l'eau de ruissellement



Photo 2-6 Écoulement en cascade des eaux de ruissellement en zone de pente

Tectonique et géologie structurale

Le dyke de roche plutonique ultrabasique du substratum de la presqu'île de Kaloum a été affecté par une tectonique cassante très intense responsable du modelé actuel de son toit. Des réseaux de fracture et de fissures de taille variée ont abouti à une succession de plis caractérisés par des bombements anticlinaux (remontée du substratum) près de la surface sous les dépôts latéritiques moins épais et une succession de sillons, de fosses et dépressions (synclinaux) qui ennoient profondément le substratum sous des dépôts latéritiques très épais (en moyenne de 100 m à 130 m pour les grandes dépressions tel que Kakimbon, Gbessia, sonfonia et Dixinn). Ces structures dont la distribution n'obéit à aucune loi précise confèrent au substratum dunitique de la presqu'île de Kaloum un toit très accidenté et une allure irrégulière.

La presqu'île de Kaloum est traversée en tout sens par un réseau de failles dont les plus importantes sont les deux grandes failles abyssales (Fig. 2-1). La première, de direction nord-est sud-ouest, coïncide avec la limite nord de la dunite, tandis que la seconde est parallèle au rivage du continent. La première cassure a été empruntée par la dunite de Conakry, tandis que l'intersection des deux systèmes de failles contrôlerait la mise en place des roches alcalines (syénites néphéliniques) des îles de Loos formant une structure annulaire au large de Conakry. D'après la mission de cartographie géologique de la région, les failles auraient profondément affecté le substratum dunitique et constitueraient des voies privilégiées de circulation des eaux souterraines en contrôlant ainsi l'intensité de l'altération de la dunite.

2.3 Climatologie

La région de la presqu'île de Kaloum est caractérisée par un climat de type tropical humide avec prédominance de la mousson. Les températures moyennes annuelles varient de

28°C en Avril à 24 °C en Août. Les maxima journaliers sont de 34°C et les minima de 18°C. Il tombe en moyenne 4 000 mm d'eau par an (Tableau 2-3). Les pluies sont des tornades très violentes et de courte durée.

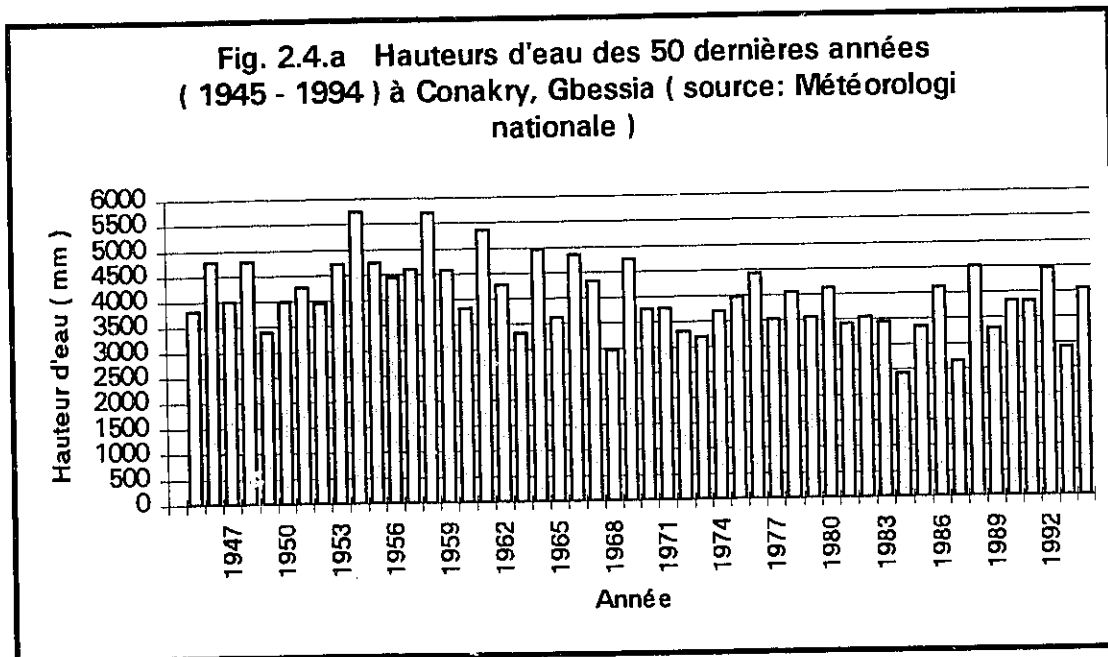


Fig. 2-4 Hauteurs d'eau des 50 dernières années (1945-1994) à Conakry

D'une année à l'autre les hauteurs de pluie peuvent varier de 2900 mm à 5700 mm, tel que le montre Fig. 2-4. La saison des pluies s'étend de Mai à Octobre, avec 100 à 150 jours de pluie environ. L'essentiel des précipitations couvre les mois de Juillet et Août avec 2500 mm. La période de Décembre à Février est généralement sèche, tandis qu'en Mars et Avril on enregistre entre 20 à 30 mm d'eau avec quelques petites averses (Fig. 2-5 et Tableau 2-2). L'évaporation annuelle est de 1 100 mm, avec des valeurs journalières de 4 à 6 mm en saison sèche et de 1 à 3 mm en période hivernale. L'évapotranspiration est estimée à 1.5 m/an au

moins, tandis que le ruissellement annuel est estimé à 1 m de hauteur de pluie (Photo 4-1).
L'humidité relative varie de 60 à plus de 90%.

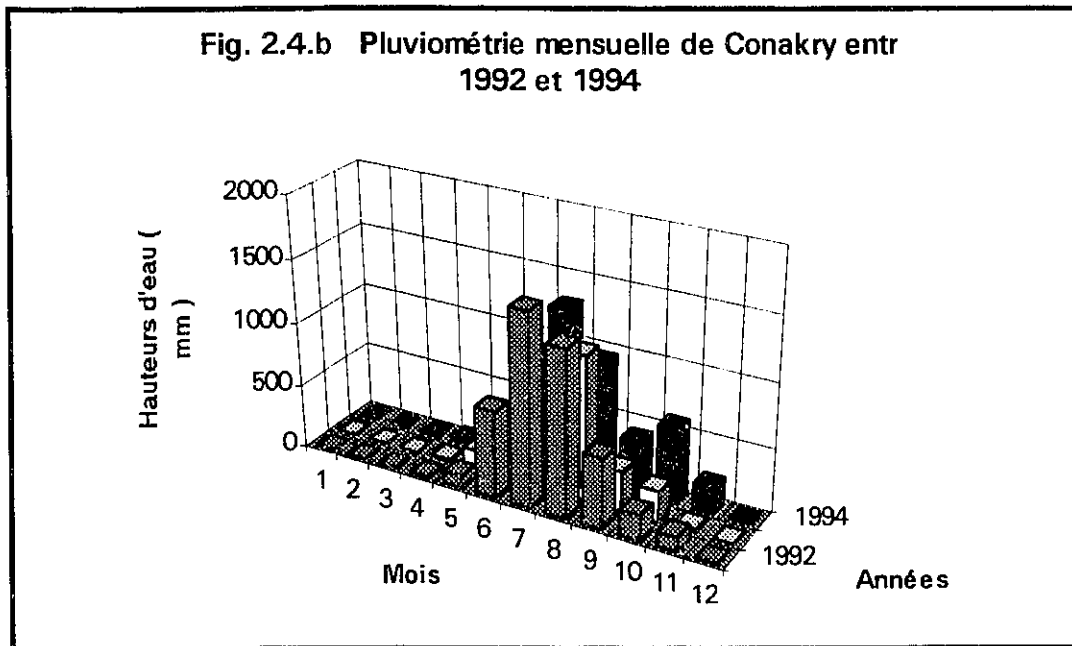


Fig. 2-5 Pluviométrimensuelle de Conakry

Année	Hauteur	Année	Hauteur	Année	Hauteur	Année	Hauteur	Année	Hauteur
1945	3804,8	1955	4725,2	1965	3607,6	1975	3950,2	1985	3334,1
1946	4782	1956	4444	1966	4840,5	1976	4419,8	1986	4096,9
1947	3985,2	1957	4600,5	1967	4322,7	1977	3514,1	1987	2645,5
1948	4778,9	1958	5700,5	1968	2951,8	1978	4035,8	1988	4515,7
1949	3384,8	1959	4573,1	1969	4754,7	1979	3537,1	1989	3284,7
1950	3980,8	1960	3811,6	1970	3737,4	1980	4120,2	1990	3816,6
1951	4262,5	1961	5346,9	1971	3759	1981	3406,3	1991	3811,9
1952	3946,7	1962	4265,4	1972	3295	1982	3533,6	1992	4452,5
1953	4721	1963	3304,1	1973	3186,2	1983	3442,6	1993	2906,7
1954	5740,9	1964	4953	1974	3689,6	1984	2403,4	1994	4033,6

Tableau 2-2 Pluviométrie de Conakry entre 1945 et 1994

Mois	Pluviométrie (mm)			Température (oC)					
	1992	1993	1994	1992		1993		1994	
				min	max	min	max	min	max
Janvier	0	0	0	21,9	30,5	22,1	30,4	21,4	30,6
Février	0	0	0	23,4	30,7	22,8	30,8	22,7	30,6
Mars	0	0	6,4	23,6	31	23,8	31,5	23,8	31,3
Avril	8	14,8	38,4	24,6	31,9	24,5	32	24,3	31,5
Mai	97,7	158,3	124,1	24,5	30,5	24,6	31,6	24,2	30,5
Juin	686	417,1	423,5	23,3	29,2	22,8	29,4	23,6	29,6
Juillet	1500,7	610,8	1293,5	22,3	27,9	23	28,3	22	27,6
Août	1294,2	1125,5	948,7	22,8	27,3	22,8	28,2	22,9	27,4
Septembre	553,6	315,8	409,3	22,3	29	22,4	29,3	23,2	28,5
Octobre	199	240,2	585,8	22,8	29	22,6	29,8	22,9	29,2
Novembre	111,9	24,2	203,9	23	30,3	24	30,7	23,6	30,4
Décembre	1,4	0	0	23,2	30,5	22,9	31,3	22,1	31,2

Tableau 2-3 Pluviométrie et températures extrêmes de Conakry entre 1992 et 1994

2.4 Hydrographie

Le réseau hydrographique de la région de Conakry se compose de marigots et de sources disposés sur les deux flancs nord et sud de la presqu'île, et qui drainent les eaux de surface vers la mer. Les marigots ont une allure presque rectiligne et presque perpendiculaires à l'axe longitudinal de la presqu'île (Fig. 2-1).

Les débits des cours d'eau sont variables et les plus importants d'entre eux sont donnés dans Tableau 2-4, d'après les résultats des mesures consignés dans le rapport de Burgeap (1979). La plupart des cours d'eau sont périodiquement envahis par les marées. Les sources prennent naissance à la base de la cuirasse ferrugineuse, d'autres dans la zone de contact de la vase et certaines même directement dans la mer. Elles sont souvent saisonnières, à débit faible et déversent leur trop-plein en Juin-Août dans les bras de mer de la zone marécageuse.

Tableau 2-4 Débits des cours d'eau de Conakry, d'après Burgeap 1979

(mesures faites en Avril 1979)

Marigots	Débits d'étéage (l/s)	Débits spécifiques (l/s / km ²)	Nature du régime
Kaporo	32	6.2	Presque saisonnier
Tayaki	19	9.6	Permanent
Tafinka	13	8.6	Permanent
Kamassoundo	13	3.5	Permanent
Kakimbon	12	6	Presque saisonnier
Gbessia	12	8,8	Presque saisonnier
Boussouboussan	11	8.8	Permanent
Kissosso	13	3,5	Permanent
Khömbè	10	1,9	Permanent
Aviation	4	3,4	Permanent
Matoto	8,4	5,8	Permanent
Pampakhouré	8	2,9	Permanent
Minière	5	3	Presque saiaonnier
Botaméla	3,6	1,5	Permanent
Balan	0,4	-	Permanent

2.5 Unités hydro - stratigraphiques

La stratigraphie de la presqu'île de Kaloum fait qu'elle baigne dans un système aquifère unique. Cependant, les différences de perméabilité entre les différentes couches en font un aquifère multicouche. D'après leur mode de gisement, on distingue les eaux souterraines de la nappe superficielle (phréatique), liées aux formations de la croûte d'altération d'une part, et celles de la nappe profonde liées aux fissures de la dunite du soubassement rocheux d'autre part.

La nappe phréatique est liée à un aquifère caractérisé par une perméabilité verticale très élevée et celle horizontale faible. Cette nappe vulnérable aux variations saisonnières repose sur le toit des limons sableux; et son épaisseur varie entre 5 et 15 mètres (rapports de forages d'eau, D.N.G.). La nappe profonde gît dans la zone altérée de la dunite et dans les fissurations semi-altérées ou saines de celle-ci. Son épaisseur, variable selon la morphologie du toit de la dunite, atteint parfois 80 mètres à Kakimbon (Fig. 2-6).

Les structures identifiées sont des cuvettes correspondant à des fosses d'altération de la dunite. Ce sont des dépressions où l'épaisseur des altérites peut atteindre 100 mètres (Kakimbon). Les cuvettes ci-après ont été reconnues:

- Kakimbon, avec 6 forages de production (F1 à F6), débit total en étiage de 80 l/s;
- Minière - Gbessia, un forage artésien (Hg3) avec 35 l/s, et un non artésien (Hg1) de 18 l/s;
- Les cuvettes de Dixinn (HS3,25,26,28,30), Belle-vue (SS1) et près de l'Aviation (HS27) qui seraient de moindre importance, fournissaient toute fois un débit global de 48 l/s en étiage

Selon leurs propriétés aquifères, les différents horizons illustrés par Fig. 2-6 se caractérisent ainsi qu'il suit, d'en haut vers le bas:

a) Un horizon "A" comprenant une couche de terre végétale (banco), perméable, mais généralement dénoyé, surmontant soit la carapace latéritique ferrugineuse, soit directement le niveau de transition d'une part; et la carapace ferrugineuse très perméable et le niveau de transition où les fluctuations de la nappe sont importantes d'autre part. Le niveau piézométrique peut s'y établir en hivernage, ou toute l'année (dans les bas-fonds). Cet horizon qui correspond à la nappe phréatique, a son niveau supérieur généralement dénoyé en saison sèche. Comme la couche de cuirasse très perméable surmonte une couche de limonite moins perméable, et à cause de sa position superficielle, elle se vidange très rapidement à travers les sources et émergences le long du littoral (Photo 4-4).

b) Une série composée de limon sableux (horizon B) à basse perméabilité, soit de l'ordre de 10^{-9} m/s d'après les TP en 1950 (Archambault, 1950). Cet horizon peut parfois présenter une perméabilité verticale (de 8×10^{-5} m/s en moyenne), probablement liée à la présence locale de fissures résiduelles persistantes de la dunite.

c) Un complexe de perméabilité élevée, conservant la texture résiduelle de la dunite (appelée horizon C) est toujours saturée d'eau. Selon les endroits, cette nappe est soit nettement captive, soit semi-captive, soit enfin totalement libre en fonction du degré d'imperméabilité de la couche limonitique.

Schéma hydro - stratigraphique de la presqu'île de Kaloum
d'après COMTEC, 1980, complété par Morciré S.

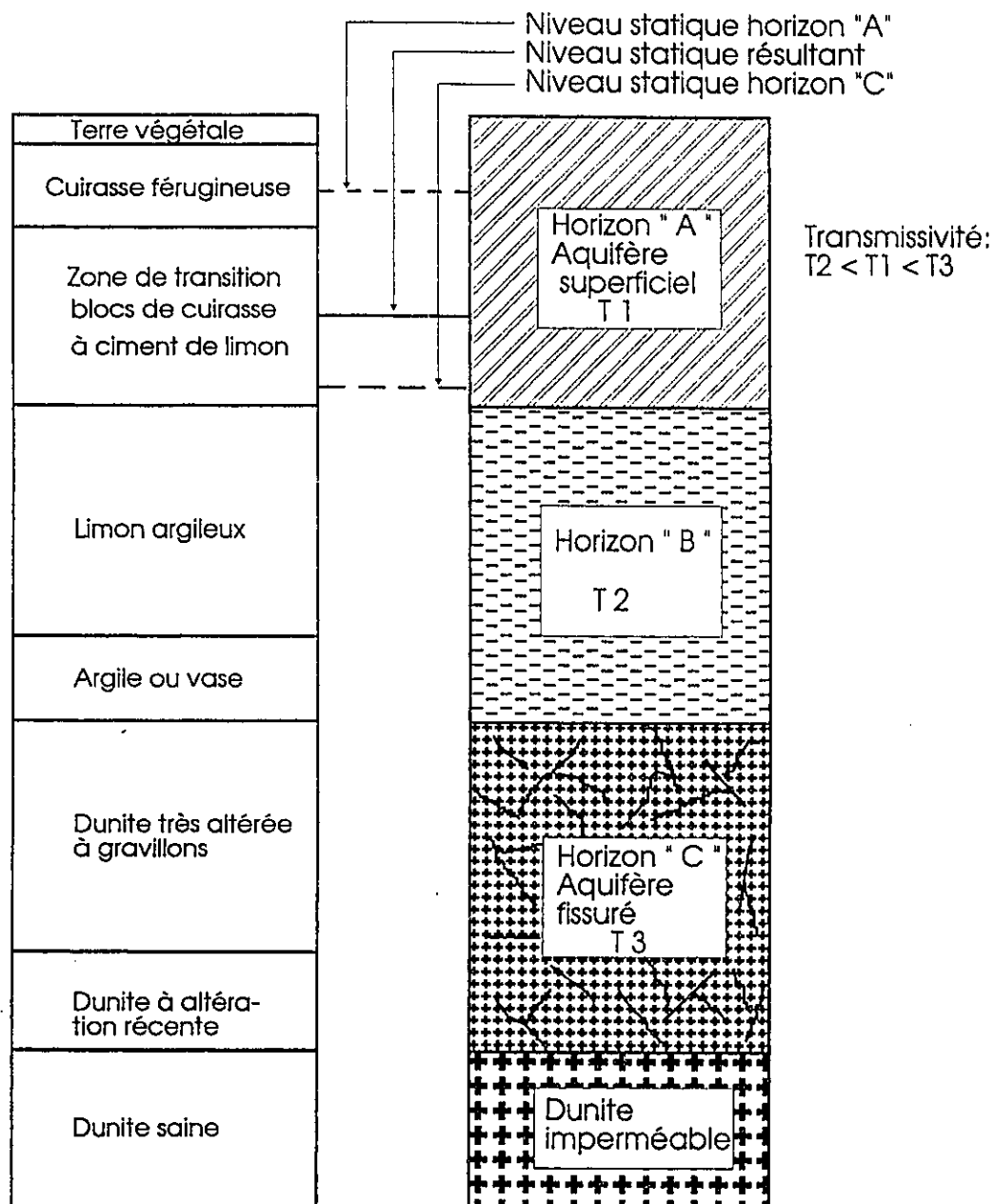


Fig. 2-6 Schéma hydro-stratigraphique de la presqu'île de Kaloum

Le niveau de dunite faiblement altérée au-dessus d'une surface de dunite profondément déprimée constitue l'aquifère principal de la région. Sa perméabilité horizontale moyenne est évaluée à 5×10^{-4} m/s à Kakimbon et à 2×10^{-4} m/s ailleurs. Ces horizons sont en communication hydraulique entre eux, et reposent sur la dunite de base qui est imperméable lorsqu'elle est saine.

2.6 Généralités sur la chimie des eaux souterraines profondes

Selon les conclusions du rapport Comtec s p (1980), en moyenne les eaux de la nappe profonde ont une basse teneur en sels dissous (<100 mg/l), et le contenu en fer et en chlore est aussi bas (Tableau 2-5). Le fer que l'on trouve dans les eaux de source et dans les dépôts est plus imputable à la limonite en suspension qu'au fer dissous. Les valeurs moyennes suivantes ont été obtenues par les mêmes études:

Tableau 2-5 Composition de l'eau du puits F7 de Kakimbon

Prélevé après 1 H et 72 H de pompage. (Brian C. & Partners, 1981)

Anions (mg/l)	Soluble	Total	Cations (mg/l)	Soluble	Total
CO ₃	-	-	Na	3,0 et 1,9	3,0 et 1,9
HCO ₃	41 et 29	-	K	0,2 et 0,2	0,2 et 0,2
SO ₄	<1 et <1	-	Ca	6,6 et 1,8	5.86,6 et 1,8
Cl	5 et 3	-	Mg	4,3 et 4,8	4,3 et 4,8
pH	6.1 et 6.1	-	Fe	<0,03 et 0,1	<0,03 et 0,65
Alcal. CaCO ₃	34 et 24	- et 58	Mn	0,6 et 0,25	0,81 et 0,30

Résidu sec à 110°C: de 38 à 95 mg/l; Degré hydrotimétrique: de 2 à 6; Chlorures: de 2 à 40 mg/l. Les eaux de la nappe profonde ont un pH variant entre pH 4,4 et 6,7 avec une moyenne de pH 6,03 (Brian C., 1981).

Matériaux solides dissous: 60 et 41 mg / l; N dans nitrate: <0,1 et 0,1 Matériaux solides en suspension: <5 et 6 mg / l; Conductivité: 65 et 53 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

N.B.: profondeur totale du forage: 110 m; intervalle crépiné: 71 - 100 m; lithologie: limonite et dunite altérée. Les études portant sur les échantillons d'eau provenant des forages de Kakimbon et de Gbessia (profondeur moyenne 80 m avec prélèvement au début et à la fin de chaque essai de pompage à débit constant), ont abouti aux remarques suivantes:

- Les matériaux solides dissous étant de l'ordre de 15 à 30 mg/l, le degré de minéralisation est très bas.
 - La faible quantité de nitrate dans chaque cas montre l'absence de pollution importante.
 - Pas d'augmentation sérieuse des constituants chimiques durant les essais de pompage.
 - Le pH est acide dans chaque échantillon et la dureté de l'eau est toujours carbonatée.
- (tiré de Brian C. & partners 1981, rapport concernant le forage et les essais des forages à Kakimbon et Gbessia).

Les eaux analysées lors des travaux du projet d'études géotechniques de Conakry ont été caractérisées comme chloruro-calciques et hydro-carbonato-calciques, moyennement minéralisées avec prédominance des éléments Cl^- , HCO_3^- , Ca^{2+} et Mg^{2+} .

3. MÉTHODOLOGIE

Travaux de terrain

Des observations, mesures et prélèvement d'échantillons d'eau souterraine et d'eau météorique (Tableau 3.1) ont été opérés pendant trois années consécutives (de 1992 à 1994). Les points de prélèvement sont illustrés sur Fig. 3-1.

3.1.1 Eaux souterraines

Le programme d'observation des eaux souterraines a été exécuté suivant trois délais à savoir: observations semestrielles (saison sèche et saison pluvieuse) sur tous les puits, mensuelles, et hebdomadaires sur puits de contrôle et puits-témoins. Elles ont permis de collecter les données sur la géochimie (cations et anions), les isotopes (Oxygène-18, Deutérium et Tritium) et le carbone organique dissous. Tous les prélèvements d'échantillons sont précédés de mesures in-situ tel que profondeur de l'eau, pH, Eh, conductivité, température, alcalinité. - Plus de 150 puits, forages et sources sélectionnés ont été échantillonnés deux fois par an (étiage et crue), avec les observations et mesures diverses faite sur le terrain. Des échantillons d'eau provenant de la plupart de ces points d'eau ont été soumis à des analyses géochimiques et isotopiques. Sur la base d'une sélection tenant compte de la répartition spatiale et de leur profondeur, 21 points d'eau (puits de contrôle) ont été échantillonnés une fois tous les mois. Ces puits ont permis de faire un suivi de la piézométrie de plus près, et certains échantillons ont servi aux analyses géochimiques.

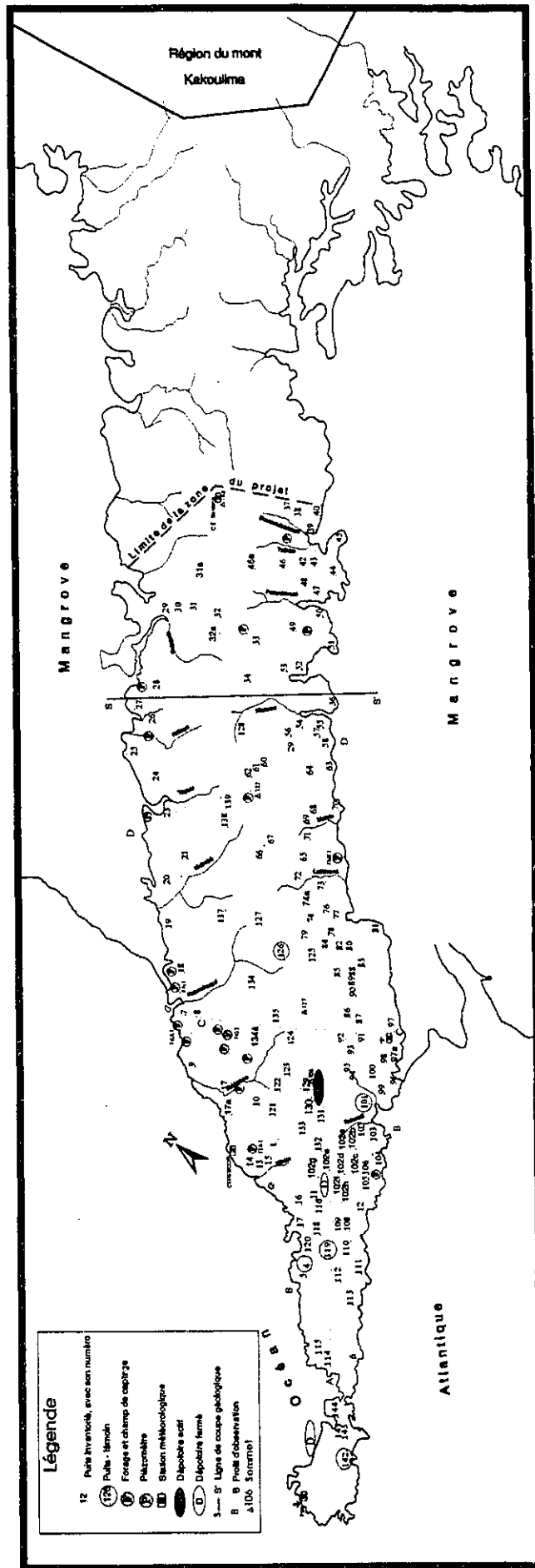


Fig. 3-1 Presqu'île de Kaloum (carte de documentation)

Tableau 3-1 Programme d'échantillonnage

But de l'échantillon	Origine de l'échantillon	Type d'échantillon	Volume	Contenant	Méthode d'échantillonnage
Caractériser la géochimie des eaux	Eau souterraine	Cations	30 ml et 60 ml	Nalgene	filtration sur le site, 0,45 mm
	Eau souterraine	Anions	30 ml et 60 ml	Nalgene	idem avec ci-dessus + HgCl
	Eau de pluie	Cation	250 ml	Nalgene	idem
	Eau de pluie	Anion	250 ml	Nalgene	idem
	Eau souterraine	C.O.D.	20 ml	Verre	idem ci-dessus et acidifié
	Eau souterraine	Alcalinité	100 ml	Becher	titration avec l'acide, sur site
Caractériser l'hydrogéologie des isotopes	Eau souterraine	O-18 & D	60 ml	Nalgene	eau puits , forage non filtrée
	Eau de pluie	O-18 & D	250 ml	Nalgene	fraîche recueillie, non filtrée
	Eau souterraine	Tritium	60 ml	Nalgene	eau non filtrée



Photo 3-1 Tests divers près d'un puits à Conakry



Photo 3-2 Scéance de récapitulation des observations

Les résultats d'analyses géochimiques des deux premières années ont permis le choix de 5 puits témoins, pour mieux suivre les effets saisonniers de la contamination par les nitrates. Quatre de ces puits ont été choisis dans les zones où la nappe phréatique est suspectée de contamination par les nitrates et un dans les zones dites exemptes de contamination par le nitrate. Les puits témoins ont fait l'objet d'échantillonnage une fois par semaine; Les échantillons ont été analysés pour la géochimie des nitrates, la détermination du carbone organique dissous et du carbone inorganique dissous.

Les paramètres mesurés sur place au moment des observations l'on été à l'aide des instruments portatifs à savoir: le *niveau statique* avec une sonde électrique sonore à lampe témoin, La *conductivité*, le *pH* et le *Eh* à l'aide d'un pHmètre digital portatif, l'*alcalinité* avec un titrateur digital, et le *nitrate* à l'aide de la trousse HACH (Photo 3-1) et du comparateur de couleur HACH.

3.1.2 Eau météorique

Pendant la saison hivernale des échantillons ont été recueillis dans quatre stations météorologiques réparties dans la zone d'étude: Le centre émetteur de Sonfonia à l'est, où nous avons installé un pluviomètre dans le cadre de nos travaux, la station météorologique du Port de Conakry à l'ouest, la station météorologique du Centre de Recherches Scientifiques et Océanographiques de Rogbané (CRESCOR) au nord, la station météorologique de l'Aéroport de Conakry au sud (Fig. 3-1).

Les échantillons ont été récoltés deux fois par mois (au milieu et à la fin du mois), sur chaque station pendant la saison pluvieuse. Les échantillons d'eau souterraine et eau météorique étaient recueillis, conditionnés, et expédiés pour analyses.

3.2 Travaux de laboratoire

3.2.1 Analyses géochimiques

Les analyses chimiques ont porté sur la détermination des teneurs en éléments majeurs et éléments en trace dans les échantillons d'eau souterraine et d'eau de pluie (Tableau 3-2). Les cations et les anions ont été déterminés dans les laboratoires de l'université d'Ottawa.

a) Détermination des cations: Elle est faite à l'aide d'un spectromètre au plasma d'induction couplée (ICP), modèle AtomScan 25, munit d'un échantillonneur automatique. La combustion du plasma (gaz hautement ionisé) provoque l'accélération des électrons, et des lignes d'excitation résultantes choisies par un système optique sont converties par un détecteur selon l'intensité des ondes. La calibration est faite avec de l'eau distillée et d'autres standards disponibles. Les résultats sont automatiquement sauvés sur l'ordinateur relié au système. La limite de détection varie selon l'élément (voir Tableau en Annexe).

b) Détermination des anions: Les anions sont déterminés sur le chromatographe de liquide sous haute pression à Ion intégré modèle DIONEX DX-100 équipé d'un échantillonneur automatique (Photo 3-3).

Tableau 3-2 Programme d'analyse

But de l'analyse	Analyse de:	Laboratoire	Méthode d'analyse	Commentaire
Caractériser la géochimie des eaux	Cations	Université d'Ottawa labo de géochimie	Spectroscopie d'émission atomique	Jarrell Ash Atomscan 25 ICP-AES
	Anions	Université d'Ottawa labo de géochimie	Dionex DX-100 HPLC	Dilution échantillons riches en NO ₃
	C.O.D.	Université d'Ottawa labo de pollution	TOC analyser DC - 180	Analyse manuelle pour échantillons inférieurs à 20 ml
	Alcalinité	Analyse sur le terrain	Titration à l'acide jusqu'à virement acide sulfurique 0,16 et 1,6 M	Indicateur au Méthyl de Bromo-Cresol
Caractériser l'hydrogéologie des isotopes	Oxygène-18	Université d'Ottawa labo des isotopes stables	Spectrométrie de masse de gaz	Équilibration du dioxyde de carbone avec l'échantillon d'eau par SMOW
	Deutérium	Université d'Ottawa labo des isotopes stables	Spectromètre de masse VG-SIRA12	Réduction par du zinc à 500 oC
	Tritium	Université de Waterloo Waterloo, Ontario	Spectrométrie de masse de gaz Spectro de masse VG-Micromass 602E Comptage de scintillation de liquide	Comptage de scintillation de liquide suivant l'enrichissement électrolytique



Photo 3-3 Analyse des anions sur le DIONEX DX-100 au labo (U. d'Ottawa)

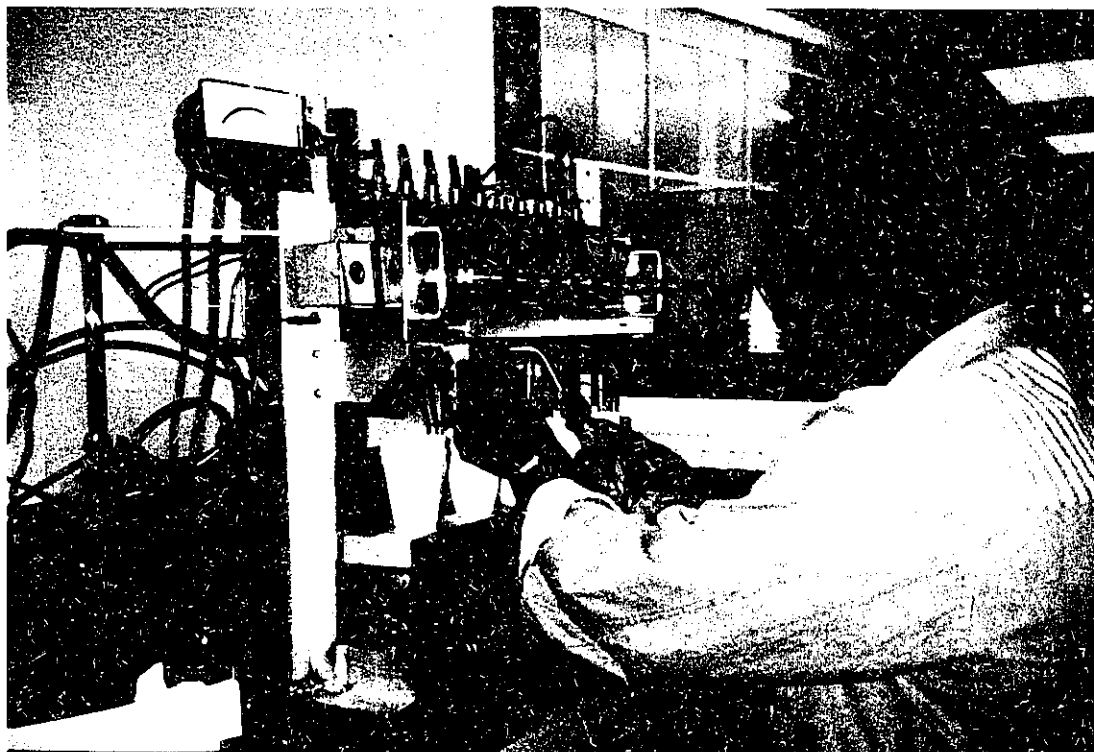


Photo 3-4 Extraction du deutérium au labo des isotopes stables (U. d'Ottawa)

Le système est basé sur la détection de la conductivité. L'échantillon d'eau est pompée sous haute pression (1650 psi) et mélangé à un effluent. Le mélange acquérant des charges selon la conductivité, les anions sont ainsi mesurés d'après leurs charges électriques. La calibration se fait avec des standards Dionex, les résultats sont automatiquement enregistrés par un ordinateur relié au système. Les limites de détection pour chaque élément analysé sont indiquées dans les tableaux à l'annexe.

3.2.2 Analyse du carbone organique dissout (C.O.D.)

L'échantillon d'eau additionné d'acide chlorhydrique est analysé sur le " T.O.C. Analyser DC - 180 " à alimentation automatique. Un réacteur à ultra violet oxyde le carbone, le CO₂ ainsi produit est mesuré par un NDIR (non-discursive infrared detector). La précision des mesures est de 5%.

3.2.3 Analyses isotopiques

Les échantillons d'eau souterraine et d'eau météorique ont été analysés isotopiquement pour la détermination de leur composition en isotopes stables:

a) *Deutérium*: Les échantillons de 3 ml sont injectés et congelés sur 4 mg de zinc métallique, puis scellés sous vide dans des ampoules de verre sur une ligne de préparation (Photo 3-4). L'eau de l'échantillon est transformée en hydrogène (gaz) par réduction avec du zinc à 500°C. L'analyse s'effectue sur un spectromètre de masse *VG-Micromass 602E* automatique à double

collecteur. La calibration (et la normalisation des échantillons) est faite avec les standards V-SMOW et V-SLAP. La précision des mesures est de 1,3 ‰.

b) Oxygène-18: Il est déterminé par l'équilibration CO₂-Eau à 25°C. La composition isotopique en CO₂ est analysée à l'aide d'un spectromètre *VG-Isogas SIRA 12* à triple collecteurs complètement automatisé. Le facteur de fractionnement (α) CO₂-Eau à 25°C utilisé est de 1.0412 (Friedman et O' Neil 1977). La précision des mesures est de 0.10 ‰.

c) Tritium: Les analyses de tritium ont été faites à l'université de Waterloo, par comptage des scintillations de liquide b⁻ sur les échantillons non enrichis. La précision est de ± 8 UT. Une unité de tritium (UT) égale un atome de ³H sur 10¹⁸ atomes d'hydrogène.

4. DISCUSSION ET INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

4.1 Alimentation des nappes aquifères

4.1.1 Piézométrie

Dans tous les puits observés, les variations du niveau de la nappe phréatique répètent celles de la pluviométrie. Ce phénomène qui indique une recharge à partir des eaux météoriques, est illustré dans Fig. 4-1, Fig. 4-2, et Fig. 4-3 montrant les puits P8 de Kaporo, P62 de Wanindara, et P97 de Gbessia port. L'alimentation de la nappe phréatique par les eaux de pluie se fait par infiltration directe comme le montrent les délais de réaction de celle-ci aux premières pluies qui peuvent aller jusqu'à un mois (Fig. 4-4, Fig. 4-5 et Fig. 4-6). Les niveaux amorcent la remontée en juin, alors que les pluies commencent de manière prononcée en mai. Les variations de la quantité de pluie tombée influencent la durée de maintien du niveau du niveau de la nappe, mais presque pas une augmentation proportionnelle du niveau piézométrique.

Pour une pluviométrie de 2 906,7 mm d'eau en 1993, les niveaux maxima de la nappe ont été maintenus durant les deux mois suivant les pluies; alors qu'en 1994 avec 4 033,6 mm de pluie, les niveaux sont demeurés constants pendant 3 mois environ. Cela signifie qu'une grande quantité de pluie permet à la nappe de résister plus longtemps aux pertes (exutoires, migration dans l'aquifère profond, évapotranspiration, exploitation par les puits). Cependant, les niveaux maxima de la nappe sont restés sensiblement les mêmes dans les deux conditions de pluviométrie caractérisées par écart de 1 126,9 mm d'eau. Ceci pourrait être le résultat d'une condition de perte d'eau par le biais du ruissellement qui est très important à Conakry pendant les tornades (Photo 4-1).

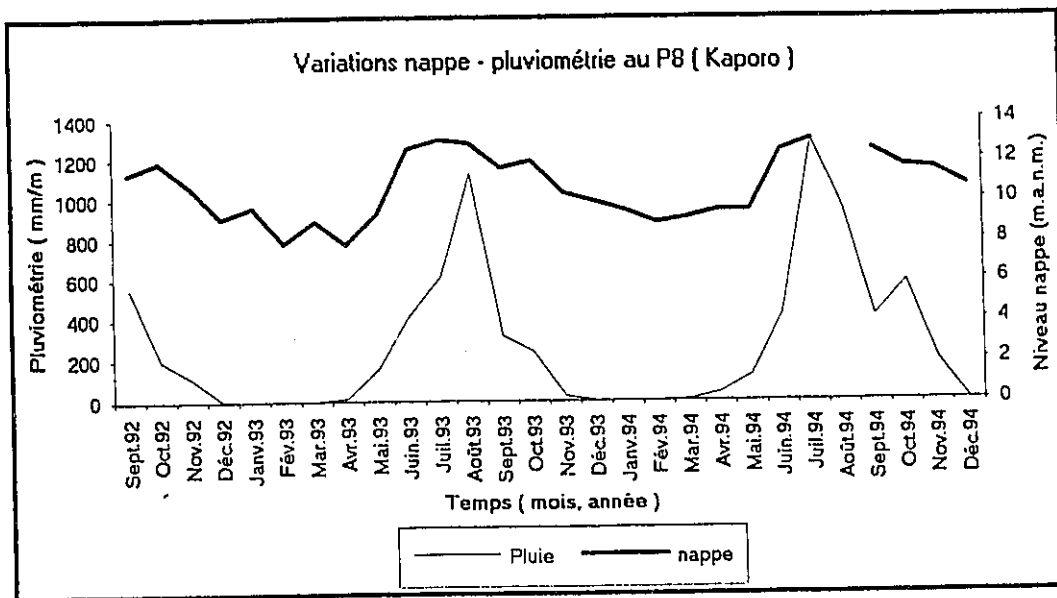


Fig. 4-1 Variations nappe-pluviométrie au P8 (Kaporó)

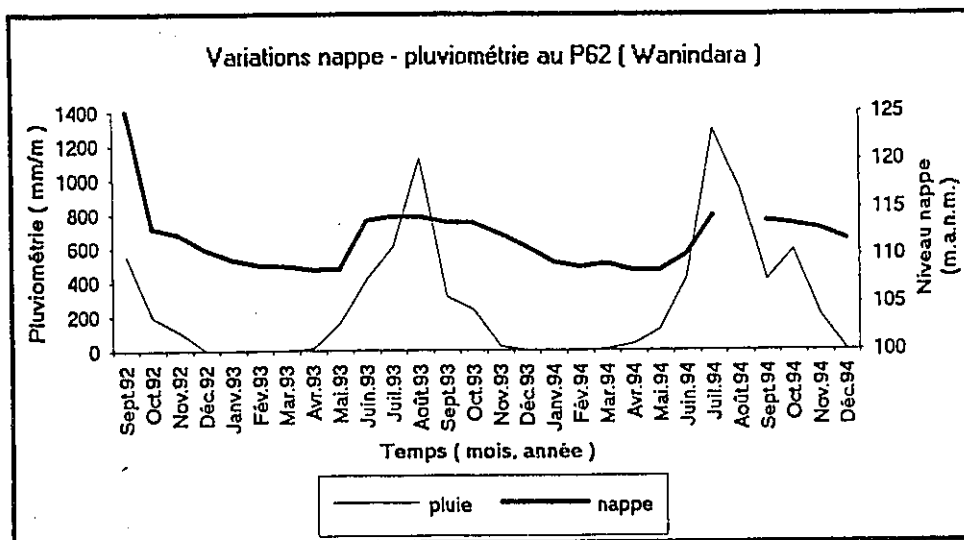


Fig. 4-2 Variations nappe-pluviométrie au P62 (Wanindara)

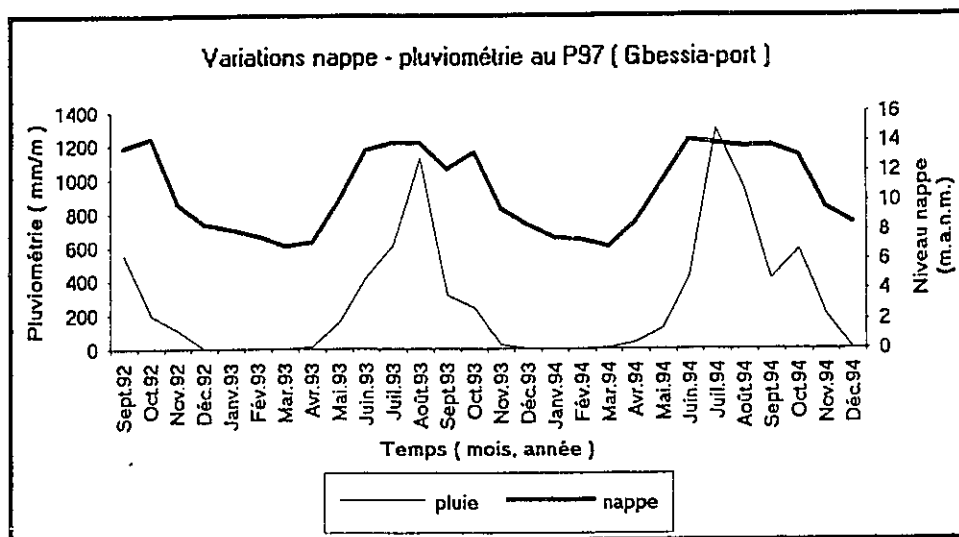


Fig. 4-3 Variations nappe - pluviometrie au P97 de Gbessia-port.

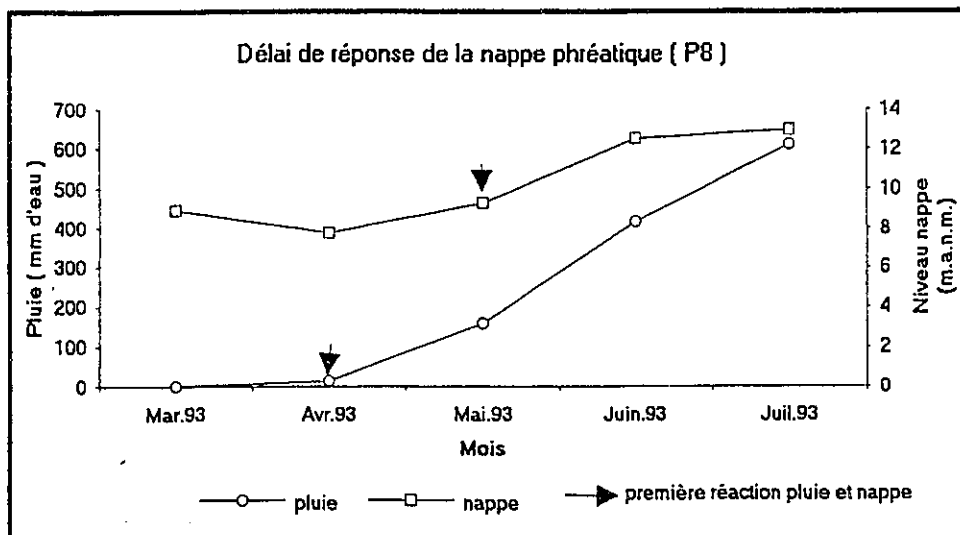


Fig. 4-4 Délai de réponse de la nappe phréatique à la pluviométrie

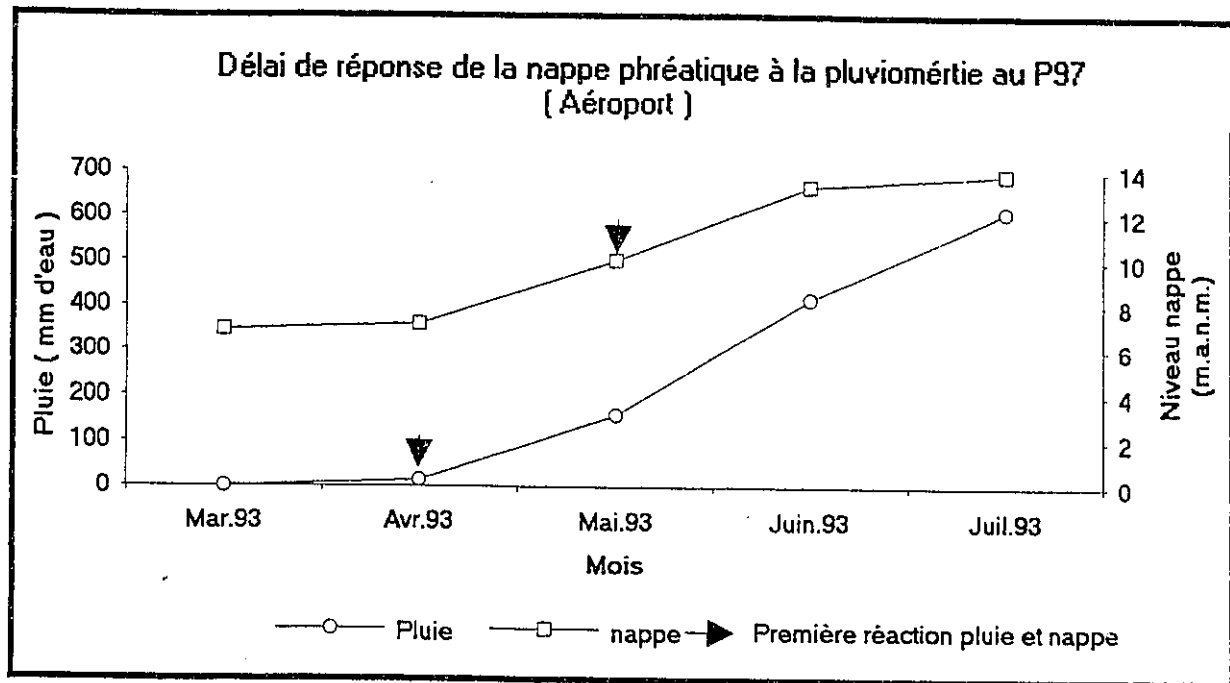


Fig. 4-5 Délai de réponse de la nappe phréatique à la pluviométrie au P97

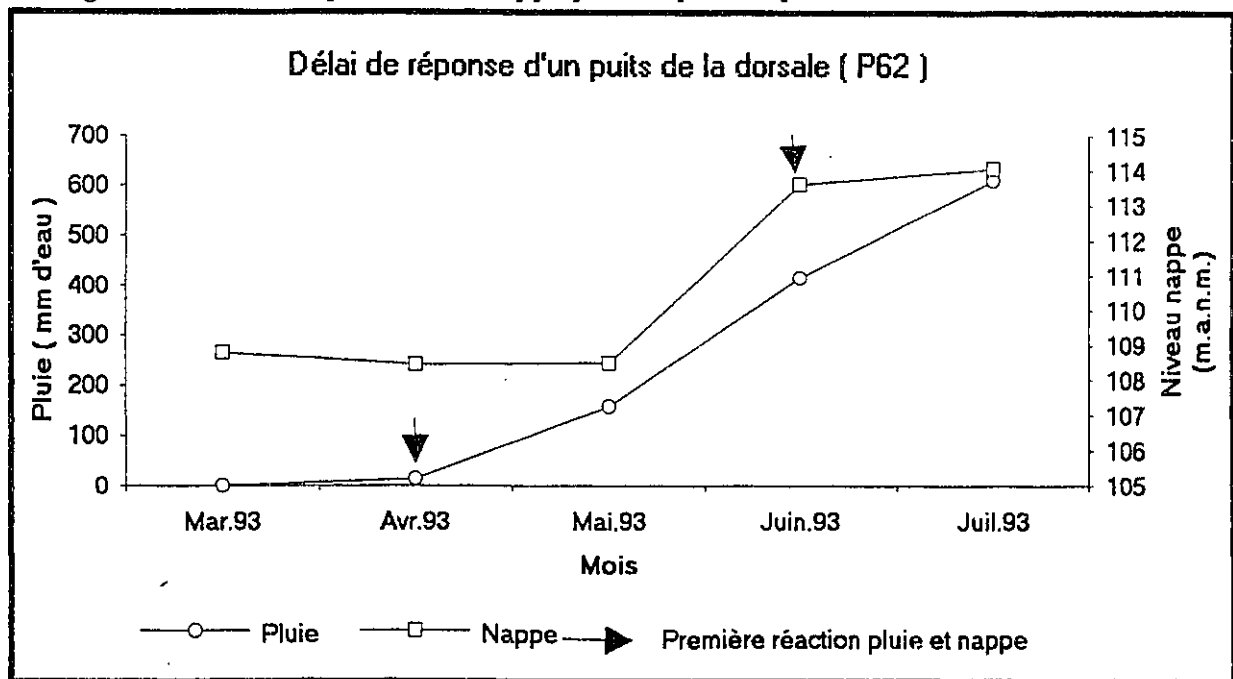


Fig. 4-6 Délai de réponse d'un puit de la dorsale (P62)

a) Alimentation et drainage de la nappe

Les maxima et minima du niveau de la nappe sont observés respectivement pendant les mois de juillet - août parfois septembre, et en avril - mai. Les puits de contrôle situés le long du littoral comme les puits P8 et P97 (Fig. 4-4 et Fig. 4-5) ont des délais de réponse aux précipitations ne dépassant pas un mois. Cette réaction presque instantanée de la nappe peut signaler des zones de faible porosité et de bonne perméabilité. Les autres puits de contrôle, notamment ceux situés sur la dorsale (par exemple le puits P62, Fig. 4-6), entament le relèvement de leurs niveaux d'eau dans des délais variant entre 1 mois et 2 mois, ce qui est une caractéristique des zones de bonne porosité. Il est à noter que ces délais devraient être influencés par l'épaisseur de la zone non saturée, à laquelle ils sont directement proportionnels. Dans la région d'étude les épaisseurs de la zone non saturée varient de 0,5 mètres au P78 de Yimbaya, à 12 mètres au P124 de Koloma.

Les amplitudes de fluctuation de la nappe varient entre 1,72 mètres au P58 de Sangoyah, et 11,48 mètres au P126 de Démoudoula (Fig. 4-7, Fig. 4-8 et Fig. 4-9). Les puits localisés au voisinage de la ligne de partage des eaux de la presqu'île comme on peut le voir sur Fig. 4-7, subissent de grandes fluctuations de niveau allant de 5,7 mètres à 11,48 mètres (Fig. 4-13). Ceci peut révéler des zones d'alimentation ou de recharge des eaux souterraines. Les puits de contrôle situés près du littoral (Fig. 4-9 et Fig. 4-10), connaissent de légères fluctuations du niveau de la nappe (1,72 mètres à 3,24 mètres), ce qui peut témoigner de zones d'accumulation ou de décharge des eaux souterraines.

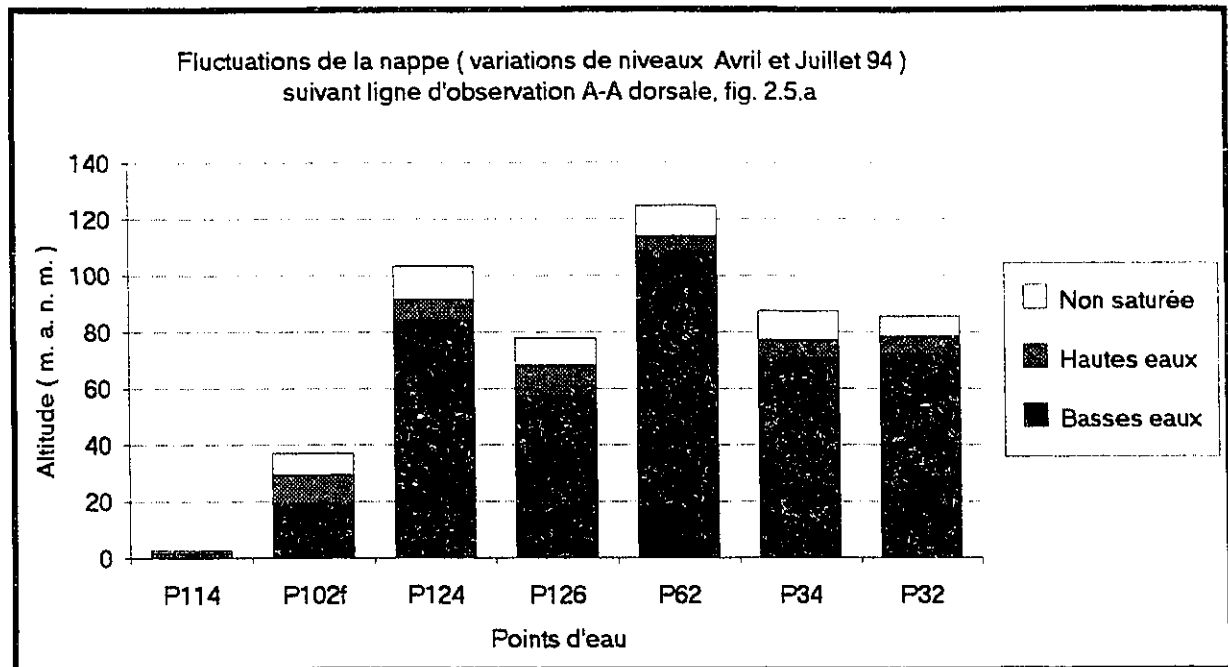


Fig. 4-7 Fluctuation de la nappe sur la dorsale

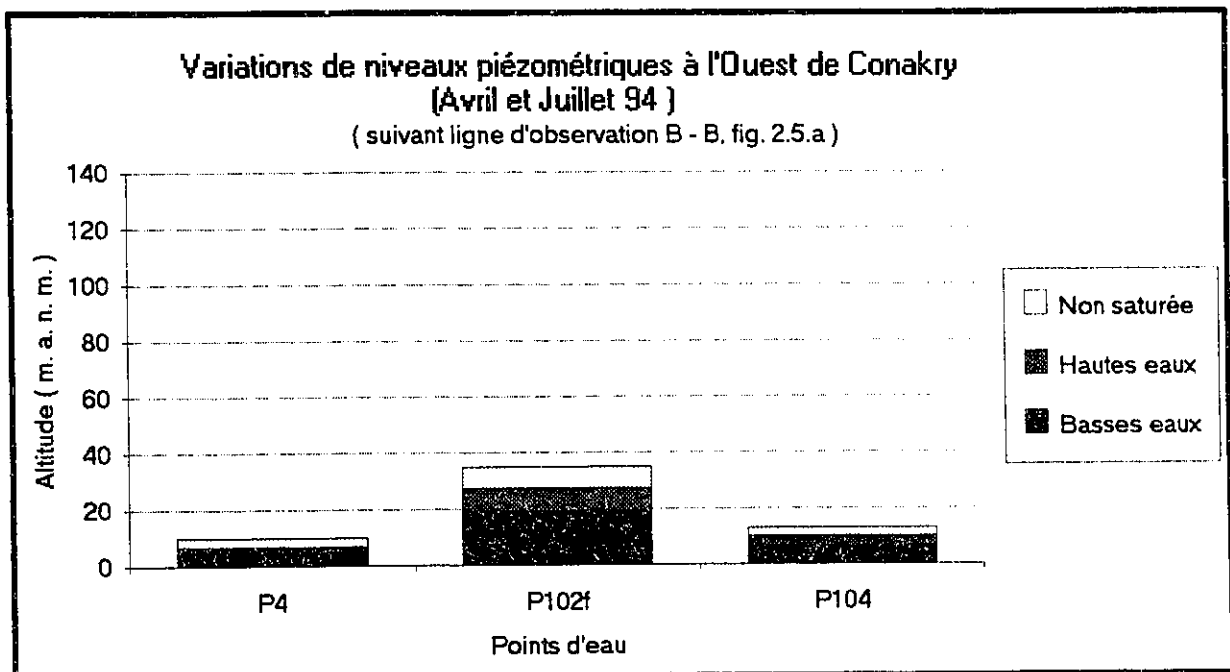


Fig. 4-8 Variation de niveau piézométriques à l'Ouest de Conakry

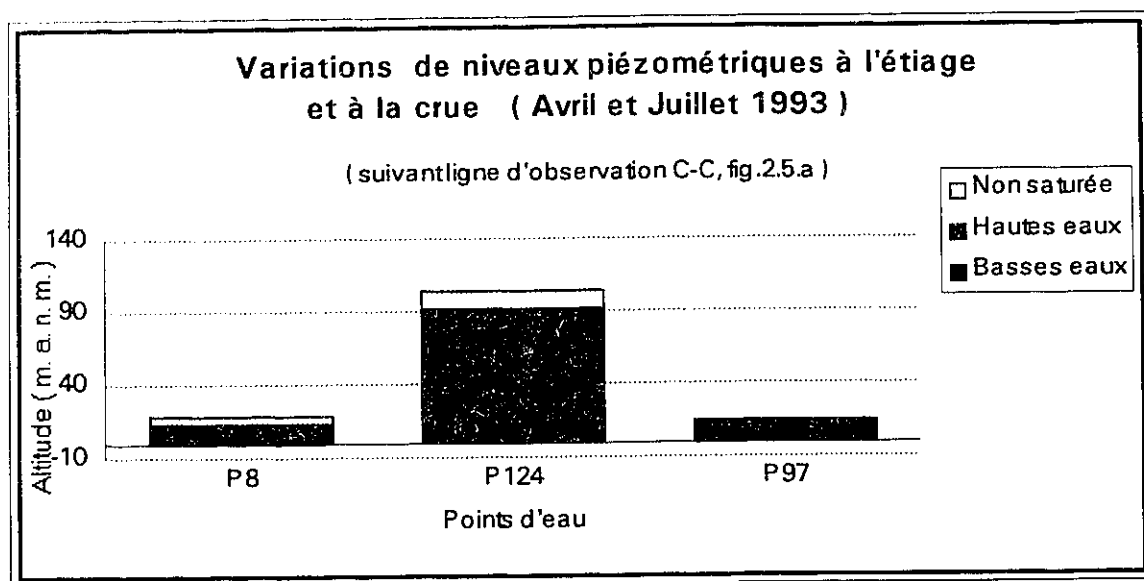


Fig. 4-9 Variations de niveaux piézométriques à travers le massif de Koloma

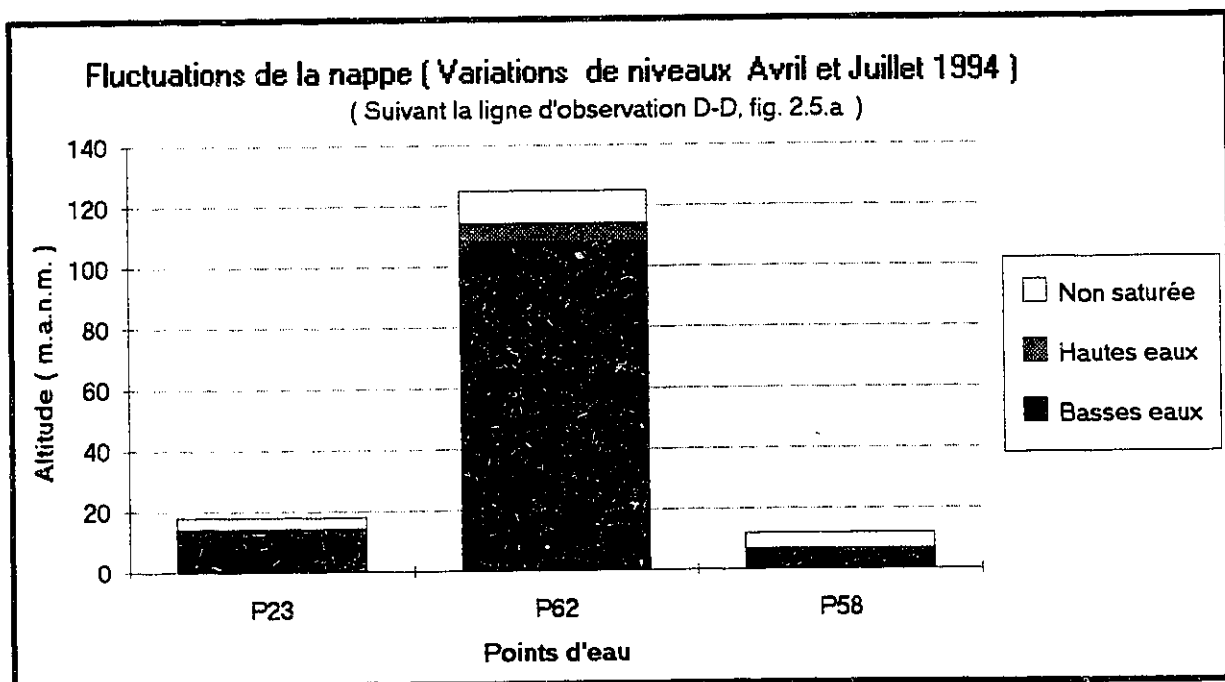


Fig. 4-10 Fluctuations annuelles de la nappe a travers le massif de Soumabossia

b) Morphologie de la nappe phréatique

Les cartes piézométriques aux périodes d'étiage (Fig. 4-11) et de crue (Fig. 4-12), et la carte des fluctuations (Fig. 4-13) ont été établies à l'aide du S.I.G. (Système d'Informations Géographiques). Elles permettent de voir que les axes d'écoulement se dirigent des secteurs topographiquement élevés vers ceux plus bas le long du littoral. Dans les zones d'alimentation la morphologie de la nappe se caractérise par des dômes, des courbes isopièzes fermées et des lignes de courant divergeants. Les trois principales zones d'alimentation observées se localisent dans les massifs de Kaloum - Koloma vers l'ouest, de Soumabossia au centre (Photo 4-3), et de Sonfonia à l'extrémité orientale. Des mesures de gradients verticaux dans ces zones devraient permettre de confirmer la recharge des aquifères.

Les niveaux piézométriques y sont au maximum avec 120 mètres en période de hautes eaux (Fig. 4-12), et 110 mètres en période d'étiage (Fig. 4-11). Les zones de drainage ou zones d'accumulation des eaux souterraines coïncident avec les plaines situées le long du littoral. Les lignes de courant convergent dans ces zones où la nappe se présente sous forme de cuvette, et les niveaux piézométriques sont bas (-10 à +20 mètres). Ces zones signalent des terrains de bonne perméabilité avec de grandes épaisseurs de formations meubles. Elles connaissent une plus grande extension à l'extrémité occidentale et dans les plaines du nord de la presqu'île. Le gradient hydraulique (pente des eaux souterraines) est plus fort dans le versant sud où les zones d'accumulation des eaux souterraines sont plutôt linéaires et parallèles à la ligne côtière. Ces tendances se maintiennent aussi bien en saison sèche qu'en saison des pluies

La carte de fluctuations est un zonage des différences entre les niveaux piézométriques en périodes de hautes eaux et ceux en période de basses eaux (Fig. 4-13). Cette carte montre que les aires de recharge sont localisées sur la crête de la presqu'île avec des amplitudes de fluctuation supérieures à 6 mètres. Ces secteurs constituent des points d'entrée pour les eaux qui alimentent les écoulements souterrains. La charge hydraulique et le taux d'écoulement y sont importants. Par conséquent, ce sont des secteurs sensibles où toute pollution est rapidement propagée sur les zones d'accumulation des versants nord et sud dont ils constituent les réservoirs hydrauliques.

Les aires d'accumulation se localisent à l'extrémité ouest de la presqu'île, et dans les plaines littorales du nord et du sud, notamment dans les deux premières zones (Fig. 4-13). Ces zones d'accumulation ont des amplitudes de fluctuation inférieures à 6 mètres, elles connaissent une bonne extension dans la plaine occidentale de Conakry (à gauche d'une ligne passant par Taouya et Matam, Fig. 4-11), et sur le versant nord. Les trois zones d'accumulation expriment une vulnérabilité à la pollution, surtout celles au pieds des versants nord et sud dont les aires de recharge se retrouveraient en altitude.

Fig. 4-11 Carte piézométrique de Conakry
Période de basses eaux, 1994
nappe phréatique

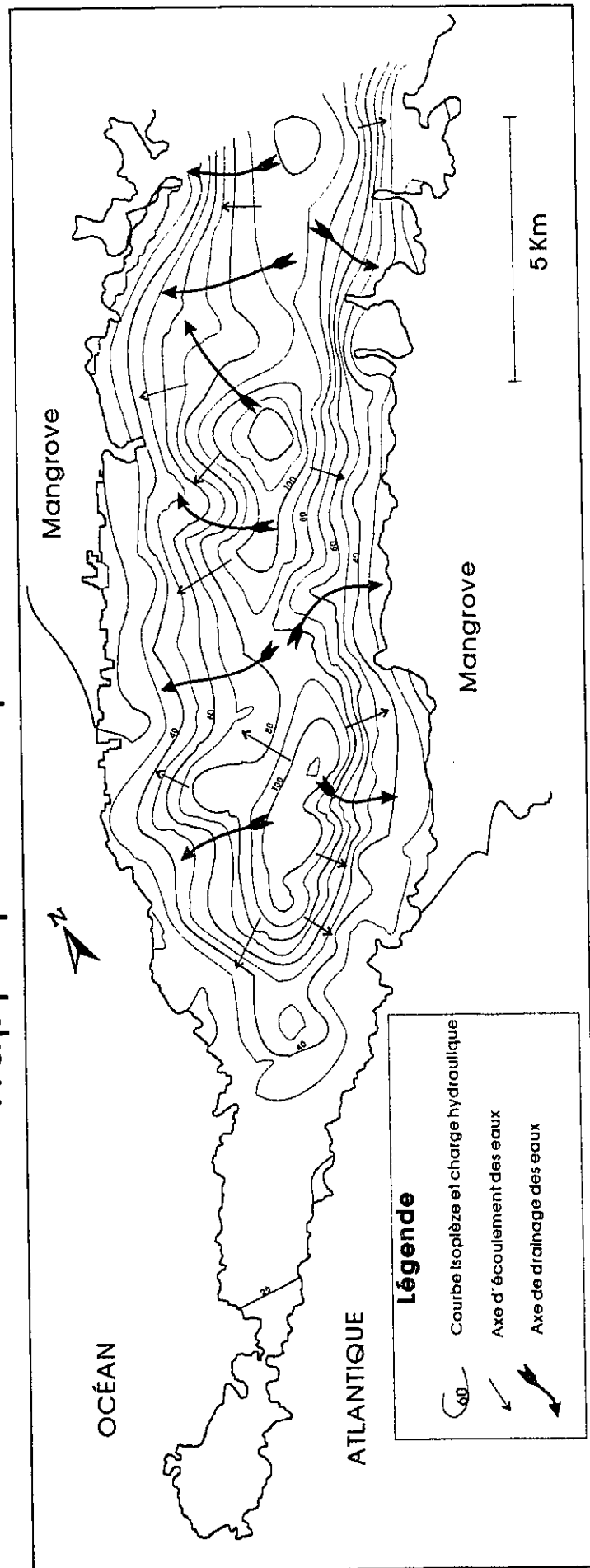
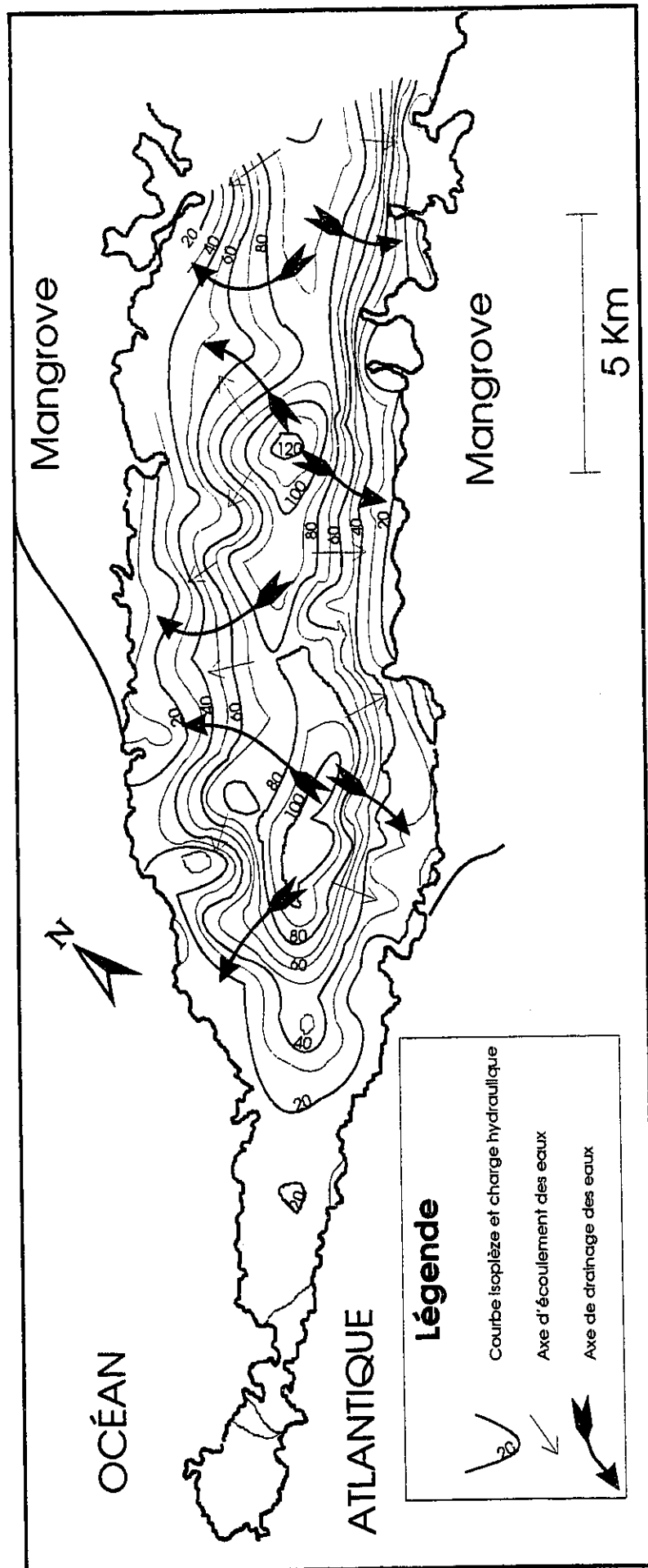


Fig. 4-12 Carte piézométrique de Conakry
Période de hautes eaux, 1994
nappe phréatique



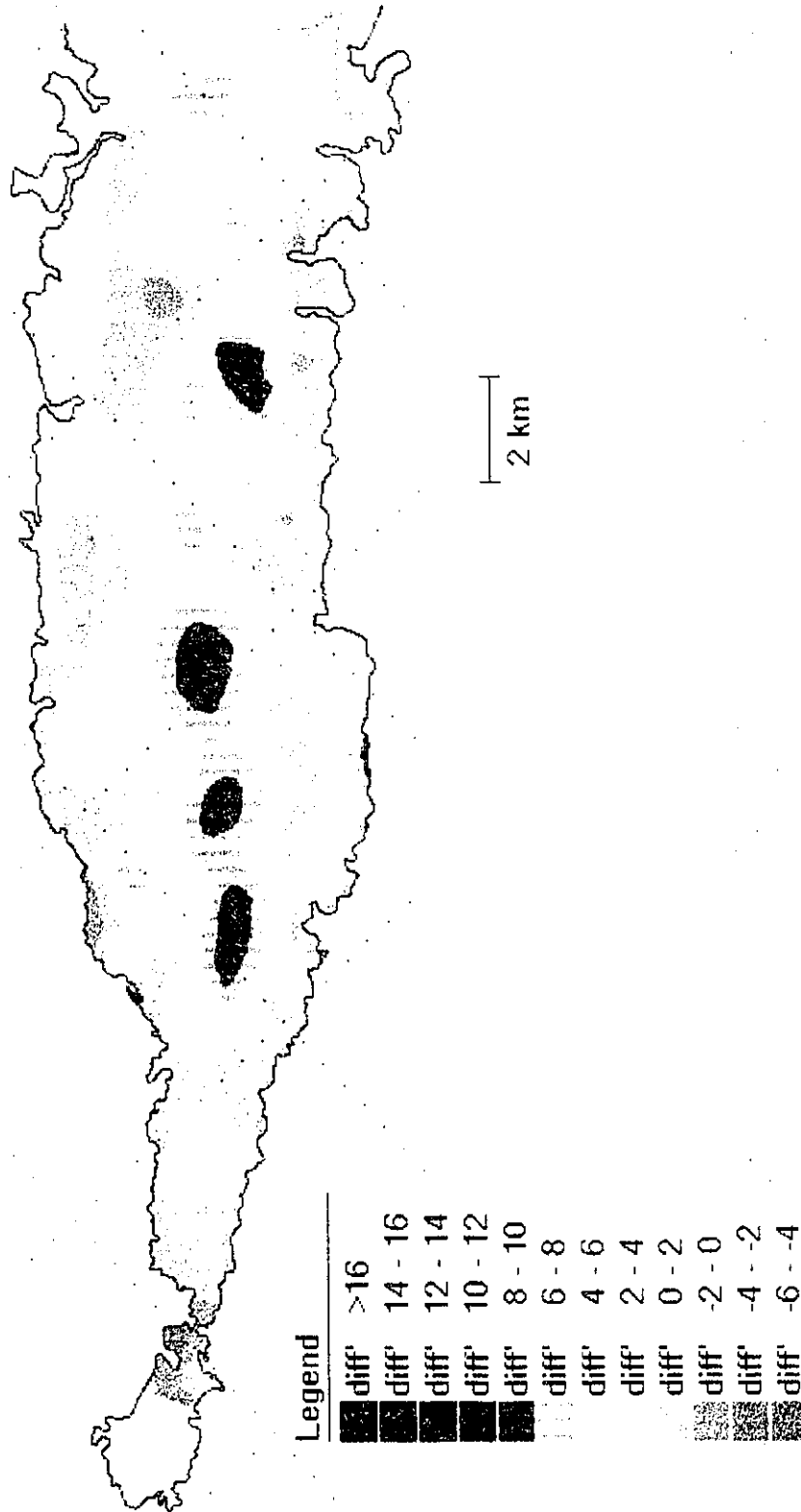


Fig. 4-13 Carte des fluctuations de la nappe phréatique, 1993

4.1.2 Hydrogéologie des isotopes stables

L'application des méthodes isotopiques pour résoudre les problèmes de recharge des nappes aquifères est basée sur la variation des teneurs isotopiques, qui sont des " empreintes " d'origine. On appelle isotopes, des atomes ayant le même nombre de protons mais des nombres différents de neutrons. À l'opposé des isotopes radioactifs, les isotopes stables sont des isotopes qui sont demeurés inchangés dans l'environnement terrestre depuis le temps de la nucléosynthèse, après la naissance de l'univers. Par exemple l'oxygène compte 8 isotopes (de ^{13}O à ^{20}O), mais seulement ^{16}O , ^{17}O , et ^{18}O sont stables. Les plus importants isotopes participant au cycle hydrologique sont le deutérium (^2H ou D) et l'oxygène - 18 (^{18}O).

Les concentrations isotopiques sont exprimées selon la formule ci-dessous comme étant la différence entre le ratio de l'échantillon et la référence, sur le ratio apparent de la référence. La référence utilisée est le SMOW (en anglais Standard Mean Ocean Water: Moyenne standard de l'eau de mer). Le résultat est exprimé d'après l'équation 4.1, en part pour mille (‰, pour mille) par rapport à la référence.

$$\delta^{18}\text{O}_{\text{échant.}} = \frac{{}^{18}\text{O}/{}^{16}\text{O}_{\text{échant.}} - {}^{18}\text{O}/{}^{16}\text{O}_{\text{référence}}}{{}^{18}\text{O}/{}^{16}\text{O}_{\text{référence}}} \times 1000 \quad (\text{Éq. 4.1})$$

a) Relation oxygène -18 (^{18}O) deutérium (^2H) dans les précipitations

La relation entre la variation de la teneur en ^{18}O et ^2H des précipitations est d'un intérêt certain aussi bien pour l'étude de l'évolution de la composition isotopique durant les différents processus de condensation et d'évaporation, que pour d'autres applications pratiques en hydrologie.

C'est en 1953 que Freidman a indiqué que tout changement de teneur en ^{18}O s'accompagnait de changement en ^2H . La notion de corrélation générale des eaux météoriques émise par Craig, 1961 définit la relation entre ^{18}O et ^2H des eaux de surface du monde, à travers la droite de corrélation des eaux météoriques générale (DCEMG), dont l'équation est:

$$\delta ^2\text{H} = 8 \times \delta ^{18}\text{O} + 10 \text{ ‰ SMOW} \quad (\text{Éq. 4.2})$$

Les résultats d'analyses isotopiques des eaux météoriques de Conakry présentés sur le Tableau 4-1 ont permis d'obtenir sur Fig. 4-14, la droite de corrélation des eaux météoriques locale (DCEML). Cette figure et les statistiques dans le Tableau 4-2 laisse voir que la droite de corrélation locale (Éq. 4.3) est très voisine de la droite de corrélation générale (Éq. 4.2). En effet l'analyse de variance présentée sur Fig. 4-14 permet de voir que les droites météoriques globales et locales se trouve dans le meme intervalle de confiance. Les données des eaux météoriques sont présentées avec celles des eaux souterraines sur Fig. 4-15.

Les deux droites seraient confondues n'eut été l'influence des différentes erreurs liées aux mesures. La similitude entre la composition isotopique des eaux de météoriques de Conakry et celle des eaux méoriques globales s'explique par la position maritime de la région d'étude (en bordure de l'Océan Atlantique).

$$\delta ^2\text{H} = 8,2 \times \delta ^{18}\text{O} + 13,9 \text{ ‰ SMOW} \quad (\text{Éq. 4.3})$$

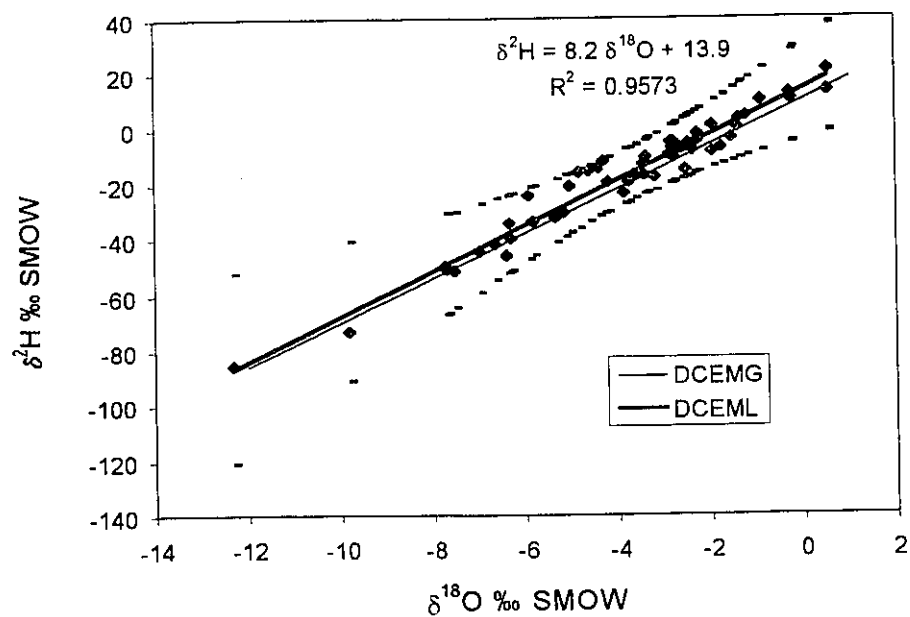


Fig. 4-14 Analyse de variance pour la droite de corrélation des eaux météoriques locales

Tableau 4-1 Composition isotopique des eaux meteoriques de Conakry (1992-1994)

Stat. météo.	Alt. (m)	Date	^{18}O (o/oo)	^2H (o/oo)	$d=^2\text{H}^*/^{18}\text{O}$	T. mens.(oC)	Pluie(mm/j)
Aéroport	42	30/07/92	-3,35	-10,6	16,2	27,9	36
Aéroport	42	31/08/92	-1,52	-3,4	8,76	27,3	539
Aéroport	42	30/09/92	-1,2	4,8	14,4	29	11
Aéroport	42	31/10/92	-0,29	12,5	14,82	29,9	0
Aéroport	42	30/06/93	-3,43	-12,8	14,64	29,4	0
Aéroport	42	30/07/93	-3,41	-16,7	10,58	28,3	125
Aéroport	42	31/08/93	-5,15	-30,5	10,7	28,2	229
Aéroport	42	30/06/94	-4,84	-15,9	22,82	29,6	0
Aéroport	42	31/07/94	-4,39	-14,1	21,02	27,6	235
c.é.Sonfonia	144	31/07/92	-6,37	-45,6	5,36	27,9	342
c.é.Sonfonia	144	31/08/92	-6,28	-39,9	10,34	27,3	539
c.é.Sonfonia	144	30/09/92	-1,4	0,8	12	29	11
c.é.Sonfonia	144	31/10/92	-0,24	10,4	12,32	29,9	0
c.é.Sonfonia	144	30/06/93	-6,63	-41,6	11,44	29,4	0
c.é.Sonfonia	144	31/07/93	-12,32	-85,5	13,06	28,3	11
c.é.Sonfonia	144	31/10/93	-2,83	-4,7	17,94	29,8	51
c.é.Sonfonia	144	30/06/94	-4,61	-15,1	21,78	29,6	0
c.é.Sonfonia	144	31/08/94	-5,01	-21	19,08	27,4	42

Tableau 4-1 Suite

CERESCOR	0	30/06/92	-2,86	-9,2	13,68	29,2	795
CERESCOR	0	31/07/92	-3,76	-19,2	10,88	27,9	342
CERESCOR	0	31/08/92	-2,77	-10,6	11,56	27,3	539
CERESCOR	0	30/09/92	-1,93	-8,3	7,14	29	11
CERESCOR	0	31/10/92	0,53	13,6	9,36	29,9	0
CERESCOR	0	15/05/93	-3,18	-17,5	7,94	31,6	42
CERESCOR	0	31/07/93	-5,8	-33,9	12,5	28,3	11
CERESCOR	0	31/10/93	-1,74	-7	6,92	29,8	51
CERESCOR	0	15/07/94	-2,78	-6,8	15,44	27,6	447
CERESCOR	0	31/08/94	-5,33	-32,3	10,34	27,4	42
Port	10	30/07/92	-3,83	-23,3	7,34	27,9	36
Port	10	31/08/92	-2,34	-8,1	10,62	27,3	539
Port	10	30/09/92	-1,36	3,6	14,48	29,9	11
Port	10	31/10/92	0,55	21,1	16,7	29,9	0
Port	10	30/06/93	-7,52	-51,4	8,76	29,4	0
Port	10	30/07/93	-3,4	-12,6	14,6	28,3	125
Port	10	29/08/93	-9,8	-73,2	5,2	28,2	113
Port	10	30/06/94	-7,68	-50,7	10,74	29,6	0
Port	10	31/07/94	-4,18	-19,5	13,94	27,6	235

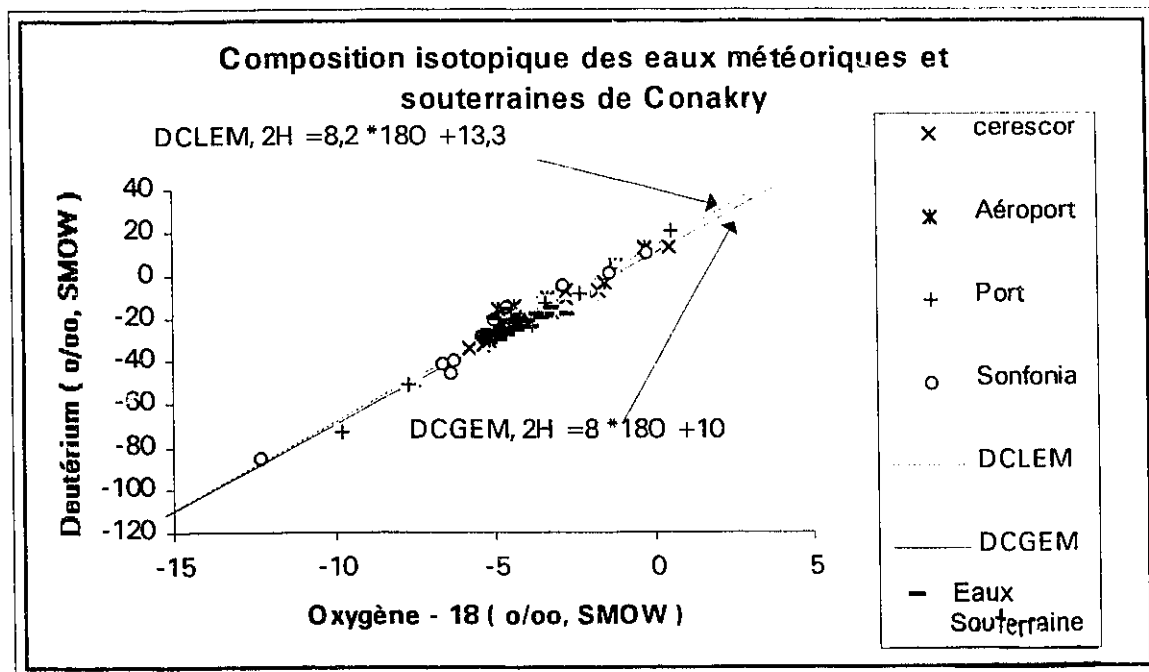


Fig. 4-15 Compositions isotopiques des eaux meteoriques et eaux souterraines

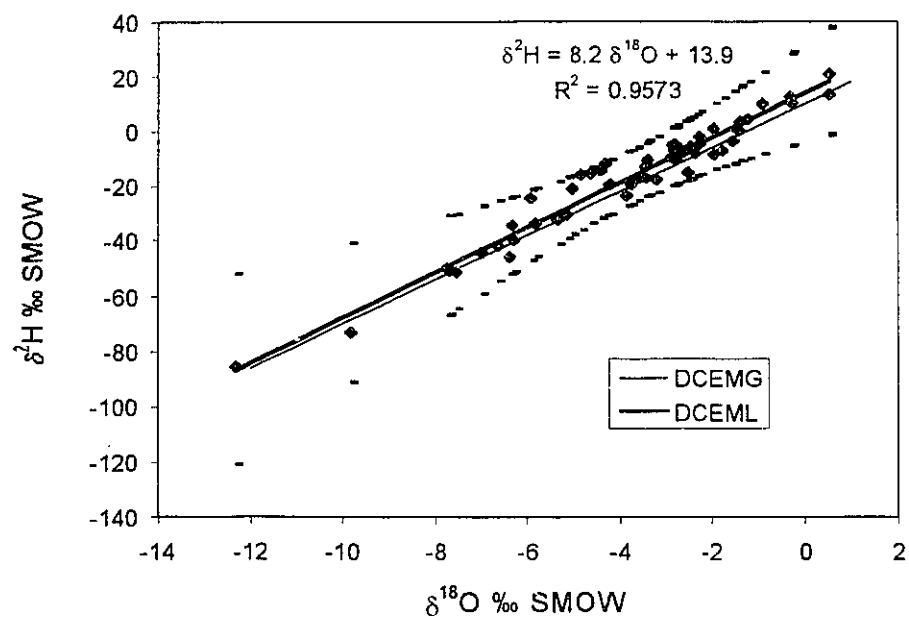


Fig. 4-16 Courbe des predictions de la droite de correlation des eaux meteoriques locales

Tableau 4-2 Statistiques de la régression - eaux météoriques locales

<i>Regression Statistics</i>		<i>Analysis of Variance</i>						
		<i>df</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>		
Multiple R	0,9822	1	18275	18275	956	5,3E-27		
R Square	0,965	35	668	19				
Adjusted R Square	0,9637	36	18944					
Standard Error	4,3714							
Observations	37							
		<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Statistic</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	
Intercept		13,3	1,249	10,7	9,6E-13	10,85	15,92	
x1		8,209	0,265	30,93	1,6E-27	7,67	8,75	

Il est à noter que la pente et l'ordonnée à l'origine de la droite de corrélation des eaux météorologiques locales reflètent des conditions influencées par le climat tropical. La position des eaux de pluie sur la ligne météorique est contrôlée par une série d'effets discutés ci-après, et dont la température reste l'élément commun.

Effet de température

Par rapport aux relevés de températures moyennes mensuelles issus des mesures faites à l'Aéroport de Conakry, l'influence de la température sur la composition isotopique des eaux météoriques de la presqu'île de Kaloum est faible (Fig. 4-17). Cependant, les eaux semblent montrer une tendance à l'enrichissement isotopique pendant les mois pluvieux les plus chauds (septembre, octobre) et réduites pendant les mois les moins chauds (juillet, août).

Les effets de température sont plus perceptibles au niveau des eaux de la station du centre émetteur de Sonfonia, qui est la plus continentale des quatre stations. En effet les masses d'air se réchauffent au fur et à mesure qu'elles avancent à l'intérieur du continent. Par contre, la station de CERESCOR est la moins affectée par les effets de température. Cette station située au bord du littoral sur l'axe des vents dominants qui sont des vents d'ouest (d'après la Météorologie Nationale), reçoit ainsi les masses d'air frais venant directement de l'Océan.

Relation 18O - température pour la station du Port de Ck

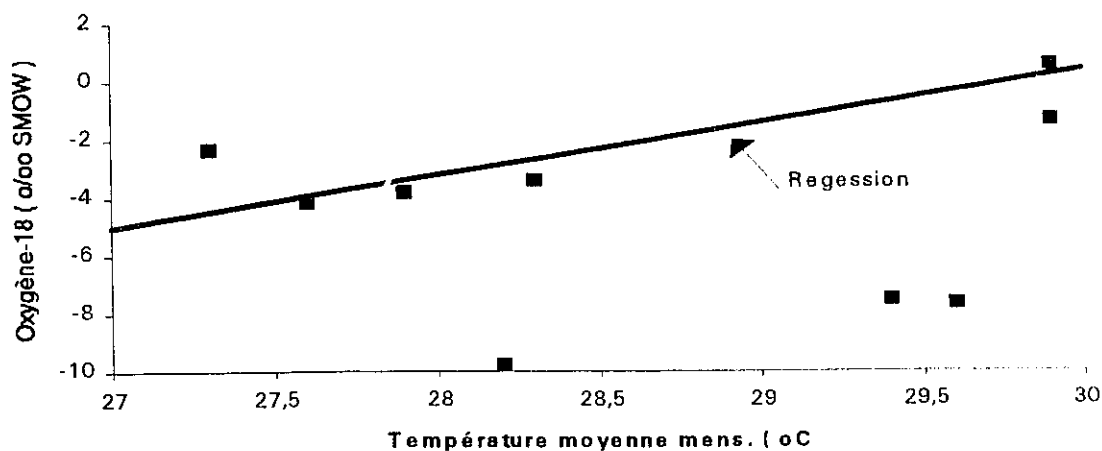


Fig. 4-17 Relation ^{18}O -temperature pour la station du Port de Conakry

Tableau 4-3 Statistiques de la régression - ^{18}O - température - Port de Conakry

Regression Statistics	
Multiple R	0,1160
R Square	0,0134
Adjusted R Square	-0,1275
Standard Error	3,5419
Observations	9

Analysis of Variance						
	df	Sum of Squares	Mean Square	F	Significance F	
Regression	1	1,1976	1,1976	0,095	0,7663	
Residual	7	87,8	12,545			
Total	8	89,014				
	Coefficients	Standard Error	t Statistic	P-value	Lower 95%	Upper 95%
Intercept	-15,227	35,0756	-0,4341	0,6757	-98,167	67,713
x1	0,3777	1,222	0,3097	0,7652	-2,5128	3,268

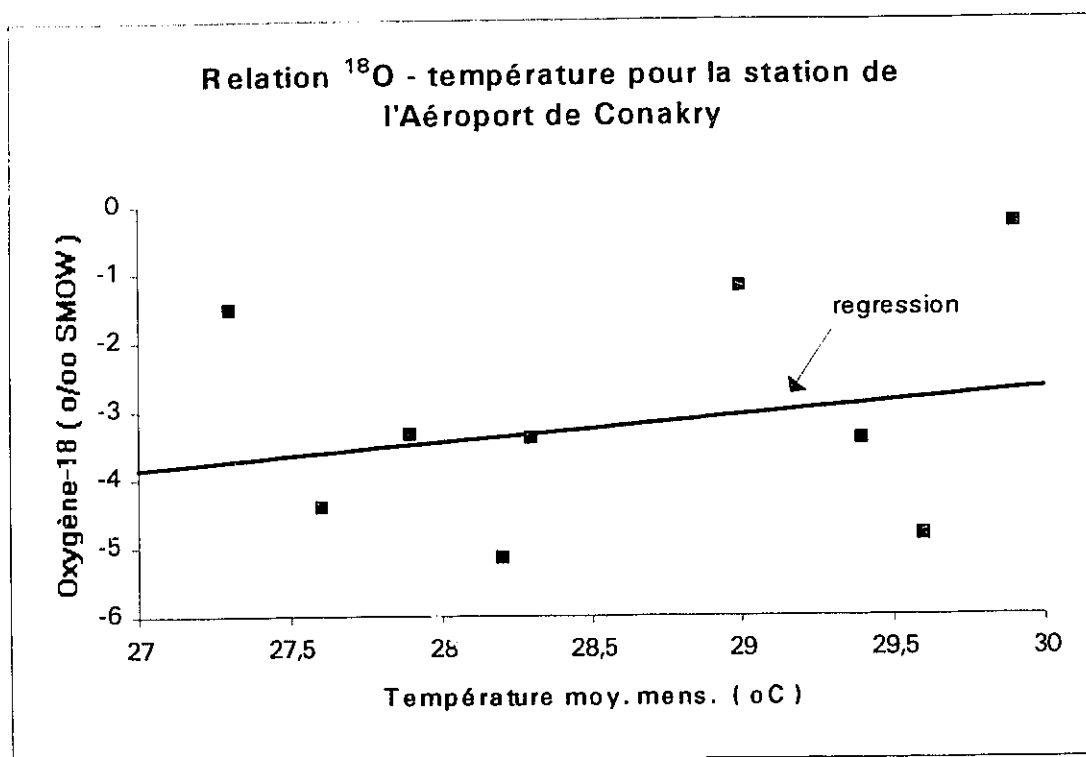


Fig. 4-18 Relations ^{18}O et température pour la station de l'aéroport de Conakry

Tableau 4-4 Statistiques de la régression - ^{18}O - température - Aéroport de Conakry

<i>Regression Statistics</i>		<i>Analysis of Variance</i>					
		<i>df</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>	
Multiple R	0,216	1	1,085	1,085	0,3443	0,575	
R Square	0,046	7	22,06	3,152			
Adjusted R Square	-0,089	8	23,15				
Standard Error	1,775						
Observ	9						
		<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Statistic</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>
Intercept		-14,38	19,30	-0,745	0,477	-60,03	31,258
x1		0,396	0,675	0,586	0,573	-1,200	1,99

Relation Oxygène-18 et Température au Ceresc

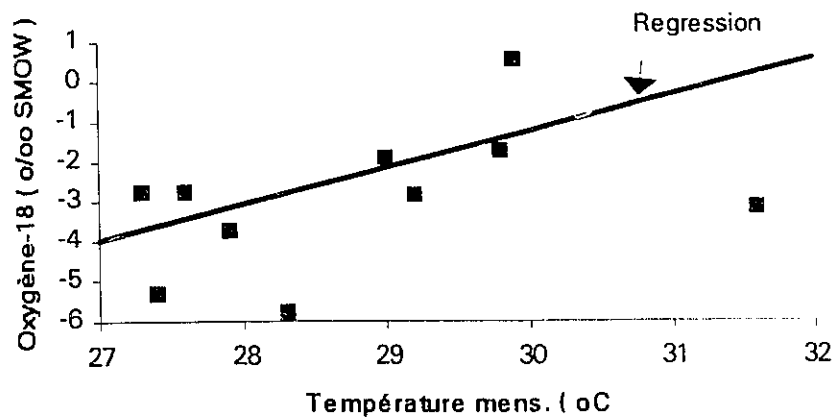


Fig. 4-19 Relation ^{18}O et température pour les eaux de la station de CERESCOR

Tableau 4-5 Statistiques de la régression - ^{18}O - température - station de CEERESCOR

Regression Statistics		Analysis of Variance					
			df	Sum of Squares	Mean Square	F	Significance F
Multiple R	0,433	Regression	1	5,486	5,486	1,85	0,210
R Square	0,188	Residual	8	23,69	2,961		
Adjusted R Square	0,086	Total	9	29,1			
Standard Error	1,720						
Error							
Observ	10						
		Coefficients	Standard Error	t Statistic	P-value	Lower 95%	Upper 95%
Intercept		-19,34	12,047	-1,605	0,142	-47,12	8,438
x1		0,56	0,4178	1,3610	0,2066	-0,3948	1,532

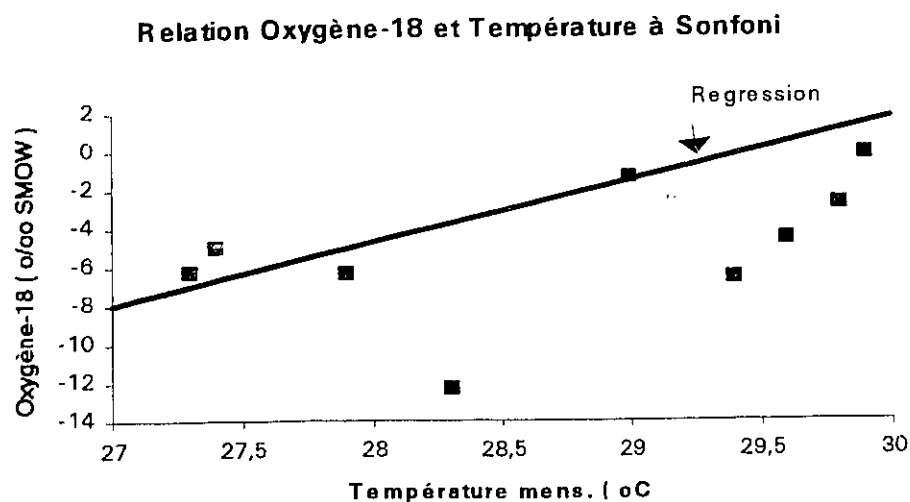


Fig. 4-20 Relation ^{18}O et température pour les eaux de la station de Sofonia

Tableau 4-6 Statistiques de la régression - ^{18}O - température - station de Sofonia

<i>Regression Statistics</i>		<i>Analysis of Variance</i>					
		<i>df</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>	
Multiple R	0,48	Regression	1	23,915	23,91	2,1951	0,182
R Square	0,238	Residual	7	76,26	10,89		
Adjusted R Square	0,129	Total	8	100,			
Standard Error	3,30074859						
Observ	9						
		<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Statistic</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>
Intercept		-53,330	32,5872	-1,636	0,140	-130,38	23,72
x1		1,6793	1,1334	1,481	0,176	-1,000	4,359

Effet de quantité

Les eaux météoriques sont enrichies en oxygène - 18 durant les mois avec peu de pluie à cause de l'évaporation des gouttelettes d'eau pendant la précipitation (Rozanski et al., 1993). Les données de pluviométrie utilisées sont des valeurs journalières issues d'observations faites à l'Aéroport de Conakry. Les effets de quantité y sont peu marqués, avec des tendances observés dans les eaux du centre émetteur de Sonfonia. Les périodes moins pluvieuses de septembre à novembre se caractérisent par un enrichissement isotopique. Pendant les mois de juillet et août, les hauteurs d'eau devenant plus importantes, nous avons des eaux isotopiquement appauvries. Signalons que la pluviométrie varie sensiblement d'une année à l'autre. Cependant, même pour l'année la moins pluvieuse de la durée de nos observations (1993), la tendance est à l'appauvrissement pour les eaux tombées en juillet-août (cas des eaux du port, Fig. 4-22).

Relation Oxygène-18 et pluviométrie au Ceresc

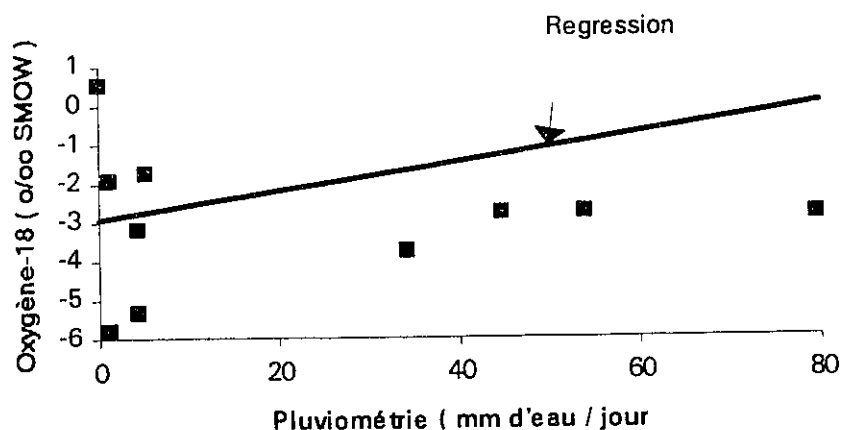


Fig. 4-21 Relation ^{18}O et pluviometrie pour les eaux de la station de CERESCOR

Tableau 4-7 Statistiques de la régression - ^{18}O - pluviométrie - station de CERESCOR

Regression Statistics	
Multiple R	0,015
R Square	0,0002
Adjusted R Square	-0,124
Standard Error	1,909
Observ	10

Analysis of Variance						
	df	Sum of Squares	Mean Square	F	Significance F	
Regression	1	0,0073	0,0073	0,002	0,965	
Residual	8	29,17	3,646			
Total	9	29,17				
	Coefficients	Standard Error	t Statistic	P-value	Lower 95%	Upper 95%
Intercept	-2,9390	0,79	-3,715	0,004	-4,763	-1,114
x1	-0,0010	0,0224	-0,044	0,965	-0,052	0,050

Relation Oxygène-18 et Pluviométrie au Por

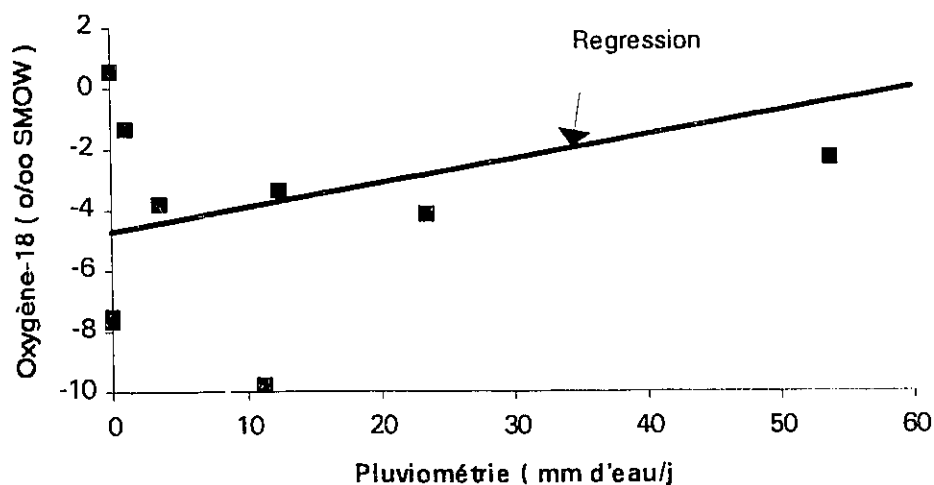


Fig. 4-22 Relation ^{18}O et pluviométrie pour les eaux de la station du port

Tableau 4-8 Statistiques de la régression - ^{18}O - pluviométrie - station du port

Regression Statistics		Analysis of Variance					
			df	Sum of Squares	Mean Square	F	Significance F
Multiple R	0,153	Regression	1	2,1008	2,1008	0,1692	0,693
R Square	0,023	Residual	7	86,91	12,4		
Adjusted R Square	-0,115	Total	8	89,01			
Standard Error	3,5236						
Observ	9						
		Coefficients	Standard Error	t Statistic	P-value	Lower 95%	Upper 95%
Intercept		-4,7360	1,436	-3,296	0,0109	-8,1336	-1,338
x1		0,0289	0,0703	0,4113	0,691	-0,1373	0,1952

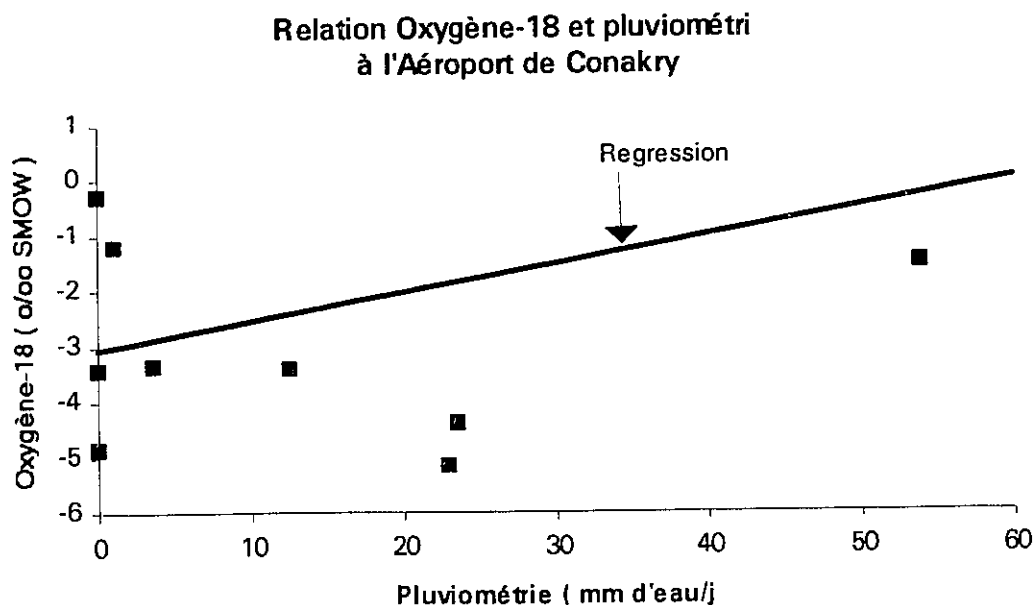


Fig. 4-23 Relation ^{18}O et pluviometrie pour les eaux de la station de l'aeroport

Tableau 4-9 Statistiques de la régression - ^{18}O - pluviométrie - station de l'aeroport

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,0042
R Square	1,7E-05
Adjusted R Square	-0,142
Standard Error	1,818
Observ	9

<i>Analysis of Variance</i>						
	<i>df</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>	
Regression	1	0,0004	0,00041	0,0001	0,9914	
Residual	7	23,152	3,307			
Total	8	23,15				
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Statistic</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>
Intercept	-3,0696	0,7634	-4,02087	0,0038	-4,874	-1,264
x1	0,00039	0,0355	0,0111	0,9913	-0,083	0,084

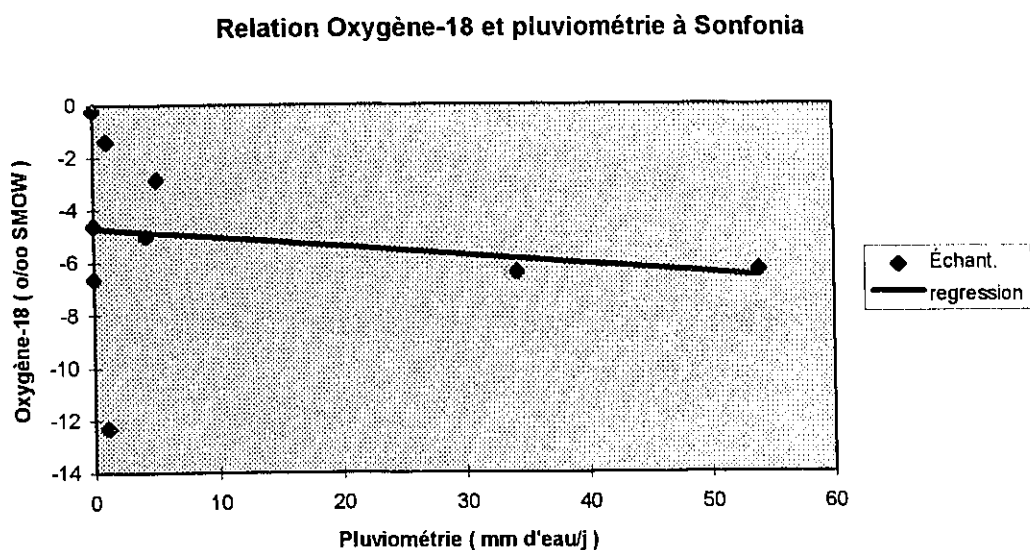


Fig. 4-24 Relation ^{18}O et pluviométrie pour les eaux de Sonfonia

Tableau 4-10 Statistiques de la régression - ^{18}O - pluviométrie - station de Sonfonia

<i>Regression Statistics</i>		<i>Analysis of Variance</i>						
			<i>df</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>	
Multiple R	0,1841	Regression	1	3,3978	3,3978	0,2457	0,6352	
R Square	0,033	Residual	7	96,7825	13,826			
Adjusted R Square	-0,1040	Total	8	100,1				
Standard Error	3,7183							
Observ	9							
		<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Statistic</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	
Intercept		-4,705	1,44816	-3,2492	0,011	-8,1297	-1,281	
x1		-0,0335	0,0676	-0,495	0,633	-0,193	0,126	

Effet d'altitude (effet alpin)

Sur les élévations où les températures sont plus basses, les précipitations devraient être isotopiquement réduits. Gat (1980) a montré que cet effet variait entre 0,15 et -0,5 ‰ environ par 100 m d'élévation pour l'oxygène-18, avec une décroissance correspondante pour le deutérium. Les altitudes des stations météorologiques varient selon qu'elles sont situées près du littoral ou sur la dorsale comme le montre Fig. 4-25. D'un point de vue général, comme on le voit sur Fig. 4-26, les eaux météoriques de Conakry sont isotopiquement réduites au fur et mesure que les masses d'air gravissent les altitudes. La station du centre émetteur de Sonfonia située à 144 mètres au dessus de la mer, est probablement influencé par l'effet alpin.

Valeurs de la statistique sur les teneurs en oxygene-18 des stations de Conakry

Station météo.	Altitude (m)	Nbre échant.	Teneur moy. ^{18}O	Écart type
Aéroport	42	9	-3,06	2,09
C.E.K.E.S.C.O.R	0	10	-2,96	2,13
Port	10	9	-4,39	3,84
Sonfonia	144	9	-5,07	4,13

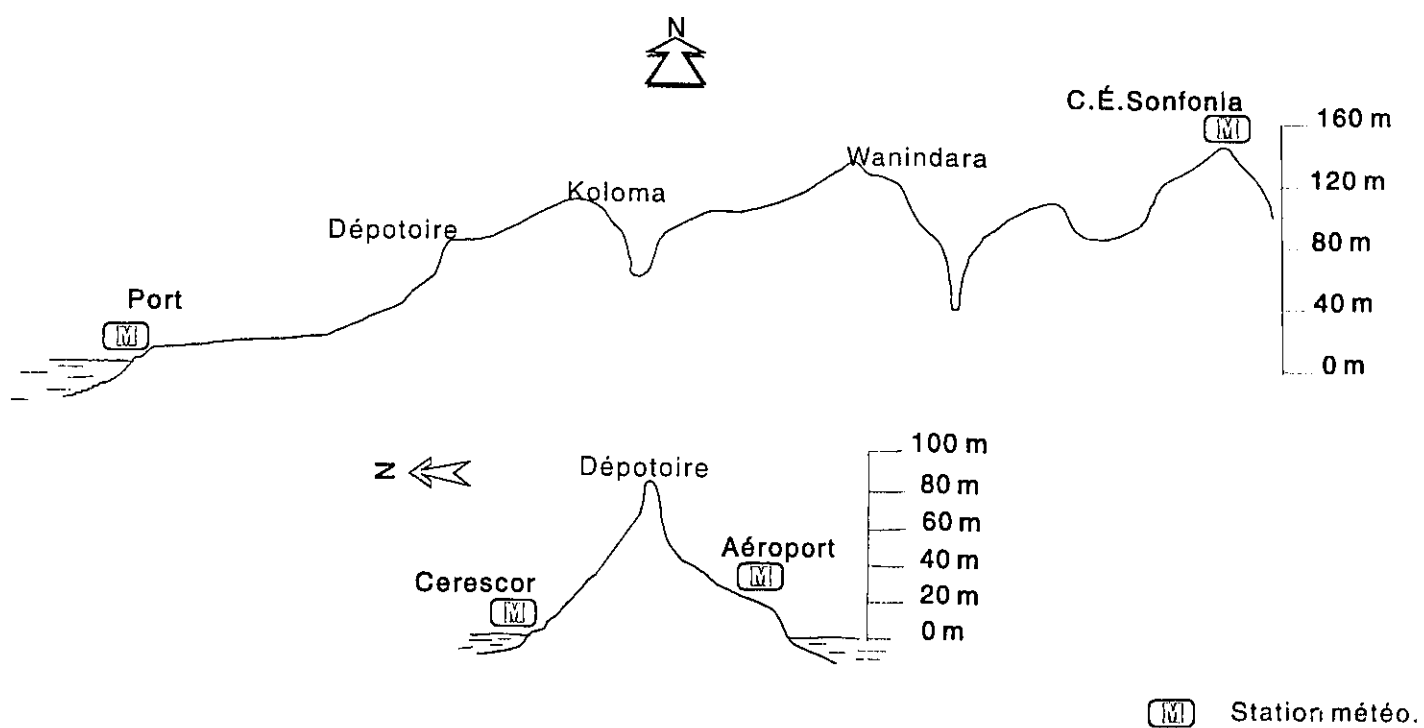


Fig. 4-25 Elevation des stations meteorologiques a Conakry

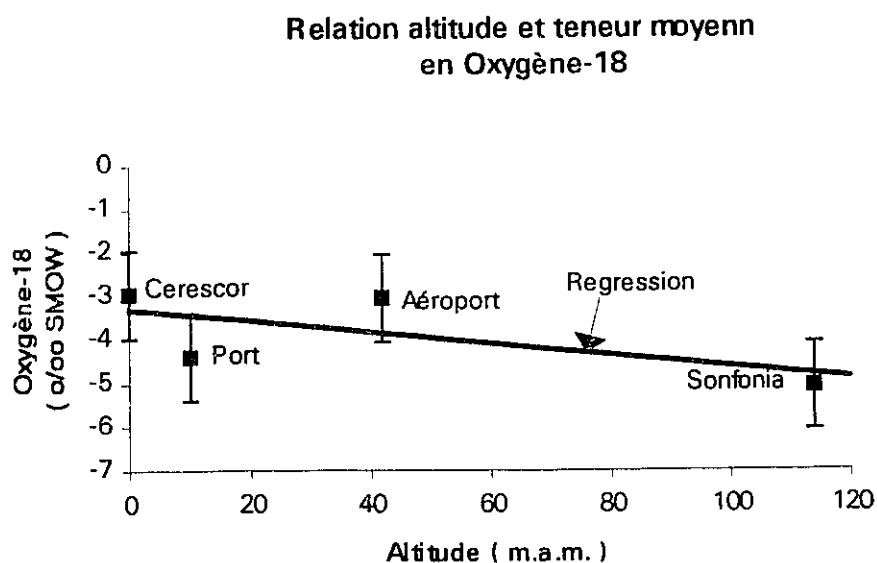


Fig. 4-26 Relation altitude/teneur moyenne en oxygene-18 des eaux meteoriques

Tableau 4-11 Statistiques de la régression - altitude/teneur moyenne en ^{18}O

<i>Regression Statistics</i>		<i>Analysis of Variance</i>						
			<i>df</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>	
Multiple R	0,6766	Regression	1	1,4627	1,462	1,689	0,3233	
R Square	0,4578	Residual	2	1,73183	0,865			
Adjusted R Square	0,1868	Total	3	3,19				
Standard Error	0,930							
Error								
Observ	4							
		<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Statistic</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	
Intercept		-3,307	0,635	-5,206	0,0137	-6,041	-0,574	
x1		-0,0135	0,010	-1,297	0,2845	-0,05	0,0312	

En résumé nous pouvons dire que les eaux météoriques de la région de Conakry se caractérisent par des teneurs en ^{18}O allant de -12,35 ‰ à 0,55 ‰. Le deutérium varie entre -85,5 ‰ et -21,10 ‰. Ces gammes de teneurs isotopiques semblent être influencées par une évolution de la masse de vapeur d'eau avant d'arriver sur la presqu'île. Signalons toutefois, que l'altitude semble être un élément ayant un effet secondaire sur la composition isotopique des eaux météoriques étudiées (Fig. 4-26). Les eaux météoriques recueillies sur les sommets (altitude 40 à 146 mètres) sont isotopiquement appauvries, avec une teneur moyenne en ^{18}O de -4,07 ‰. Dans les zones de basse altitude (0 à 10 mètres), la tendance est plutôt à l'enrichissement isotopique, avec une teneur moyenne en oxygène-18 de -3,64.

Excès de deutérium

L'excès de deutérium est un paramètre qui permet de définir certaines conditions caractérisant les précipitations, notamment l'évaporation primaire et l'humidité. Dansgaard, 1964 a déterminé l'excès de deutérium à l'aide de l'équation ci-dessous et obtenu pour les précipitations de corrélation générale sous une humidité voisine de 85%, la valeur de 10 ‰ .

$$d = \delta \text{ } ^2\text{H} - 8 \times \delta \text{ } ^{18}\text{O} \quad \text{Éq. 4.4}$$

Les eaux de pluie de Conakry donnent des valeurs d'excès de deutérium allant de 5,2 ‰ à 17,1 ‰ (Tableau 4-1). Ces valeurs supportent l'observation que les masses d'air dont proviennent les pluies échantillonnées ont pris naissance dans une zone humide; Ce qui corrobore avec les données climatiques de Conakry qui font état de taux d'humidité allant de 60% à 90%.

b) Relation oxygène - 18 (^{18}O) deutérium (^2H) dans les eaux souterraines

Les résultats d'analyses isotopiques des eaux souterraines de la zone d'étude exposés dans le Tableau 4-12 sont illustrés par Fig. 4-27. Les eaux souterraines de la presqu'île de Kaloum se positionnent globalement le long de la droite de corrélation des eaux météoriques locales définie par l'équation:

$$\delta D = 8,2 \times \delta ^{18}\text{O} + 13,3 \text{ ‰ SMOW} \quad \text{Éq. 4.5}$$

Tableau 4-12 Composition isotopique des eaux souterraines de Conakry

Code	Localité	Alt.(m)	^{18}O	^2H	$d=D-8 \times ^{18}\text{O}$
p62	Wanindara	125	-5,02	-27,7	12,46
p62	Wanindara	125	-4,83	-28,5	10,14
p62	Wanindara	125	-5,01	-20,1	19,98
p62	Wanindara	125	-4,96	-26,1	13,58
p62	Wanindara	125	-5,05	-26,1	14,3
p62	Wanindara	125	-5,03	-27,1	13,14
p62	Wanindara	125	-5,25	-28,3	13,7
p48	Dabompa	22	-5,37	-28,8	14,16
p48	Dabompa	22	-5,29	-26,45	15,87
p48	Dabompa	22	-5,36	-27,2	15,68
p48	Dabompa	22	-5,16	-28,32	12,96
p48	Dabompa	22	-5,27	-30,5	11,66
p48	Dabompa	22	-5,3	-27,7	14,7
p104	Matam	13	-4,25	-21,2	12,8
p104	Matam	13	-4,18	-22,27	11,17
p104	Matam	13	-4,66	-22,3	14,98
p104	Matam	13	-4,51	-21,01	15,07
p104	Matam	13	-4,28	-21,3	12,94
p104	Matam	13	-4,33	-23,2	11,44
p4	Dixinn port 2	10	-4,1	-22,2	10,6
p4	Dixinn port 2	10	-4,45	-23,4	12,2
p4	Dixinn port 2	10	-4,39	-22	13,12
p4	Dixinn port 2	10	-4,5	-22,3	13,7

p4	Dixinn port 2	10	-4,75	-24,2	13,8
p114	Cameroun	4	-4,3	-24,9	9,5
p114	Cameroun	4	-4,51	-24	12,08
p114	Cameroun	4	-4,6	-15,8	21
p114	Cameroun	4	-4,28	-21,8	12,44
p114	Cameroun	4	-4,52	-21,7	14,46
p28	Yataya	30	-3,26	-15,1	10,98
p28	Yataya	30	-3,38	-18,2	8,84
p 28	Yataya	30	-3,68	-17,9	11,54
p28	Yataya	30	-3,98	-20,6	11,24
p126	Simbaya gare	78	-2,75	-18,2	3,8
p126	Simbaya gare	78	-5,2	-25,85	15,75
p126	Simbaya gare	78	-5,15	-30,9	10,3
p126	Simbaya gare	78	-5,21	-25,91	15,77

Code	Localité	Alt.(m)	^{18}O	^2H	$\text{d}=\delta^2\text{H}-8\delta^{18}\text{O}$
FMT1	Matoto	10	-4,41	-23,11	12,17
FMT1	Matoto	10	-4,79	-25,6	12,72
FMT1	Matoto	10	-4,17	-22,5	10,86
p23	Lambanyi	15	-4,88	-27,5	11,54
p23	Lambanyi	15	-4,61	-25,2	11,68
FKI3	Kipé	60	-4,6	-27,4	9,4
FKI3	Kipé	60	-4,26	-18,9	15,18
FTA1	Ratoma	12	-4,66	-26	11,28
FKA1	Kaporo	30	-4,46	-23,9	11,78
FN1	Nongo	10	-4,96	-29,6	10,08
S26	Yataya	22	-4,35	-25,6	9,2
S37	Lansanaya	20	-3,54	-19,7	8,62
p46	Dabompa	6	-4,87	-29,9	9,06
p68	Sangoya	40	-4,83	-28,7	9,94
p97	Gbessia port	15	-4,02	-21,9	10,26
p97	Gbessia p.	15	-4,87	-29,2	9,76
p102B	Hermakonon	35	-4,34	-25,2	9,52
p113	C. domino	8	-3,88	-23,6	7,44
p113	C. domino	8	-4,06	-23,6	8,88
p124	Koloma	97	-4,84	-27,8	10,92
p124	Koloma	97	-5	-28,6	11,4
p127	Simbaya Gare	127	-4,98	-29,3	10,54

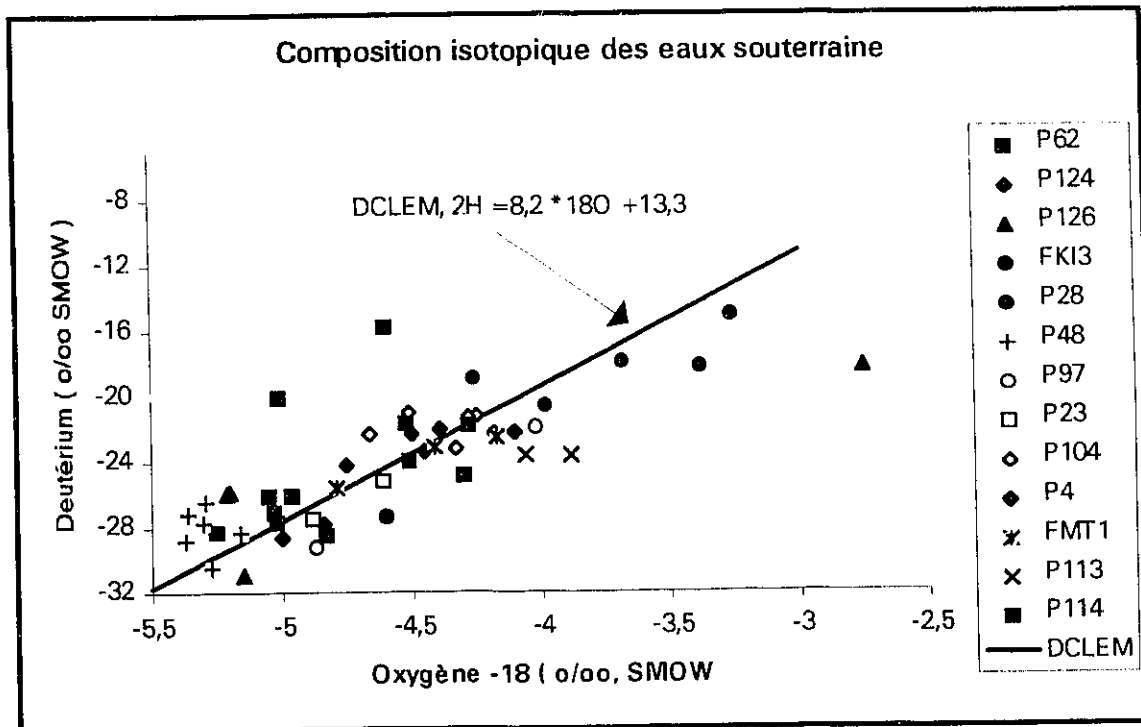


Fig. 4-27 Composition isotopique des eaux souterraines

Tableau 4-13 Statistiques de la régression - $^{18}\text{O}/^2\text{H}$ des eaux souterraines

Regression Statistics	
Multiple R	0,7815
R Square	0,6108
Adjusted R Square	0,6027
Standard Error	2,370
Observ	50

Analysis of Variance						
	df	Sum of Squares	Mean Square	F	Significance F	
Regression	1	423,4	423,4	75,355	2,10E-11	
Residual	48	269,70	5,6187			
Total	49	693,1				
	Coefficients	Standard Error	t Statistic	P-value	Lower 95%	Upper 95%
Intercept	-0,6387	2,721	-0,234	0,8153	-6,1099	4,83248
x1	5,129	0,5908	8,680	1,7E-11	3,941	6,31727

La position des échantillons par rapport aux eaux météoriques argumente en faveur de l'origine météorique des eaux souterraines étudiées. L'analyse du diagramme de la composition isotopique des eaux souterraines (Fig. 4-28) et de la relation ^{18}O / altitude (Fig. 4-26) appelle ces remarques supplémentaires:

1) La gamme des valeurs de la composition isotopique des eaux souterraines est plus étroite que celle des eaux de pluie. L'oxygène-18 varie de -5,37 ‰ à -2,75 ‰, et de -12,32 ‰ à 0,55 ‰ dans les eaux météoriques. Selon le test de variance effectué ($F_{50,36} = 22,9$; $P = 1,6 \cdot 10^{-20}$), les eaux de pluie montrent plus de variabilité que les eaux souterraines. Ce résultat indiquerait un mélange dans la zone non saturée de la nappe d'une part, et une dilution due à l'écoulement souterrain d'autre part (Fig. 4-27).

2) Les valeurs moyennes des teneurs isotopiques de ces puits suggèrent une corrélation avec leurs altitudes d'alimentation (Fig. 4-29). En effet ce diagramme altitude/teneurs isotopiques des eaux souterraines permet de voir que les eaux isotopiquement réduites proviennent soit de puits localisés en altitude (notamment P62 et P124), ou de puits recevant une recharge à partir des altitudes (P48 de Dabompa).

3) Le puits P28 de Yataya donne des eaux relativement enrichies du fait de sa basse altitude (30 m.a.n.m., Fig. 4-29). Aussi, ces eaux seraient possiblement influencées par l'évaporation. Cette situation peut s'expliquer par le fait que ce point d'eau se trouve dans une zone d'affleurement de la cuirasse ferrugineuse en relief sub-horizontal ("Fili" de Yataya). Pendant l'hivernage, ces facteurs permettent l'apparition de flaques d'eau qui subissent une intense évaporation avant l'infiltration (Photo 4-2). En plus, le puits P28 étant à cheval entre les

marigots Yataya et Botaméla (Fig. 3-1), la nappe phréatique pourrait être en relation hydraulique avec ces plans d'eau exposés à l'évaporation.

4) Les eaux du puits P48 de Dabompa en basse altitude (22 m.a.n.m., Fig 4-29) ont une composition isotopique appauvrie. La zone de recharge de ces eaux semble être le massif de Sonfonia au nord avec 146 m d'altitude, point culminant de la zone d'étude, dont il est assez rapproché (Fig. 3-1). En effet la station de Sonfonia offre les eaux les plus réduites à cause de l'effet alpin.

5) L'appauvrissement isotopique des eaux des puits P62 et P124 (Fig. 4-28) est lié à l'effet d'altitude ($\sim >100$ m.a.n.m.). À ce niveau, la nappe est alimentée par l'infiltration d'eau provenant de pluies issues de masses d'air isotopiquement réduites. Aussi, les eaux du puits P126 et du forage FKI3 montrent un effet d'altitude. Les eaux des puits figurant sur le Tableau 4-12 indiquent un rapport oxygène-18 / altitude égal à -1 ‰ par 8 mètres.

6) Fig. 4-28 permet de voir deux populations de teneur isotopique. La première population (P62, P124, P126 et FKI3) se correlant bien avec l'altitude, se compose d'eau provenant de nappes dont la recharge semble se faire en altitude par infiltration directe. La deuxième population (P28, P48, P97, P23, P104, P4, P113, P114 et FMT1) suggère les relations suivantes:

a- Réalimentation par écoulement souterrain du P48 à partir du massif de Sonfonia, avec une possible alimentation directe par de l'eau isotopiquement appauvrie par l'effet de trajet, le P48 étant localisé à Dabompa dans l'arrière pays à environ 28 km du Port de Conakry.

b- Le puits P23, en plus de la possibilité d'une alimentation secondaire à partir de plans d'eau ayant été enrichis par l'évaporation, signalerait une recharge par des eaux provenant du massif de Soumabossia représenté par le P62.

c- Le puits P97 de Gbessia port et le forage FMT1 de Matoto bénéficieraient en plus de l'alimentation par infiltration directe, d'une recharge en provenance des sommets. Les zones de recharge sont le massif de Kaloum (représenté par le P124) pour le premier, et le massif de Soumabossia pour le second.

d- Les puits P4, P104, P113 et P114 dont les compositions isotopiques sont influencées par la basse altitude (^{18}O variant entre -3,97 ‰ et -4,44 ‰, Tableau 4-12) et alimentés par l'infiltration directe des eaux de pluie (la teneur moyenne en ^{18}O au Port de Conakry est -4,4 ‰).

Tableau 4-14 Valeurs statistiques liées aux variations de ^{18}O des eaux souterraines

Point d'eau	Altitude (m)	Nbre Échant.	Teneur moy. ^{18}O	Écart type
P62 (Wanindara)	125	7	-502	0,12
P124 (Koloma)	97	2	-492	0,11
P126 (Démoudoula)	78	4	-458	1,21
FKI3 (Kipé)	60	2	-443	0,24
P28 (Yataya)	30	4	-358	0,32
P48 (Dabompa)	22	6	-529	0,07
P23 (Lambanyi)	15	2	-475	0,19

P97 (Gbessia port)	15	2	-444	0,60
P104 (Matam)	13	6	-437	0,18
P4 (Dixinn port)	10	5	-444	0,23
FMT1 (Matoto)	10	3	-446	0,31
P113 (C. domino)	8	2	-397	0,13
P114 (Cameroun)	4	5	-4,44	0,14

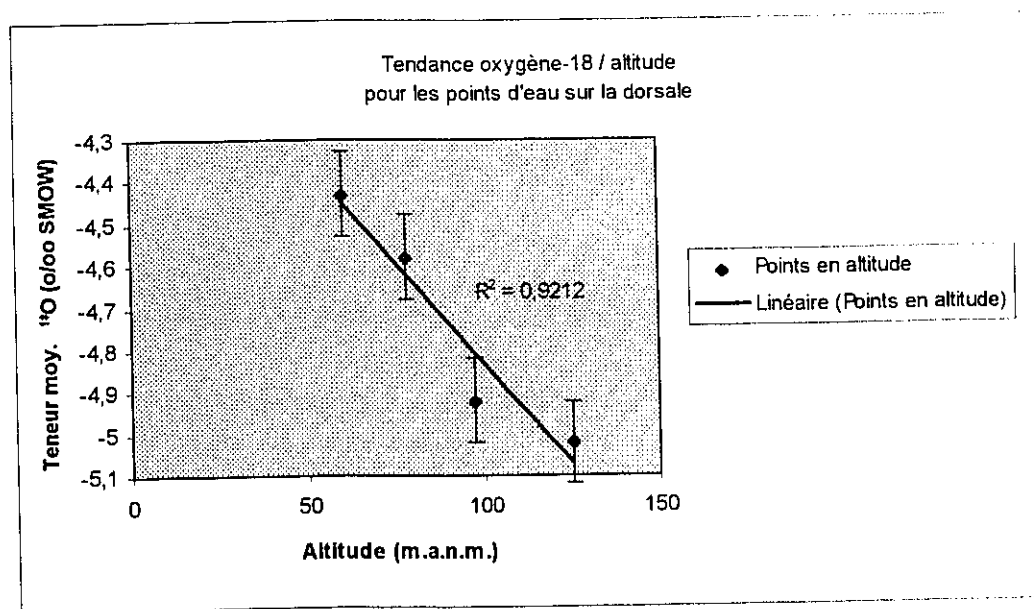


Fig. 4-28 Relation ^{18}O et altitude pour les eaux souterraines de la dorsale (haute altitude)

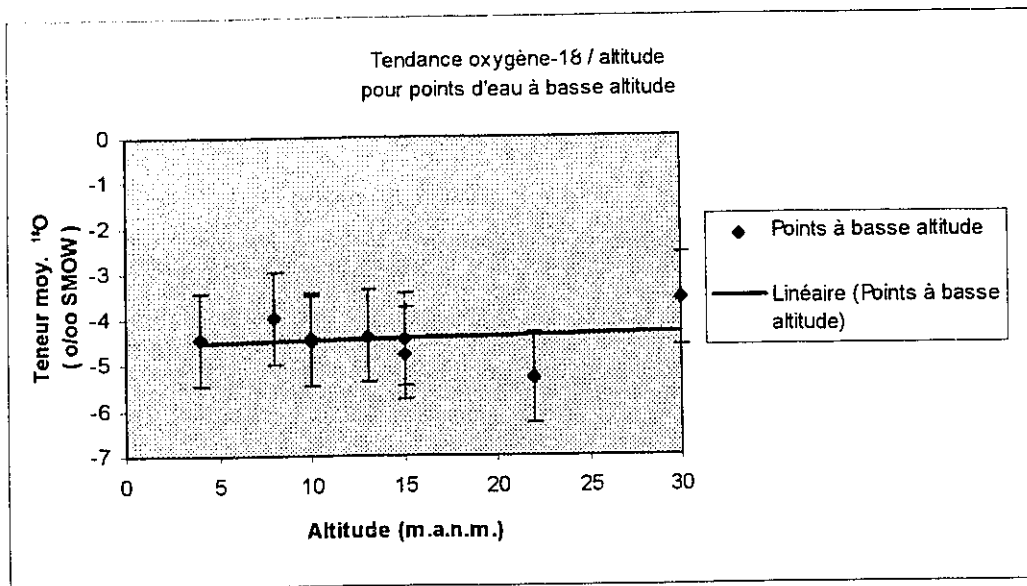


Fig. 4-29 Relation ^{18}O et altitude pour les eaux souterraines du littoral (basse altitude)

Le traçage des eaux souterraines de Conakry par les isotopes stables permet de caractériser les conditions générales de l'alimentation des aquifères de la manière suivante:

1- L'extrémité occidentale de la presqu'île serait caractérisée par une alimentation locale directe par infiltration d'eau météorique. Cette zone pourrait être limitée par une ligne imaginaire passant par Taouya et Matam, et englobant les puits P104 de Matam et P113 et P114 de Cameroun ainsi que le puits P4 de Dixinn port (Fig. 4-11).

2- Les zones se trouvant en altitude (> 50 m, Fig. 4-11) comprenant les puits P62, P126, P124 et le forage FKI3 sont alimentées localement par infiltration directe. Elles correspondent bien aux aires de recharge identifiées par la piézométrie.

3- Par contre, les zones de basse altitude se trouvant au pieds des versants nord et sud (niveau piézométrique <50 m environ, Fig. 4-11) reçoivent une double alimentation. La recharge locale de ces aquifères provient de l'infiltration directe des eaux météoriques tombant à la verticale sur les lieux. L'alimentation secondaire quant à elle provient des aires de recharge situées en altitude par le biais de l'écoulement souterrain. Le même mécanisme achemine les eaux souterraines vers la mer en passant par les marigots (Photo 4-3), et les sources (Photo 4-4).

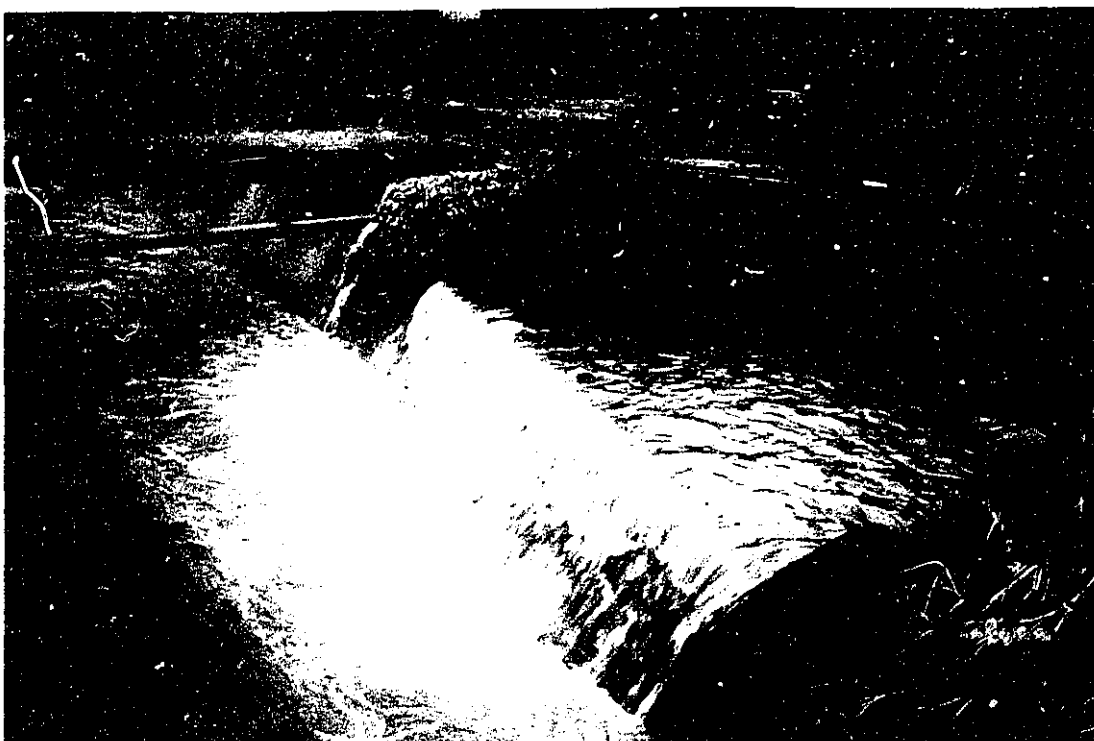


Photo 4-1 Eau de ruissellement apres une tornade a Conakry



Photo 4-2 Flaques d'eau sur sol gorge d'eau en saison des pluies



Photo 4-3 Embouchure du marigot Kakimbon



Photo 4-4 Eau des exhutoires s'acheminant vers la mer

4.1.3 Temps de résidence des eaux souterraines

L'une des techniques utilisées pour la détermination de l'âge des eaux souterraines modernes est la méthode de tritium (^3H). Le tritium est un isotope d'hydrogène à la fois naturel et artificiel (tritium généré par les essais thermonucléaires dans l'atmosphère de 1952 à 1963). Le tritium s'incorpore directement à la molécule de l'eau et suit alors toutes les péripéties de l'histoire de l'évolution des eaux souterraines.

D'après Fontes, 1980, toute concentration détectable de tritium dans un échantillon implique que l'eau contient des composantes plus récentes que 1952. Cependant, en région côtière où la pluviométrie est affectée par la mousson, la teneur en tritium peut être très basse. C'est le cas de la mousson en Oman avec des teneurs en ^3H qui varient entre 2 et 6 UT (Clark et al, 1987). Le tableau 4.1.i présente la composition en tritium des eaux souterraines de Conakry.

Tableau 4-15 Tritium dans les eaux souterraines de Conakry

Point d'eau	Date	^3H	Point d'eau	Date	^3H
P42	Mars 93	7 ± 8	P97	Juin 93	8 ± 8
P97	Mars 93	7 ± 8	P102f	Juin 93	$<6 \pm 8$
P102f	Mars 93	$<6 \pm 8$	P126	Juin 93	$<6 \pm 8$
P126	Mars 93	$<6 \pm 8$	P48	Juin 93	$<6 \pm 8$
P48	Mars 93	$<6 \pm 8$	P62	Juin 93	$<6 \pm 8$
P62	Mars 93	$<6 \pm 8$	P32	Juin 93	$<6 \pm 8$
P32	Mars 93	$<6 \pm 8$	P8	Juin 93	$<6 \pm 8$
P8	Mars 93	$<6 \pm 8$	P114	Juin 93	$<6 \pm 8$
P114	Mars 93	$<6 \pm 8$			

La classification ci-après est utilisée pour l'interprétation qualitative des concentrations de tritium en UT (unité de tritium):

- <0,8 Sub moderne (âge supérieur à 35-50 ans)
- 0,8 à 4 Mélange entre sub moderne et recharge récente
- 5 et 15 Moderne (<5 à 10 ans)
- 15 à 30 Présence de ^3H provenant de bombes
- >30 Quantité importante de composés issus de recharges des années 60 ou 70.

La détermination de la teneur en tritium des eaux souterraines de la presqu'île a porté sur 17 échantillons provenant de 9 puits (Tableau 4-15). Les quantités de tritium sont inférieures à 6 et 8 TU. Des mesures par la méthode d'enrichissement seraient nécessaires afin de confirmer la présence de ^3H dans ces eaux. Cependant, les données ci-dessus peuvent suggérer une alimentation récente. Cela supporterait d'ailleurs l'hypothèse de l'alimentation de la nappe par les eaux météoriques et le processus de drainage soutenus par la piézométrie.

4.2 Géochimie des eaux de pluie

La pluie est l'un des éléments déterminants de l'étape atmosphérique du cycle hydrologique en zone tropicale. A ce titre, sa composition influence la fonction de dissolvant, d'agent chimique ou de simple agent de transport. La composition chimique de l'eau de pluie est variable et dépend de la proximité de la mer, la position par rapport à une agglomération et des activités industrielles.

Des quantités notables de solides dissous s'élèvent de l'eau de mer dans l'air sous l'effet de l'écume et de la pulvérisation par l'air, introduisant ainsi les sels de l'eau de mer dans le cycle de l'eau (Kalervo et Th. G. Sahama). Durant la condensation de la vapeur d'eau, les sels présents dans l'atmosphère avec l'oxygène, le dioxyde de carbone et les composés azotés sont dissous dans la pluie. En zone tropicale, et surtout en bordure de mer, les grands vents soulèvent d'importantes quantités de poussière dans l'atmosphère, contribuant ainsi à l'avènement de l'urée ammoniacale et du nitrate dans les eaux météoriques (Miller, 1994).

4.2.1 Composition cationique des eaux météoriques

La Fig. 4-30 a permet de constater que le calcium est le cation dominant dans les eaux météoriques avec un maximum de 8,75 mg/l observés dans les échantillons du centre émetteur de Sonfonia. Les autres stations montrent des concentrations voisines et allant de <1 mg/l à 2,8 mg/l de calcium. Ce niveau de calcium est imputable aux émanations de poussière de ciment provenant de la cimenterie située à moins d'un kilomètre de la station. Les eaux de l'Aéroport de Conakry montrent les niveaux les plus élevés de sodium (3,38 mg/l). Les eaux

recueillies au port de Conakry et à CERESCOR (Rogbané) montrent les teneurs en aluminium les plus élevées allant de 0,18 à 0,20 mg/l. Les taux d'aluminium dans les autres stations se situent entre <0.02 à 0,17 mg/l. Cette teneur anormale d'aluminium est liée à la pollution due aux poussières d'alumine générées par les opérations de chargement de la bauxite et de l'alumine au port de Conakry.

4.2.2 Composition anionique des eaux météoriques

Les concentrations maximum de chlore (3,4 à 3,6 mg/l) sont observées dans les eaux collectées au Port et au CERESCOR., alors qu'on observe des teneurs de 0,7 à 2,7 mg/l dans les eaux des autres stations. Cela est attribuable au fait que ces stations sont situées sur la trajectoire des vents dominants (ouest) en provenance de la mer. Le sulfate dominant dans les eaux du port et du centre émetteur de Sonfonia (6,5 et 4,9 mg/l) serait imputable aux émanations de gaz de combustion des automobiles et des industries, avec transport par les masses d'air pour Sonfonia.

Les nitrates sont présents dans les eaux météoriques de Conakry dans des concentrations allant de $<0,1$ mg- NO_3/l à 1,6 mg- NO_3/l . Les niveaux les plus élevés sont observés au port (1,6 mg- NO_3/l) et au CERESCOR (1,2 mg- NO_3/l) dont l'origine est liée à des contaminants locaux. Ces deux stations étant situées dans la zone contaminée par les nitrates. Une part substantielle de ces nitrates pourrait également venir des automobiles et industries, suite à l'oxydation de l'azote atmosphérique par les gaz de combustion.

Fig. 4-30 Composition cationique des eaux météoriques

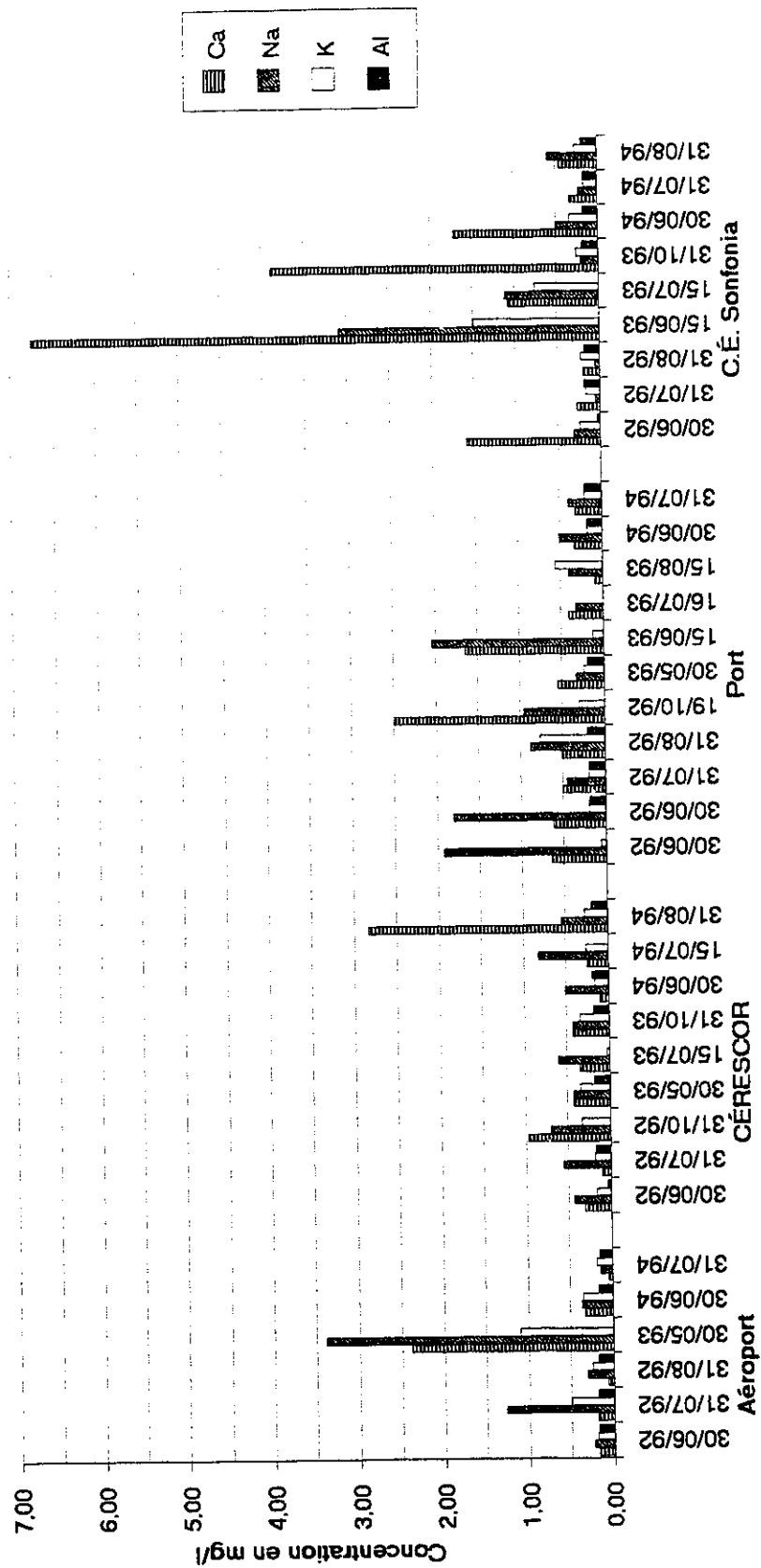
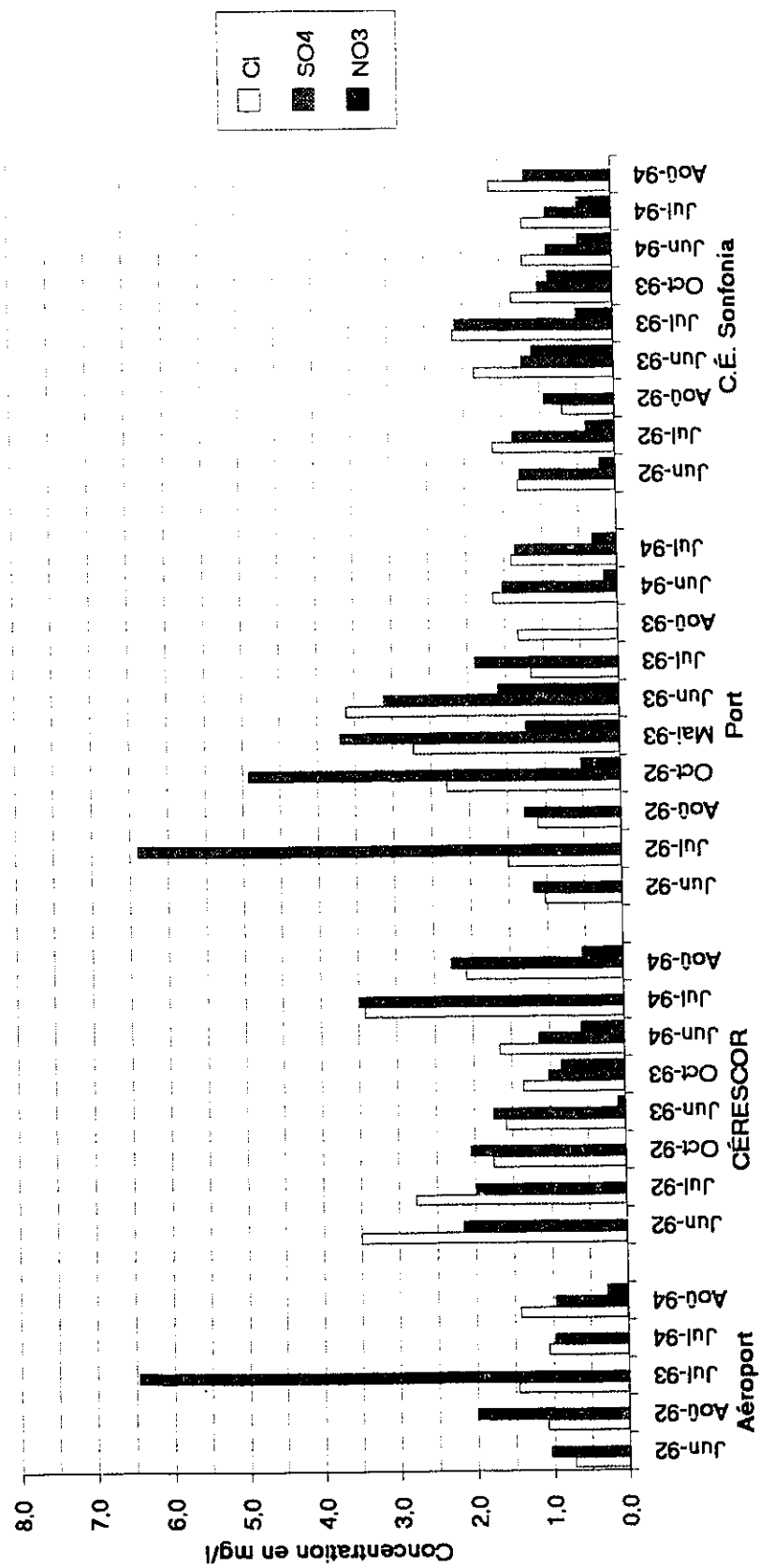


Fig. 4-31 Composition anionique des eaux météoriques



4.3 Qualité des eaux souterraines

Les connaissances sur la qualité des eaux souterraines constituent l'élément essentiel des informations indispensables aux prises de décisions judicieuses concernant la gestion et l'utilisation des ressources en eau. L'étude de la qualité des eaux de la nappe phréatique de Conakry porte sur près de 800 mesures et analyses effectuées sur 150 puits et sources, et celle de la nappe profonde sur 6 forages. Les analyses ont été effectuées dans les laboratoires de l'Université d'Ottawa.

4.3.1 Caractéristiques physico-chimiques des eaux de la nappe phréatique

a) Caractéristiques physiques

Couleur

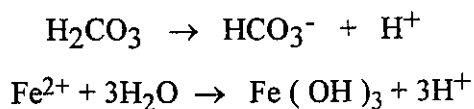
Les teintes de l'eau sont déterminées en les comparant avec celle de l'eau distillée. La couleur des eaux souterraines étudiées a été évaluée à l'oeil à l'aide d'échantillons prélevés sur la nappe au repos, de préférence les matins. La couleur des eaux varie entre incolore, laiteuse, et brunâtre. La coloration laiteuse serait due aux matières en suspension (provenant surtout des formations argileuses), tandis que le fer et les acides organiques peuvent être à l'origine de la teinte brunâtre. Les eaux incolores prédominent pendant la saison hivernale.

Température

La température des eaux souterraines peu profondes dépend en général de la température moyenne dans la zone d'alimentation, et des variations saisonnières. Les températures mesurées sur le terrain donnent des valeurs allant de 26 °C à 29,2 °C avec une moyenne de 26,9 °C. Elles sont influencées par les variations saisonnières, avec des valeurs minimum en juillet, août et septembre.

pH

Les mesures faites sur le terrain donnent des pH compris entre pH 3,8 et pH 7,5. La période de basses eaux est caractérisée par la prédominance de milieux quasiment neutres, alors que la saison des pluies est marquée par la tendance à l'acidité. Les points d'eau situés près du littoral ont un pH acide, notamment sur le versant nord. L'acidité des eaux peut s'expliquer par l'hydratation du dioxyde de carbone entrant dans le système par les racines des plantes et l'air atmosphérique, suivie par la dissolution de l'acide carbonique. Elle peut également être le résultat de l'oxydation du fer en solution.



Conductivité électrique

En période hivernale nous assistons à une augmentation de la conductivité des eaux de la nappe phréatique avec des valeurs allant de 697 µS/cm (micro Siemens par centimètre) au puits 138 de Lambanyi, à 19 µS/cm au puits 19 de Nongo. En saison sèche la conductivité

diminue pour donner des valeurs comprises entre 489 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (puits 4 de Dixinn - Port) et 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (S26 de Yataya).

La teneur en solide total dissout (S.T.D.) des eaux de la nappe phréatique de Conakry déterminée à l'aide de la formule de J.D. Hem, 1985 ci-dessous, varie de 11 mg/l à 411 mg/l:

$$\text{STD} = K * A$$

Où K est la conductivité, A étant un coefficient variant entre 0,55 et 0,75 et augmentant avec la concentration en sulfate.

Les deux paramètres (conductivité et STD) étant des indices de la teneur en sels et sédiments dissouts des eaux, leur augmentation en saison des pluies peut être liée à l'infiltration dans la nappe des déchets solubles et eaux usées. Cette hypothèse est soutenue par le fait que les conductivités maximales sont observées dans les points d'eau en zones de forte densité d'habitation (communes de Matam et de Dixinn). Une contribution au relèvement de la conductivité et du STD peut également provenir des formations géologiques encaissantes.

b) Caractéristiques chimiques

Les eaux souterraines sont des solutions aqueuses dont la composition dépend de l'origine des eaux, la nature des terrains encaissants (sols et roches), et du temps pendant lequel l'eau est demeurée en contact avec l'environnement. L'analyse géochimique permet de déterminer les différents constituants chimiques de l'eau (anions et cations), et d'en définir les

proportions. Les résultats d'analyse des eaux souterraines de Conakry sont présentés dans les tableaux en annexe.

Calcium

Les teneurs en calcium atteintes en saison des pluies varient de $<0,01$ mg/l à 47 mg/l. Les plus fortes concentrations sont notées à Dabondi, Hermakonön et Hafia-minièrre. Ces valeurs baissent sensiblement en saison sèche et se maintiennent entre $<0,01$ mg/l et 31 mg/l. L'origine du calcium peut être liée à la pluie, à l'altération de la dunite et à la mise en solution des déchets à la surface.

Magnésium

En saison sèche les concentrations de magnésium varient de 0,2 mg/l à 15,2 mg/l. Les teneurs maximales sont observées en période de crue avec 0,17 mg/l à 36,3 mg/l. Ces niveaux de concentration sont attribuables à la pollution des eaux de ruissellement. Les plus grandes concentrations sont observées à Hafia, Bonfi et Matam.

Sodium

Les teneurs en sodium varient de $<0,01$ mg/l à 39,9 mg/l en période d'étiage, et deviennent plus concentrées pendant la saison des pluies, allant ainsi de <1 mg/l à 54,35 mg/l. Les zones de forte concentration sont ponctuelles le long du littoral à Tombo, Lambanyi et

Dabondi. Une partie seulement du sodium présent dans les eaux provient directement de l'eau de mer dont le ratio Na/Cl est 1/1. D'après le ratio de ces eaux qui est de 3/4, une part du sodium proviendrait de la pollution des eaux à travers la mise en solution de certains déchets.

Potassium

Le potassium montre des concentrations assez faibles en période de basses eaux allant de <1 mg/l à 13 mg/l, sauf au P12 de Matam-lido avec 41,5 mg/l. Les teneurs sont légèrement relevées en saison des pluies avec <1 mg/l à 25 mg/l. Les foyers de forte teneur en potassium se localisent à Matam, Hafia et Lambanyi.

Fer

Sur les 116 échantillons analysés, près de 55% ont des concentrations en fer supérieures à 1 mg/l. Les teneurs en saison sèche varient de 0,40 mg/l (Yataya) à 29,8 mg/l (Matam). En période de hautes eaux les teneurs vont de 0,12 mg/l (Lansébounyi) à 46,9 mg/l (Hafia-miniére). Ces teneurs élevées de fer sont liées à l'abondance de l'oxyde de fer généré par l'altération chimique de la dunite originellement riche en fer, et au pH.

Manganèse

Les teneurs supérieures à 0,5 mg/l de manganèse représentent les 46% des échantillons analysés. Les concentrations en saison sèche varient entre <0,002 mg/l (plusieurs puits) et 10,45 mg/l (Dabompa). Une baisse sensible se manifeste en saison pluvieuse avec des teneurs

allant de 0,002 mg/l (Hafia) à 9,07 mg/l (Nongo). L'origine de la teneur anormale de manganèse est attribuable à l'altération de la dunite.

Chlorures

Les teneurs en chlorures des eaux varient de 0,15 mg/l à 77 mg/l en période de basses eaux, et de 0,15 mg/l à 68 mg/l en saison pluvieuse. Les foyers de concentration sont observés dans le secteur allant de Matam à Domino. Ces concentrations anormales observées seraient imputables d'une part à une contamination par les eaux salées d'origine marine sous forme de NaCl, d'autre part à la contamination par les eaux de ruissellement chargées de déchets solubles.

Sulfates

Les concentrations de sulfate varient de 1 mg/l à 33 mg/l en période d'étiage, et sont haussées jusqu'à 64 mg/l en saison des pluies. Les zones de forte concentration sont situées à Yataya, Sonfonia, Hafia et "Sans-fil". Les sulfates proviennent de l'altération de la dunite, et des eaux de pluie.

Bicarbonates

En saison de basses eaux les teneurs en carbonate varient de <1 mg/l à 155 mg/l, tandis qu'en période de crue elles passent à 156 mg/l. Les foyers de concentration sont situés à Tombo, " Sans-fil " et Dabondi. Les concentrations de bicarbonate n'ont pas de lien évident

avec le pH et les teneurs en NO_3 (voir tableaux en annexe). Les bicarbonates proviendrait d'activités bactérienne dans les sols et de déchets organiques.

Nitrates

Durant la saison sèche les teneurs en nitrate sont généralement plus faibles et varient de <1 à $170 \text{ mg-NO}_3/\text{l}$ - soit $37,4 \text{ mg-N/l}$ d'azote. Pendant la période de hautes eaux on constate une augmentation très nette des concentrations allant de $0,15 \text{ mg/l}$ à 209 mg/l . Les fortes concentrations de nitrate sont observées à Domino, Téminétaye, Dixinn, Hafia et Dabondi. Les chapitres suivants sont consacrés à l'étude des nitrates dans la région.

c) Les familles chimiques

La prédominance dans les eaux souterraines d'une combinaison d'ions ou d'une autre dépend de la composition primaire de l'eau dans la zone de recharge, de la composition des formations géologiques, et des conditions physico-chimiques prévalant dans le système. Le diagramme de Piper des eaux de la nappe superficielle de Conakry (Fig. 4-32) nous permet d'attribuer les eaux à la famille des eaux hydrocarbonatées calciques, chlorurées magnésiennes.

Malgré l'hétérogénéité des eaux, les figures Fig. 4-32, Fig. 4-33 et Fig. 4-34 permettent de voir que sur la dorsale de la presqu'île prédominent des eaux hydrocarbonatées calciques. Les faciès sodiques et hydrocarbonatés magnésiens caractérisent les eaux du versant nord, tandis que sur le flanc sud prédominent des eaux calciques, hydrocarbonatées magnésiennes.

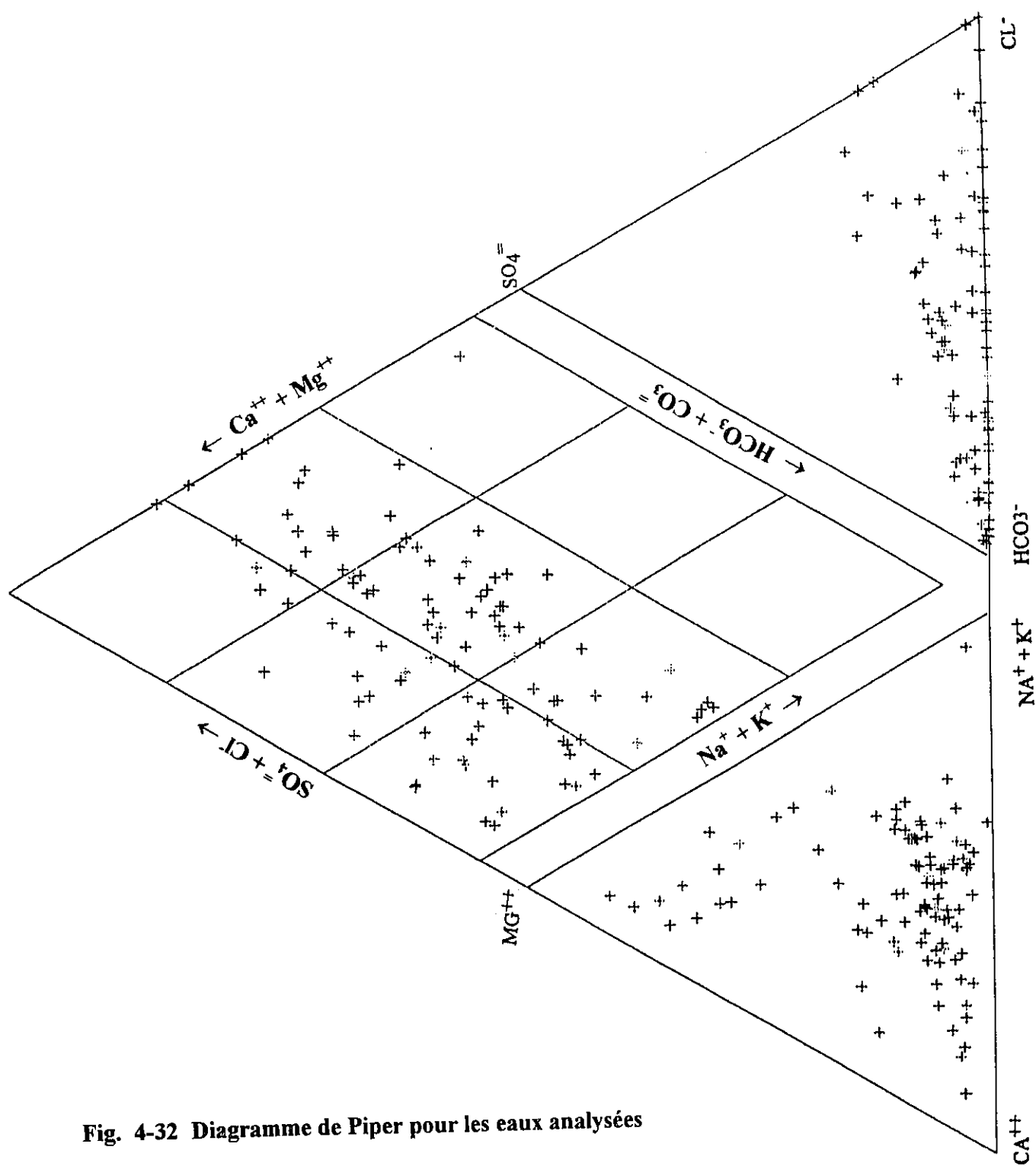


Fig. 4-32 Diagramme de Piper pour les eaux analysées

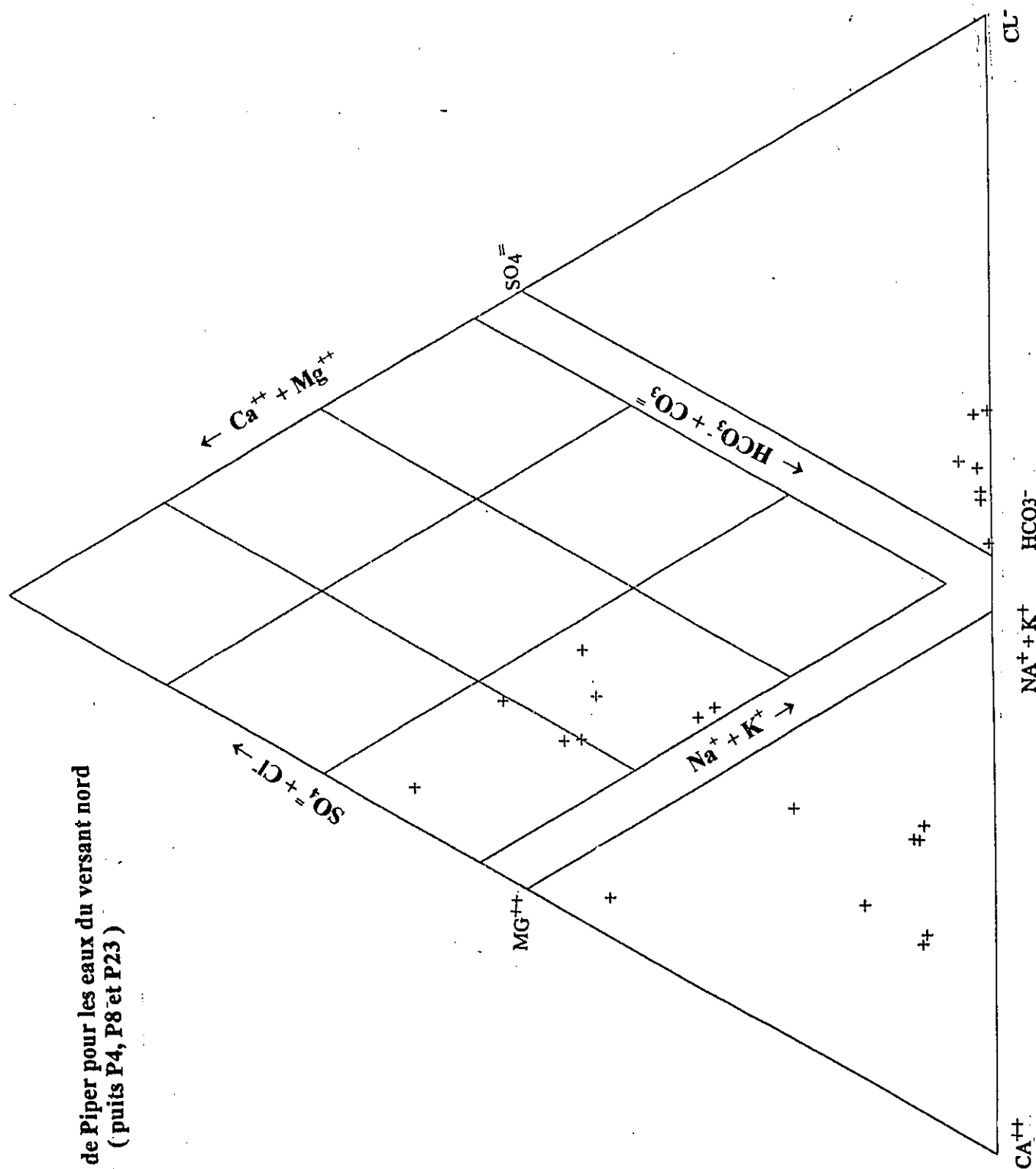
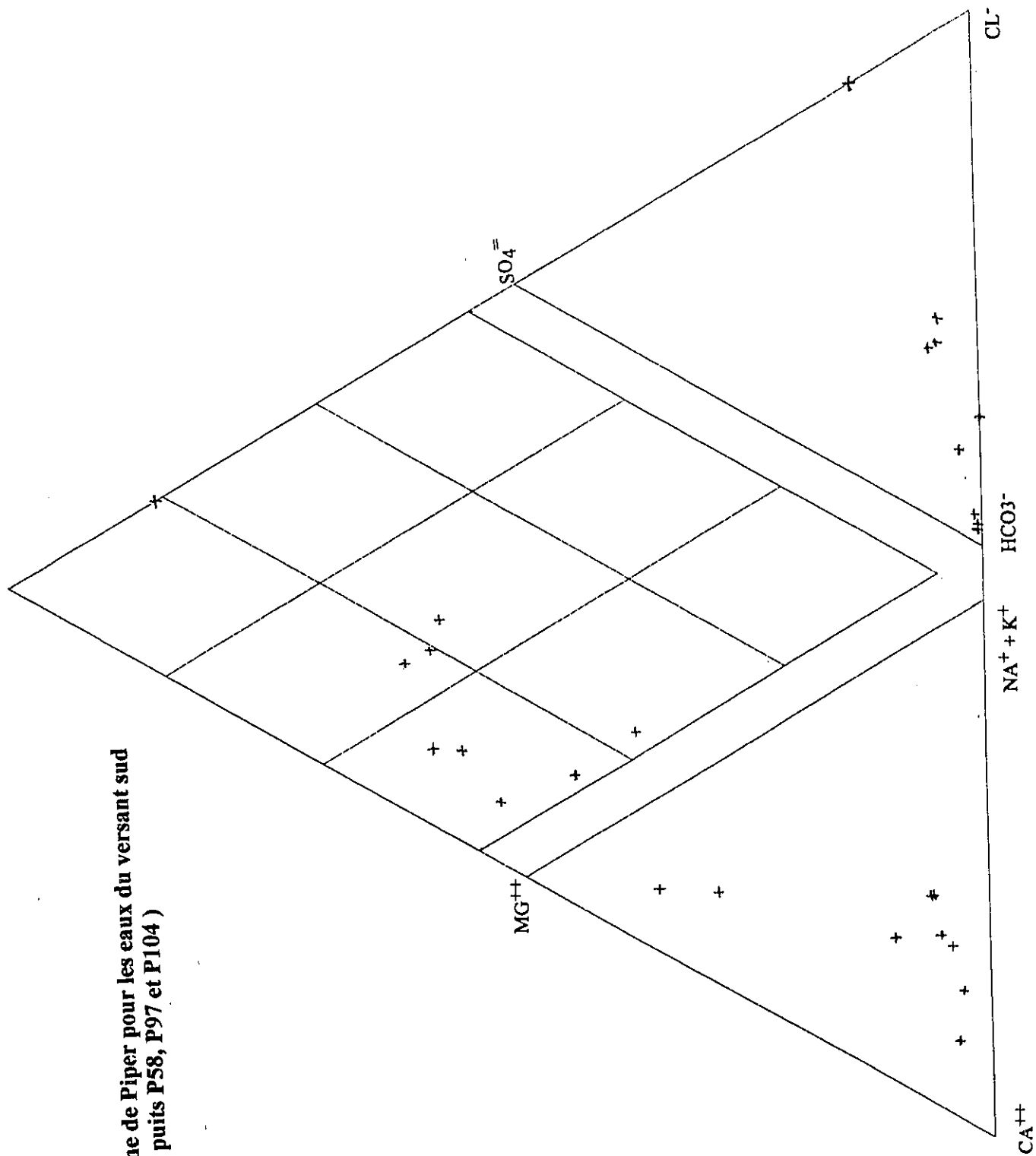


Fig. 4-33 Diagramme de Piper pour les eaux du versant nord
(puits P4, P8 et P23)

Fig. 4-34 Diagramme de Piper pour les eaux du versant sud
(puits P58, P97 et P104)



4.3.2 Caractéristiques chimiques des eaux de la nappe profonde

Les eaux dont nous discutons les résultats appartiennent à l'horizon supérieur de la nappe profonde, à savoir les 45 premiers mètres. La composition anionique des eaux de cet horizon est caractérisée par la prédominance du magnésium avec des teneurs variant entre 4,2 et 5,4 mg/l. Cette concentration baisse à 3,0 mg/l dans le forage profond de Kakimbon (profondeur supérieur à 80 m). Ces concentrations illustrées par Fig. 4-35 sont liées à l'altération de la dunite. Les concentrations de calcium atteignent une valeur moyenne maximale de 13,1 mg/l au FK13. Il peut être généré par l'action des eaux d'infiltration sur les formations argileuses.

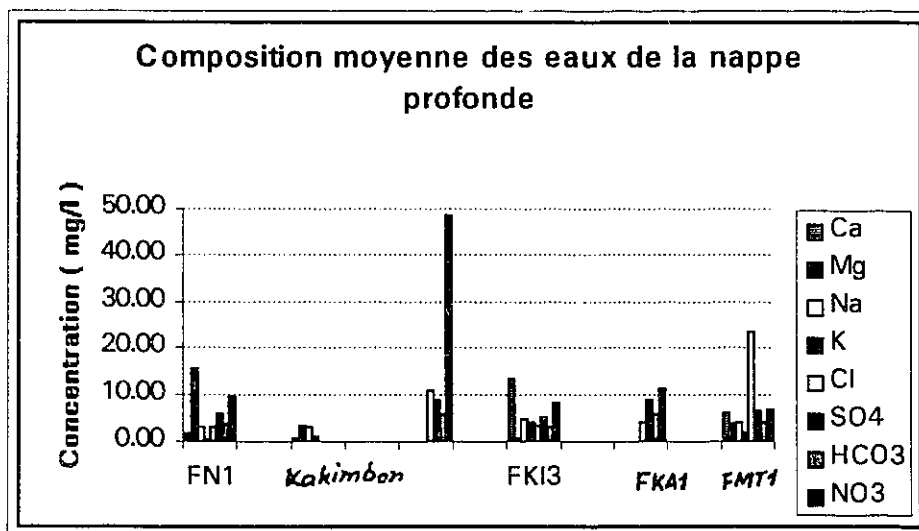


Fig. 4-35 Composition moyenne des eaux de la nappe profonde

Les anions sont dominés par le chlore dont les teneurs les plus élevées sont observées sur les forages FMT1 et FTA1 avec des concentrations moyennes respectives de 23,4 mg/l et 11,0 mg/l. Ces niveaux de chlore sont attribuables à la pollution des eaux. Les teneurs de sulfate et de bicarbonate sont faibles dans les eaux de la nappe profonde. Les concentrations moyennes maximum observées sont 9,0 mg/l et 5,8 mg/l respectivement aux forages FTA1 et FMT1. Les réactions d'oxydoréduction seraient à l'origine de la faible concentration de ces anions. Le nitrate est étudié dans les chapitres suivants.

4.4 Nitrates dans les eaux souterraines

4.4.1 L'azote dans l'environnement

L'azote dont le symbole chimique est " N ", est un élément connu dans le passé comme chimiquement inerte; Une caractéristique qui amena Lavoisier à lui donner ce nom, *azote* signifiant " sans vie ". Cependant, cette qualité ne s'étend pas aux composés azotés qui sont quant à eux des ingrédients actifs.

Les données fournies par Horn et Adams (1966) et Par Stevenson (1972) indiquent que les roches de la croûte terrestre contiennent environ 1/4 de l'azote total se trouvant dans l'écorce terrestre, l'atmosphère, l'hydrosphère, et la biosphère avec environ les 3/4 dans l'atmosphère. Selon Lord Rayleigh (1939), les roches ignées contiennent en moyenne 0,00463 pour cent d'azote principalement sous forme de combinaison chimique, avec des teneurs remarquablement constantes (). Aussi, il semble évident qu'une bonne partie de l'azote

est directement relâchée dans l'atmosphère par l'activité volcanique (Goldschmidt, 1937b). Aussi, l'azote est présent dans tous les organismes vivants, principalement dans les acides aminés constituant les protéines.

La plupart des composés de l'azote dans l'environnement sont reliés par des séries de transformations réunies sous le terme de *cycle de l'azote* (Fig. 4-36).

Tableau 4-16 Teneur en azote de certaines roches ignées (Lord Rayleigh, 1939)

Roche	Azote (ml/g)
Dunite, moyenne	0,045
Gabbro	0,037
Granite, moyenne	0,037

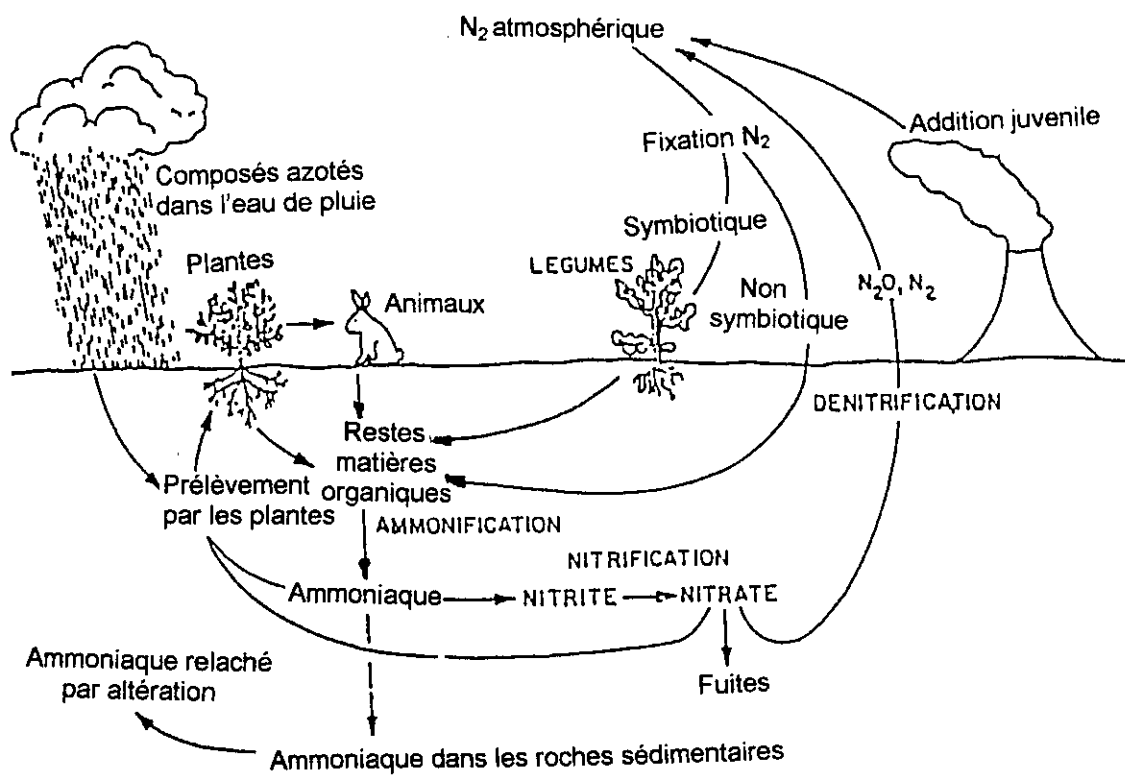


Fig. 4-36 Cycle de l'azote dans la biosphère (Jackson & Raw, 1973)

4.4.2 Géochimie des nitrates

L'ion nitrate (NO_3^-) est la combinaison azotée la plus abondante dans les eaux naturelles (Létolle R., 1980). A cause de sa grande solubilité, les nitrates peuvent atteindre les eaux souterraines à partir de plusieurs provenances.

L'eau de pluie peut contenir une teneur en nitrate de 0,2 mg/l, et certains nitrates viennent des roches ignées et des émissions volcaniques (Mc Neely, et al. 1979). Les engrais à base d'azote et les eaux d'irrigation provenant des sols amendé par ces produits, les opérations de pâturage et d'oxydation de ces fertilisants, ainsi que de larges quantités d'azote se trouvant dans

les légumes et les excréments d'animaux peuvent être des sources naturelles de nitrate dans les eaux (Mc Neely et al. 1979). D'autres sources incluent les produits provenant de la décomposition des dépotoirs d'ordures, les fuites à partir des tas d'ordures et les lieux d'enfouissement des déchets d'égouts (U.S.EPA 1976; Ontario Ministry of the Environment 1981).

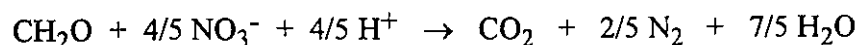
Les principales sources de nitrate d'origine humaine sont les eaux usées municipales et industrielles, et les fosses septiques. L'origine végétale du nitrate est quant à elle justifiée par les plantes qui retournent au sol une partie du nitrate qu'elles ont utilisée, d'autres parties étant perdues par drainage et lessivage (Health and Welfare Canada 1980). Les fabriques d'explosifs et les explosifs utilisés dans les mines et en construction peuvent aussi être d'importantes sources de nitrate (Pommen, 1983).

a) Processus de nitrification

Pendant la décomposition des plantes des excréments et des animaux après leur mort, leurs complexes organiques (protéine) de composés azotés sont décomposés par des bactéries. D'après Kalervo et Th. G. Sahama 1949, cette décomposition est principalement due à la bactérie protéolytique qui produit d'abord des acides aminés (NH_2), puis l'ammoniaque (NH_3), ensuite les nitrites (NO_2^-), et finalement les nitrates (NO_3^-). Ces transformations au cours desquelles les bactéries jouent le rôle de catalyseur se passent dans des conditions bien définies. La nitrification intervient à une température optimum de 30°C ou moins, avec un pH approximatif de 8, et une décroissance de l'activité avec un pH inférieur à 7. Les bactéries responsables de la nitrification étant mésophiles, le taux de nitrification est directement proportionnel à la température (NAS 1978).

b) Processus de dénitrification

La dénitrification est le phénomène de réduction qui entraîne la transformation du nitrate (NO_3^-) en azote moléculaire (N_2). Cette transformation est caractérisée par l'équation ci-après:



La dénitrification a essentiellement lieu dans des conditions anoxyques en présence de bactéries (catalyseurs). Elle est directement proportionnelle à la température, et exige la

réduction complète de l'oxygène, tout au moins dans le voisinage des micro organismes. Cependant, elle peut aussi se dérouler en milieu à faible taux d'oxygène comme dans les marécages, lacs, sédiments de fond et usines de traitement d'ordures (NAS 1978). La production de nitrite et d'azote moléculaire peut se faire par l'intermédiaire de nombreuses bactéries et champignons (Brezonik, 1977). La dénitrification a lieu dans des températures allant de $< 5^{\circ}\text{C}$ à 60°C , un pH 7 à pH 8 étant optimum pour l'activité biologique.

4.4.3 Distribution des nitrates dans les nappes

Les observations portent sur 152 points d'eau dont 143 puits et sources avec plus de 500 échantillons analysés, et 9 forages (voir tableaux en annexe). Les puits captent exclusivement la nappe phréatique tandis que les forages atteignent l'horizon supérieur de la nappe profonde. Les puits et sources utilisés pour les observations sont profonds de 0,45 à 22 mètres, et les forages de 30 à 42 mètres.

a) Nitrate dans la nappe phréatique

Dans la nappe superficielle la concentration de nitrate varie de $<1 \text{ mg-NO}_3/\text{l}$ à $209 \text{ mg-NO}_3/\text{l}$ - soit jusqu'à $45,9 \text{ mg-N/l}$ d'azote. Les cartes de distribution des nitrates aux périodes d'étiage et de crue 1993 (Fig. 4-37 et Fig. 4-38), montrent que la zone de contamination maximum par les nitrates (45 à $220 \text{ mg-NO}_3/\text{l}$) s'étend de l'extrémité ouest de Conakry vers l'Aéroport à l'est. Les courbes d'isoteneur en nitrate se referment autour des foyers de pollution majeure à Kouléwondy, Coléah Matam, Dixinn et Dabondi. Le gradient de teneurs de nitrate est plus fort sur le versant sud qu'au nord. Cette distribution des nitrates suit pratiquement les

tendances de la densité de population qui est plus grande sur le versant sud de part et d'autre de la route du Niger.

Parmi les 170 échantillons de la période de crue, 26,4 % ont des teneurs supérieures à 45 mg-NO₃/l de nitrate; Les teneurs de 30,2 % varient entre 10 et 45 mg-NO₃/l, les concentrations de 43,4 % sont <1 mg-NO₃/l (Fig. 4-39). Les pH des eaux à teneur élevée en nitrate varient de pH 5 à pH 5,6; Par contre les eaux faibles en nitrate ont des pH assez variables allant de pH 3,8 à pH 6,4. La carte de distribution des nitrates en période de basses eaux (Fig. 4-37) ne permet pas d'observer de corrélation directe entre les nitrates et l'altitude. Cependant, la zone contaminée se situe en basse altitude avec une zone non saturée étroite et un gradient hydraulique faible (Fig. 4-12), ce qui rend la nappe plus vulnérable aux contaminations par infiltration.

b) Effets saisonniers des nitrates

Les cartes d'égale teneur de nitrate aux deux saisons (Fig. 4-37 et Fig. 4-38) permettent de voir l'influence directe de la pluviométrie sur les teneurs en nitrate des eaux souterraines de la nappe phréatique. La période d'étiage est marquée par des niveaux de nitrate plus modérées, comme cela est bien observable sur Fig. 4-40 illustrant les puits 126 de Démoudoula situé en dehors de la zone de contamination et Fig. 4-41 pour le puits P4 dans la zone contaminée.

Fig. 4-37 Carte de distribution des nitrates
nappe phréatique de Conakry
(période de basses eaux, 1993)

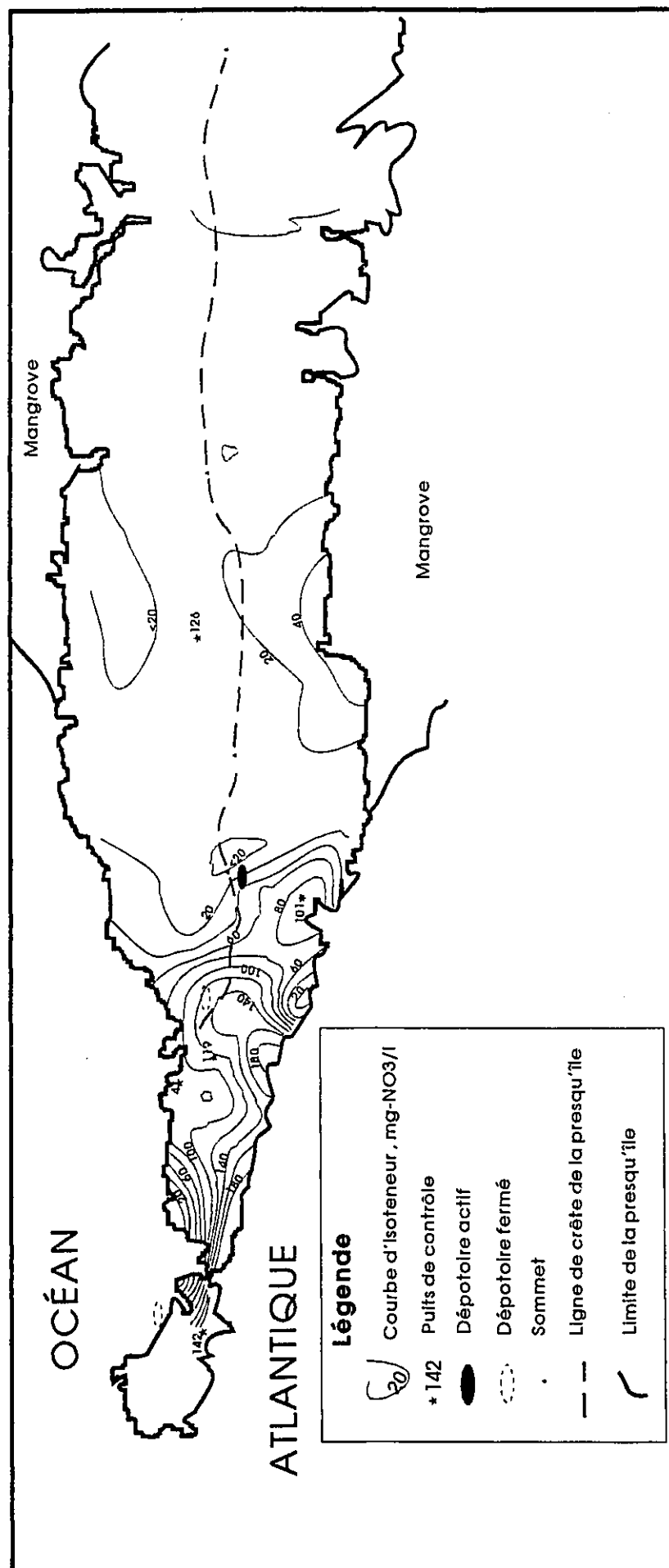
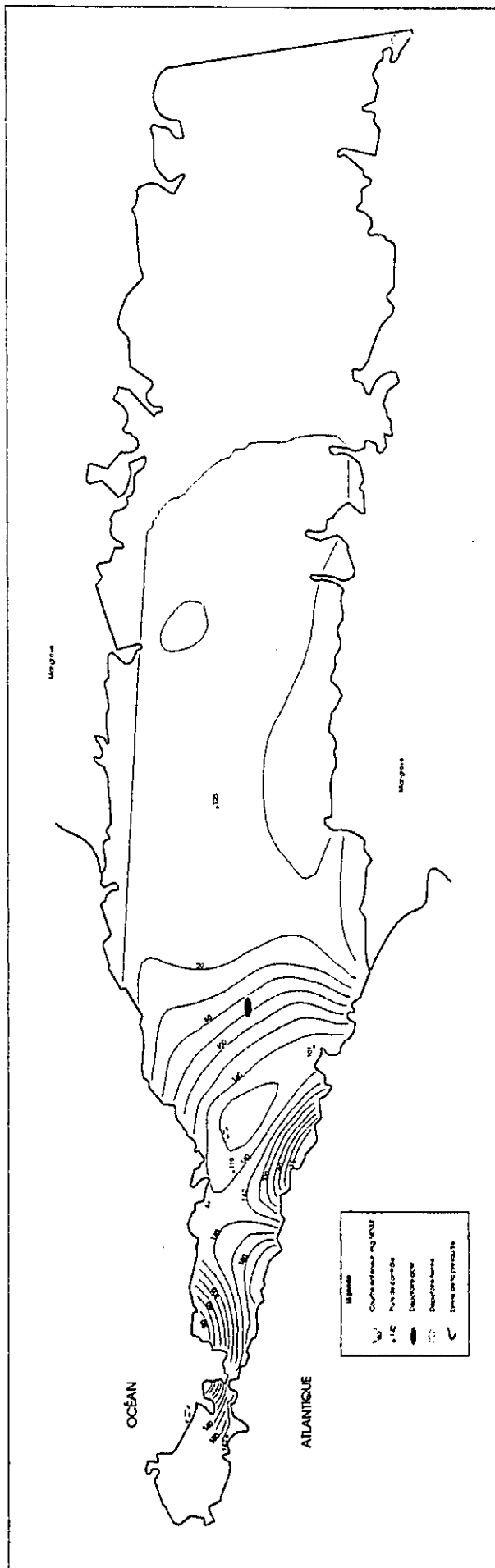


Fig. 4-38 Carte de distribution des nitrates
Nappe phréatique de Conakry
(periode de hautes eaux, 1993)



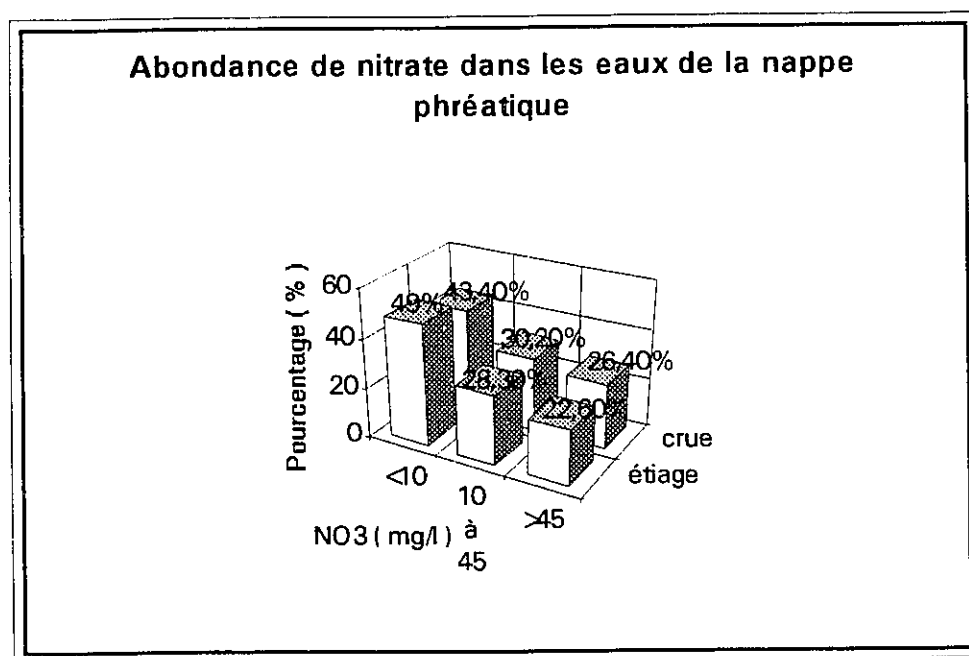


Fig. 4-39 Abondance de nitrate dans les puits échantillonnés

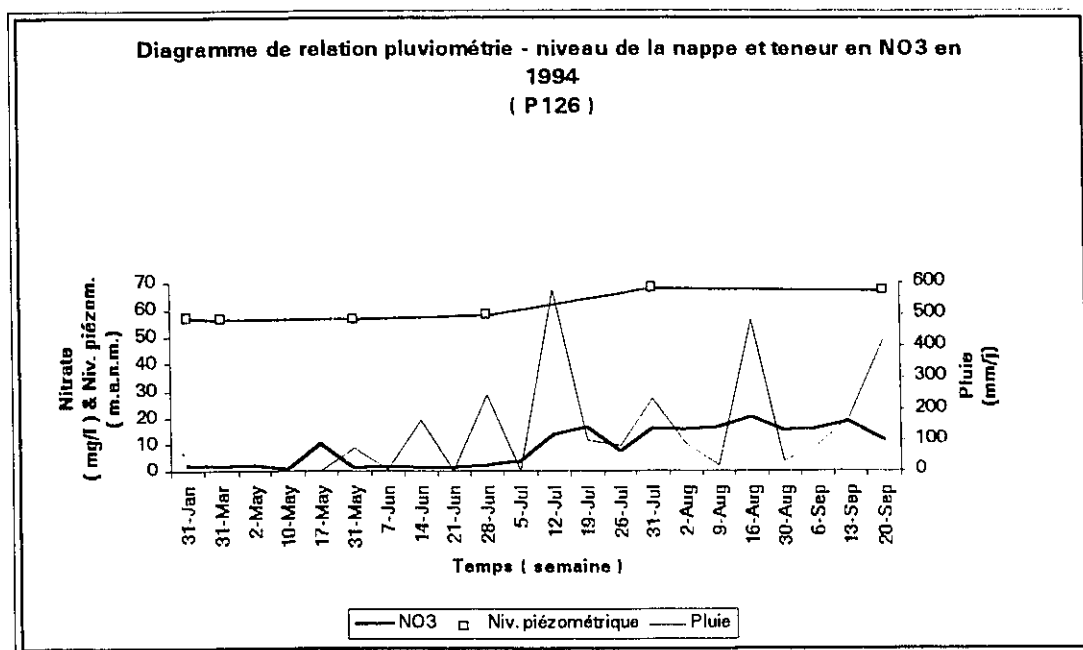


Fig. 4-40 Influence de la pluviométrie sur les niveaux de la nappe et des nitrates - P126

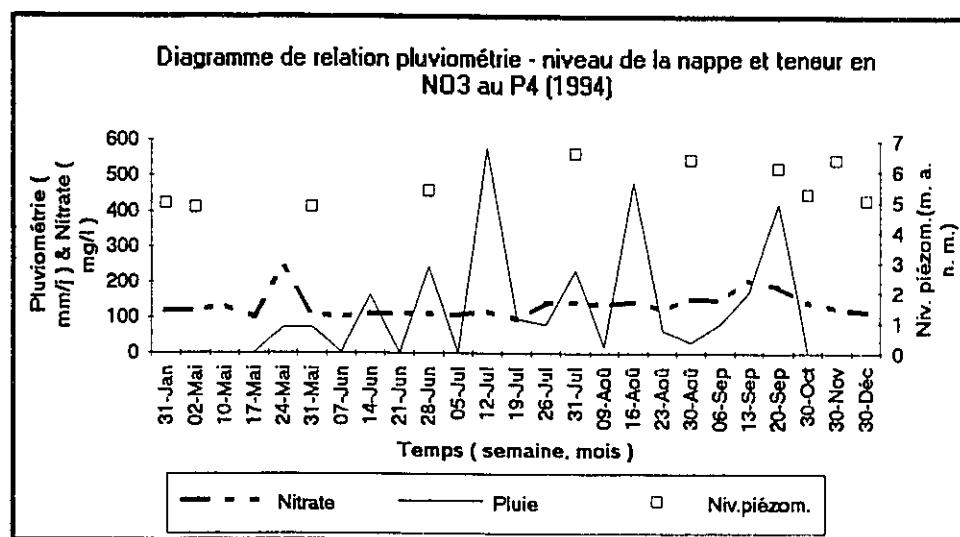


Fig. 4-41 Influence de la pluviométrie sur les niveaux de la nappe et des nitrates - P4

La saison des pluies fait plafonner les concentrations de nitrate à 170 mg-NO₃/l, avec une exception pour le P142 de Térinétaye qui montre 235 mg-NO₃/l en début mai (Fig. 4-42). Cette particularité est attribuable à l'étroitesse de la zone non saturée à cette place. La période d'étiage laisse les foyers de concentration maximum proches de la côte sud. Les abaissements de teneur en nitrate sont particulièrement accentués sur le versant nord de la presqu'île, un phénomène qui peut être lié à la densité de la population plus faible dans ce secteur. Pendant la même période les eaux à teneur faible en nitrate conservent en général les mêmes valeurs de pH.

Par contre en période de hautes eaux (Fig. 4-38), les foyers de fortes concentrations se déplacent sur le versant nord où prédominent les terrains plus perméables. Les concentrations de nitrate augmentent et passent de 170 mg-NO₃/l (maximum en saison sèche) à 209 mg-NO₃/l. Cette élévation graduelle du niveau des nitrates en saison des pluies est bien observée sur les puits P4 de Dixinn-port, P101 de Dabondy, et P119 de Dixinn-mosquée placés en zone de contamination maximum en saison des pluies (Fig. 4-42 et Fig. 4-43). D'après les modes d'alimentation des nappes décrits au chapitre 4.1, la contamination par le nitrate se produit à travers l'infiltration directe des eaux de pluie véhiculant des composés azotés (protéine, acides aminés). La circulation verticale des eaux étant plus importante dans la plaine occidentale, l'acheminement des contaminants vers la table d'eau peu profonde s'en trouve accentuée.

Comme on le voit sur Fig. 4-39, la proportion de puits à teneur élevée de nitrate passe de 22,6% en saison sèche à 26,4% en saison des pluies, avec la tendance des eaux à devenir plus acide (pH 3 à pH 4). Ces pH acides non favorables à l'activité bactérienne, confirment que la saison des pluies n'accroît pas les processus de nitrification. L'afflux d'eau dans la nappe accroît

plutôt la diffusion et le transport des nitrates à partir de sources préexistantes, et se traduit par l'élargissement des courbes d'isoteneur (Fig. 4-38).

c) Évidences de nitrification dans les eaux de la nappe superficielle

Malgré l'évidence d'un lien entre la saison des pluies et l'élévation de la teneur de nitrate, le processus de nitrification se déroule préférentiellement en période sèche. La zone d'aération de la nappe, et les eaux d'infiltration procurent l'oxygène indispensable à l'activité bactérienne. Les premières hausses de niveau de la nappe mettent en contact les matières azotées et l'environnement oxygéné que représente la frange capillaire.

La saison des pluies occasionne et entretient la diffusion et la dispersion du nitrate pré-existant. Compte tenu de la mobilité du nitrate, les eaux d'infiltration entraînent celui-ci dans un mouvement descendant jusqu'à la nappe phréatique. Mieux, la remontée du niveau de la nappe vers les horizons supérieurs accentue cette diffusion. En plus, d'après les informations verbales obtenues sur le terrain, les "puits perdus" des latrines atteignent généralement la nappe phréatique. Cela favorise une injection directe du nitrate dans la nappe phréatique comme cela semble être le cas aux puits P142, P4, P119, et P101 (Fig. 4-41, Fig. 4-42 et Fig. 4-43).

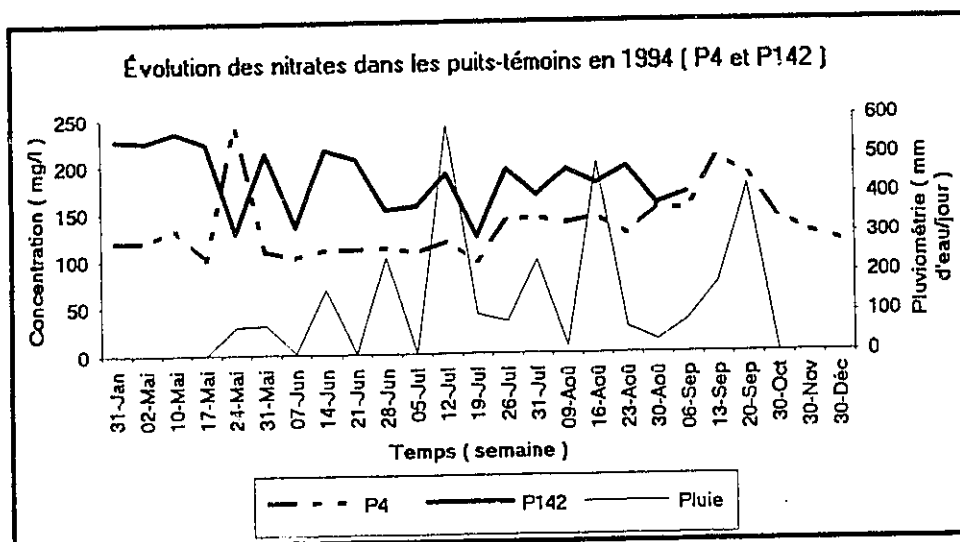


Fig. 4-42 Evolution des nitrates dans les puits-témoins P4 et P142 en 1994

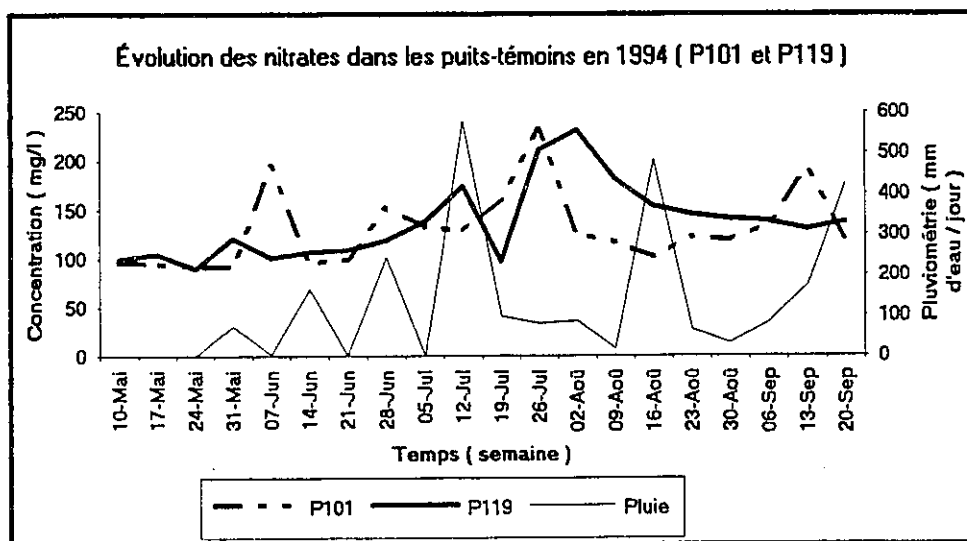


Fig. 4-43 Evolution des nitrates dans les puits-témoins P101 et P119 en 1994

d) Nitrates dans la nappe profonde

Les teneurs en nitrate des eaux de la nappe profonde gisant sous la quarantaine de mètre varient entre 0,10 mg-NO₃/l à Matoto, et 48,7 mg-NO₃/l à Taouya (Données en annexe). Ceci est bien observable sur Fig. 4-44 qui montre également des concentrations assez voisines pour les eaux profondes de Nongo, Kaporé et Kipé. Les concentrations tendent à être plus élevées en saison sèche, et les différences de concentration de nitrate entre les deux saisons varient de 12,7 mg/l pour le FMT1 de Matoto, à 9,16 mg/l pour le FKJ3 de Kipé. Des tendances inverses caractérisent les concentrations de nitrate et sulfate dans les eaux de la nappe profonde, un indice de réduction du sulfate.

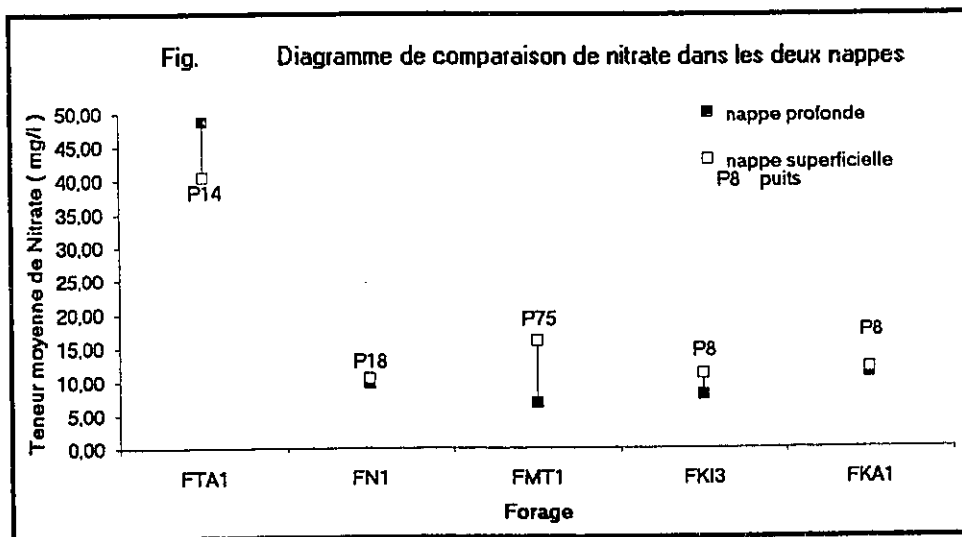


Fig. 4-44 Comparaison de nitrate dans les deux nappes

e) Évidence de dénitrification de la nappe profonde

Les concentrations de nitrate sont plus faibles dans la nappe profonde et varient de 0,10 à 48,7 mg/l -NO₃ soit de 0,02 à 10,7 mg-N/l, comparé à celles dans la nappe phréatique qui en a entre <1 et 209 mg-NO₃/l (Tableaux en annexe). Rappelons que ces résultats ne concernent que la partie supérieure de la nappe profonde, c'est à dire les eaux se trouvant à une profondeur maximum de 45 mètres. Fig. 4-44 illustre les comparaisons de teneurs de nitrate dans des forages et puits situés dans des rayons de 900 mètres au plus. Elle permet de voir que dans la majorité des cas la nappe profonde possède les teneurs en nitrate plus faibles que celles de la nappe superficielle. Cependant, des relations inverses sont observées pour les sites des forage FN1 et FTA1. Ce bas niveau des teneurs de nitrate dans la nappe profonde est dû soit au long séjour de l'eau à l'abri d'oxygène, favorisant ainsi la dénitrification, ou au fait que les aires d'alimentation ne soient pas contaminées.

4.5 Effets du carbone organique dissout (C.O.D.)

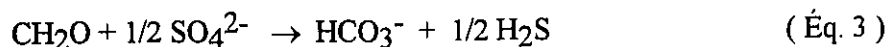
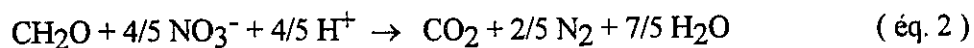
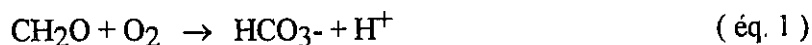
4.5.1 Origine et influence du C.O.D. dans les eaux souterraines

Le carbone organique dissout est du carbone biogénique se trouvant dans l'eau. Il peut provenir soit de la dissolution en surface de matières organiques solides - par exemple les produits de décomposition de végétaux composés de carbone, oxygène, azote et hydrogène dans des proportions variées, soit de la dissolution de matières organiques enfouies dans le sol. À cause de la faible solubilité des matières organiques solides, les eaux d'infiltration intègrent préférentiellement le carbone qui est leur composé le plus léger. Le carbone organique dissout contribue à la forte

minéralisation des eaux quand il est oxydé en dioxyde de carbone (CO_2) qui produit l'acide carbonique (H_2CO_3).

Habituellement la teneur en C.O.D. des eaux souterraines est faible, à cause de la diminution du niveau car dans la zone non saturée les pores sont principalement remplis d'air et le carbone est souvent oxydé au cours de l'infiltration en donnant du dioxyde de carbone. Cependant, selon le type de sol, de matière organique et de climat, les eaux des nappes superficielles peuvent contenir plusieurs dizaines de milligrammes par litre de C.O.D. Les concentrations élevées de C.O.D. sont souvent liées aux eaux souterraines provenant de systèmes affectés par la pollution. Les solutions organiques participent aux réactions d'oxydoréduction, servent de nutriments aux micro-organismes qui participent aux processus chimiques, et se perdent par adsorption pendant l'écoulement souterrain (J.D. Hem, 1985). Le carbone organique dissout est la plus accessible source de carbone dans les eaux souterraines.

Dans certaines conditions en présence d'accepteurs d'électrons (e.g. O_2 , NO_3^- , SO_4^{2-}), les eaux souterraines perdront leur carbone organique dissout par le processus de réduction de l'oxygène, du nitrate, et du sulfate illustrés par les équations 1, 2, et 3.



4.5.2 Carbone organique dissout dans la nappe phréatique

Le niveau général de carbone organique dissout varie entre 1,6 mg/l et 54,9 mg/l dans les eaux de la nappe superficielle de Conakry. Les concentrations sont élevées au début de la saison des pluies (mai), avec des déficits pour le puits 126 de Démoudoula situé en zone non contaminée (Fig. 4-45). Les teneurs en C.O.D. diminuent progressivement à mesure que la saison des pluies avance, sans que cela entraîne des écarts importants dans les zones à teneur élevée de nitrate. En considérant que la teneur en C.O.D. au P126 représente la gamme naturelle, les excès de Carbone organique dissout des autres puits pourraient être le signe d'une pollution d'origine organique des eaux souterraines. Cependant, avec la présence de fortes concentrations de nitrate dans les autres puits témoins (jusqu'à 200 mg-NO₃/l), le C.O.D. est normalement consommé. Nous sommes alors amenés à croire que les teneurs de C.O.D. entrant dans le système devraient être supérieures à celles présentes dans les eaux analysées.

La majorité des eaux échantillonnées (72 %) ont des teneurs de C.O.D. variant entre <5 mg/l et 10 mg/l. Près de 28% des eaux échantillonnées ont des concentrations en carbone organique dissout allant de 10 mg/l à 20 mg/l (Fig. 4-46). Les sources d'approvisionnement de ce système en matière organique incluent les racines des arbres qui constituent la couverture végétale de Conakry, et les produits provenant de la décomposition de matières végétales naturelles du sol. Des apports substantiels pourraient venir des ordures ménagères dominées par les déchets végétaux et animaux (déchets provenant d'aliments divers, poisson et viande).

Les teneurs en C.O.D. des eaux souterraines étudiées sont généralement faibles (<10 mg/l). Les variations observées dans la composition en carbone organique dissout ne montrent pas de corrélation évidente avec les nitrates (Fig. 4-47). Les puits à forte teneur de

nitrate, aussi bien que ceux à faible teneur (e.g. P126), présentent les mêmes gammes de concentration en C.O.D. Par rapport à Fig. 4-49 montrant les rapports attendus du C.O.D. avec les nitrates, les eaux échantillonnées dans la région d'étude (Fig. 4-48) seraient des eaux polluées, oxydées avec ou sans amélioration. L'oxydation est imputable à l'important apport en oxygène dans le système, dû à la grande épaisseur de la zone non saturée couplée à l'importante fluctuation de la nappe, et au renouvellement constamment l'air contenu dans les pores.

Les niveaux élevés de carbone organique dissout (1,6 à 17,6 mg/l) pourraient s'expliquer par des apports importants des déchets organiques, comme se pourrait être le cas pour les eaux du puits P119 situé tout près d'un marché. Par contre les faibles niveaux de C.O.D. peuvent être le résultat de l'oxydation du carbone dans la zone non saturée. La présence dans cette zone de la cuirasse parfois très poreuse, favorise l'accumulation d'importantes quantités d'air. L'oxydation précoce du carbone à son entrée dans le système est un facteur limitant pour les processus de dénitrification qui ne sont pas observés dans la nappe phréatique.

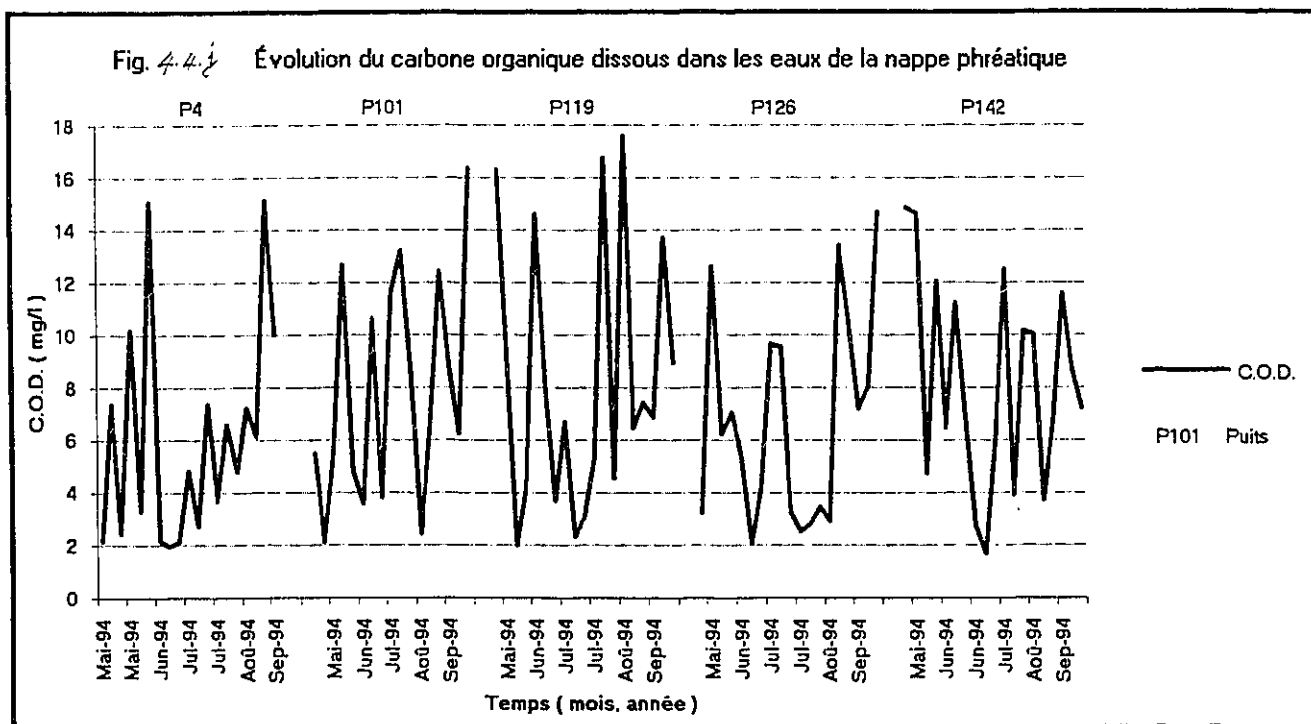


Fig. 4-45 Evolution du carbone organique dissous dans les eaux de la nappe phréatique

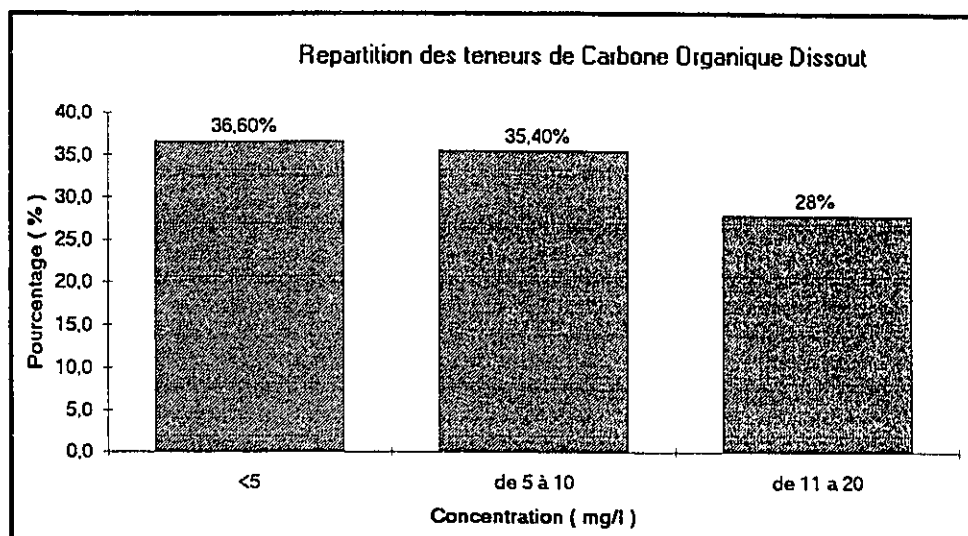


Fig. 4-46 Repartition des teneurs de Carbone Organique Dissout

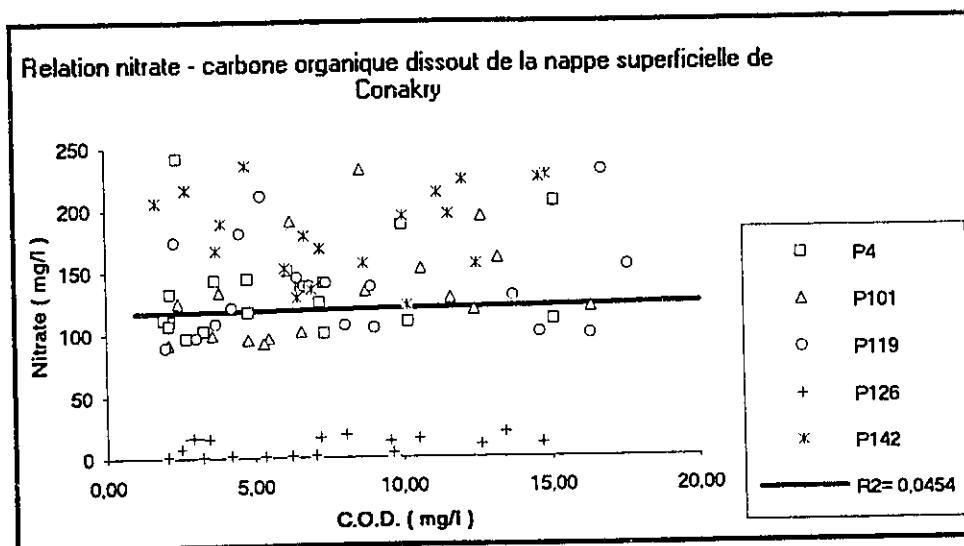


Fig. 4-47 Relation nitrate - carbone organique dissout de la nappe superficielle

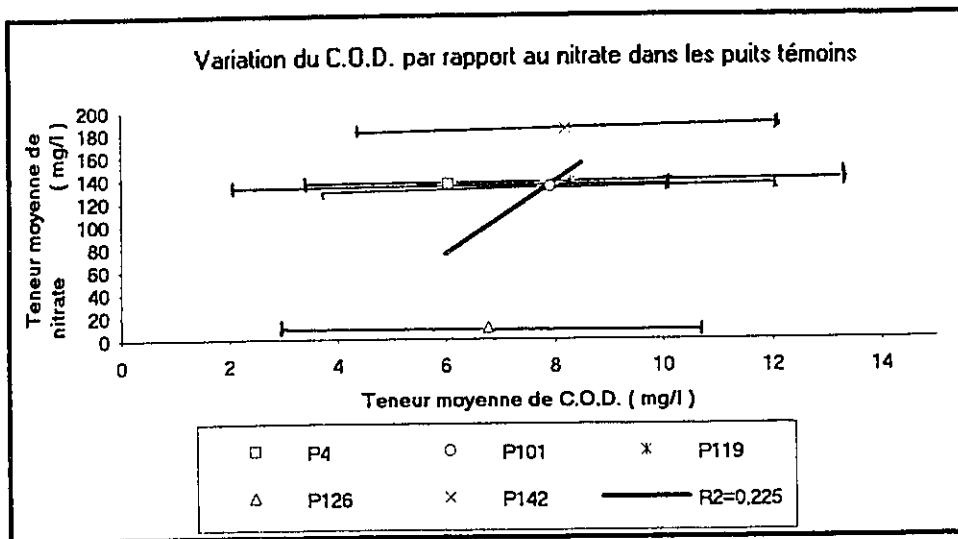


Fig. 4-48 Variation du C.O.D. par rapport au nitrate dans les puits témoins

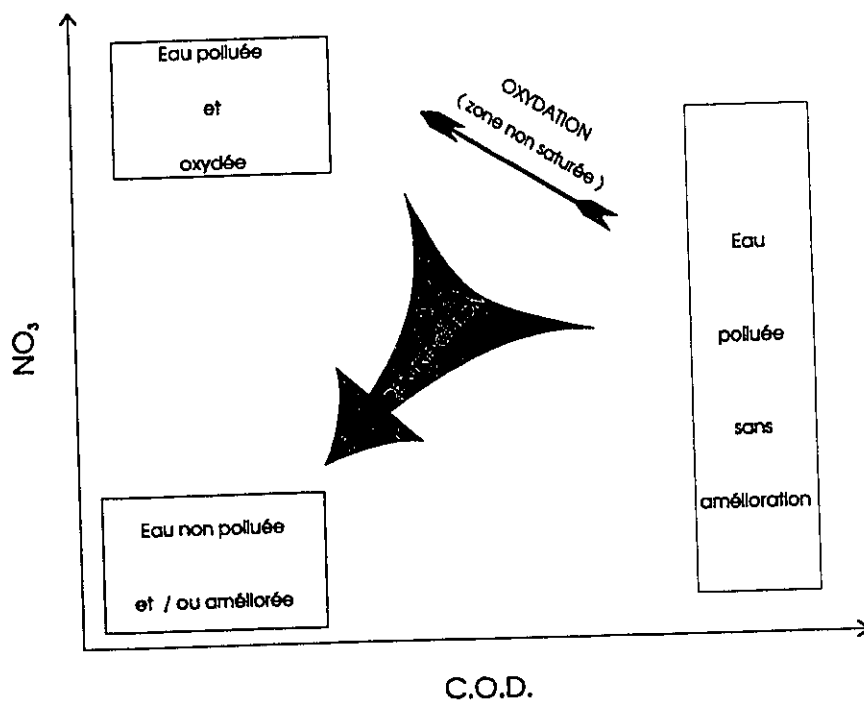


Fig. 4-49 Rapports attendus du C.O.D. avec les nitrates

Tableau 4-17 Valeurs statistiques des nitrates et C.O.D. dans les puits témoins

Puits témoins		Nitrate		C.O.D.	
Points d'eau	Nbre échant.	Teneur moy.	Écart type	Teneur moy.	Écart type
P4	19	135,63	39	6,06	4,11
P101	17	133,32	41	7,92	4,25
P119	19	137,28	39	8,29	5,08
P126	19	10,10	7	6,77	3,99
P142	19	183,78	36	8,20	3,95

4.6 Danger des nitrates et nitrosamines pour l'homme

La présence de taux intolérables de nitrate dans l'organisme humain est à l'origine de la méthémoglobinémie, particulièrement observée chez les enfants en bas âge, d'où son appellation de méthémoglobinémie infantile. Cette maladie cause des perturbations au niveau du transport d'oxygène dans le sang (Lee, 1970a). Les services de santé publique de plusieurs pays ont adopté la valeur standard de 45 mg-NO₃ par litre comme teneur maximale admissible de nitrate dans l'eau. Les études menées par Sattelmacher (1962) et Simon et al. (1964) ont permis de faire une corrélation du nitrate dans les eaux avec la méthémoglobinémie (Tableau 4-18).

Des études de laboratoire dont celles de Magee et Barnes (1967), attribuent des propriétés cancérigènes à certains nitrosamines dans le système digestif. Ces substances sont produites par la réaction des amines avec les nitrites directement ingérés ou ceux provenant des nitrates.

Tableau 4-18 Distribution de cas rapportés de méthémoglobinémie infantile par concentration de nitrate dans l'eau

D'après Sattelmacher, (1962)		D'après Simon et al. (1964)	
NO ₃ de l'eau (mg/l)	Nbre et % de cas	NO ₃ de l'eau (mg/l)	Nbre et % de cas
0 - 40	14 (3,0%)	0 - 50	11 (4,4%)
41 - 80	16 (3,4%)	50 - 100	29 (11,8%)
81 - 100	19 (4,1%)	>100	209 (83,8%)
>100	418 (89,5%)		

Tableau 4-19 Teneurs en nitrate au dessus de la limite admissible

Concentration entre 45 et 93 mg-NO₃/litre

No puits	NO ₃	No puits	NO ₃
13	45,8	12	70
88	47	11	71
12	47,0	4	71,7
114	47,2	126	73,9
13	47,3	114	75,7
13	47,5	114	75,7
13	47,8	4	75,7
13	48,2	114	75,8
13	48,9	101	82,4
141	51	11	85
65	50,7	119	86,2
12	51,2	101	87,1
13	51,2	4	87,2
6	52	4	89,1
13	52,3	4	90,6
6	59,7	104	91,1
104	62,3	102	93

Concentration supérieure à 100 mg-NO₃/litre

N° puits	NO ₃	N° puits	NO ₃
104	102,1	4	132,5
114	102,6	111	138,3
104	102,8	138	138,4
4	105,0	4	141,8
4	109,6	48	142,0
4	110,5	102f	142,1
4	112,2	102f	143,9
15	115,1	113	162,2
102b	115,5	107	169,9
142	116,1	142	197,9
111	118,0	113	208,9
4	126,2		

La proportion de puits à teneur au dessus de la limite admissible est de 38% (Tableau 4-19). Parmi ces "puits à risque", 60% ont des teneurs en nitrate comprises entre 45 et 93 mg/l, tandis que les 40% restants ont plus de 100 mg/l. Des statistiques sur le nombre de cas de méthémoglobinémie infantile devrait permettre d'établir les taux de morbidité liés aux eaux souterraines contaminées. Cependant, en comparant les concentrations de nitrate dans les eaux souterraines de la nappe phréatique de Conakry avec celles du Tableau 4-18, nous pouvons conclure quelles représentent un risque pour la santé. Toutefois, des études pluridisciplinaires devraient permettre de prouver l'impact des nitrates des eaux souterraines sur la santé des populations de Conakry, et d'évaluer l'importance du phénomène.

5. CONCLUSIONS

5.1 Alimentation de la nappe phréatique

La piézométrie et les isotopes indiquent que sur la dorsale, la nappe phréatique de Conakry est alimentée principalement par l'infiltration directe des eaux de pluie. Les niveaux piézométriques maximum s'établissent dans les zones d'alimentation à 110 - 120 mètres au dessus du niveau de la mer respectivement en étiage et à la crue. Les niveaux piézométriques minimum observés varient de -10 à +20 mètres respectivement en saisons sèche et pluvieuse. Les délais de réplique des nappes à la pluviométrie sont plus courts dans les aquifères en basse altitude que dans ceux en haute altitude à cause de l'étroitesse de la zone non saturée.

Les zones non saturées sont plus grandes dans les zones d'alimentation que dans les zones d'accumulation et varient de 0,5 m à 12 m. Une alimentation secondaire opérée par apport souterrain se produit principalement en période d'étiage par le biais du drainage de l'eau à partir des aires de recharge situées dans les protubérances, vers les nappes en bordure du littoral.

La ligne de partage des eaux souterraines retrace la ligne de crête de la presqu'île. Les directions des écoulements majeurs sont orientées perpendiculairement à cette ligne de partage des eaux vers la mer, et le gradient hydraulique (pente d'écoulement) diminue dans la même direction. Le stock d'eau souterraine du système se renouvelle continuellement grâce à des fonctions d'entrée et de sortie bien assurées. Le processus est entretenu par une pluviométrie moyenne de 4 mètres d'eau par an et une circulation souterraine principalement dirigée vers la mer en passant par la pleine côtière.

5.2 Géochimie des eaux

La composition chimique des eaux météoriques est particulièrement influencée par le calcium provenant de la cimenterie de Sonfonia, le chlore et le sodium issus de la mer, et de l'aluminium diffusé dans l'air à partir des installations de chargement de la bauxite et de l'alumine au port de Conakry. Le nitrate transporté par la poussière y est également présent.

Selon les formations encaissantes, les eaux de la nappe phréatique sont chargées de matières en suspension. Elles sont tièdes, et le pH est peu acide à neutre. Le manganèse et le fer issus de l'altération de la dunite sont en concentration anormale ($>0,5$ et >1 mg/l). Les eaux sont hydrocarbonatées, calciques, chlorurées magnésiennes .

La nappe profonde n'a pas été le principal objet de ces études. Les résultats auxquels nous sommes parvenus permettent de dire que ces eaux sont dominées par le manganèse lié à l'altération de la dunite. Le chlore n'est signalé que dans les eaux de la partie supérieure de la nappe.

5.3 Nitrate et C.O.D. dans la nappe phréatique

Dans la nappe superficielle de Conakry les nitrates montrent des concentrations allant de <1 mg- NO_3/l à 209 mg- NO_3/l . Les puits à teneurs de nitrate supérieures à 45 mg- NO_3/l , représentent plus de 38% des 170 échantillons analysés. Les teneurs les plus élevées sont observées en saison des pluies avec des maximum de 209 mg- NO_3/l contre 170 mg- NO_3/l en période d'été. Le zonage du nitrate dans la nappe phréatique montre

des tendances suivant la densité de population. Les teneurs de carbone organique dissout dans les eaux prouvent que les apports de matières organiques sont importants. La quantité de carbone non consommée dans la zone non saturée est supposée participer à la dénitrification de la nappe phréatique qui n'est pas observée au cours des présentes études.

L'horizon supérieur de la nappe profonde (30 à 45 m de profondeur) signalerait à certains points, une tendance à la contamination par les nitrates dans des zones contaminées (1 forage sur les 5 concernés). Il serait nécessaire de mieux comprendre ce phénomène à travers des études spécifiques qui cibleraient cet aquifère.

La contamination par le nitrate est d'origine principalement anthropogène en ce sens qu'il existe une corrélation entre la répartition des nitrates et la densité de la population. Elle se produit probablement à partir de sources ponctuelles, actives ou non, constituées principalement par les fosses septiques, les égouts et les dépotoirs d'ordures. Le taux exceptionnellement élevé de nitrate dans les eaux de certains puits ($> 100 \text{ mg-NO}_3/\text{l}$) est imputable à la localisation de ces derniers dans le sillage même du nitrate directement injecté dans la nappe, à travers des latrines qui atteignent la table d'eau.

6. RECOMMANDATIONS

6.1 Propositions de solutions

Face au danger que représente le niveau élevé de contamination des eaux de la nappe phréatique de Conakry, la protection du milieu souterrain en général et des nappes aquifères en particulier apparaît comme une nécessité urgente. La façon la plus efficace de mettre fin à une contamination active est de supprimer l'activité polluante. Étant donné que la contamination par le nitrate des eaux souterraines de Conakry provient de sources actives (fosses septiques, dépôts d'ordures, etc.), nous recommandons les mesures ci-après:

La mise hors d'usage et la fermeture des latrines et fosses septiques hors- normes actuellement en service. Elles seront remplacées par des installations respectant les normes de protection des nappes aquifères. La rupture de la chaîne de contamination permettra l'accélération de l'épuration des eaux souterraines par le processus de dénitrification.

La restauration du système d'égouts et l'application de méthodes de gestion rationnelle des eaux usées. La fermeture des décharges non contrôlés et leur remplacement par des décharges contrôlées. L'interdiction de l'enfouissement anarchique des déchets par l'installation de poubelles étanches aux points de collecte d'ordures et le ramassage régulier de celles-ci.

Au regard des coûts onéreux des procédés d'épuration des eaux souterraines et de réhabilitation de l'environnement, l'accent est à mettre sur la prévention. Sensibiliser les

populations à la protection du milieu naturel en général, et des nappes d'eau souterraine en particulier.

La sensibilisation des populations aux méfaits des nitrates sur la santé, et la vulgarisation des techniques de construction de systèmes sanitaire (latrines et fosses septiques) à moindre coût et faciles à entretenir.

Faire des études hydrogéologiques locales un des éléments essentiels des études d'impact, préalable à l'implantation de toute installation considérée comme source potentielle de contamination par le nitrate dont entre autres: dépotoirs de déchets, usine de traitement des effluents, pâturage, installation d'abattage d'animaux, dépôts d'engrais et d'explosifs à base de nitrate

6.2 Travaux futurs

La pollution des systèmes aquifères implique des processus physiques, chimiques et biologiques complexes. Le succès de tout dispositif de protection des nappes aquifères passe par la compréhension des mécanismes contrôlant l'interaction entre le milieu naturel et le contaminant, par conséquent la connaissance de l'un et de l'autre. Les résultats des présentes études interpellent d'autres travaux de recherche pour lesquels nous suggérons les axes ci-après:

Renforcer le réseau de surveillance des nappes aquifères phréatique et profonde par le contrôle régulier de la qualité des eaux souterraines. Les analyses chimiques seront

réalisés sur des échantillons prélevés à une fréquence optimale, ce qui permet de détecter l'avènement d'un contaminant à partir de sources potentielles ou connues.

Faire avancer les études géochimiques en direction de la nappe profonde (aquifère fissuré) en vue de la définition de son état par rapport aux nitrates omniprésents dans la nappe phréatique. Les informations obtenues permettront d'évaluer le pouvoir d'épuration naturelle de la nappe profonde et de mieux caractériser le processus de dénitrification.

Entreprendre des études sur les isotopes $^{15}\text{NNO}_3$ et $^{18}\text{ONNO}_3$ en vue de mieux cerner les sources et le cheminement de la contamination par les nitrates. Ces études permettront de proposer les remèdes appropriés pour la réhabilitation des eaux souterraines. En même temps, préciser l'âge des eaux souterraines en élargissant l'analyse de Tritium aux eaux météoriques.

Procéder à des études de données sanitaires en relation avec les effets des nitrates sur l'Homme, dans les localités dites contaminées par les nitrates. Ces informations intégrés aux conditions du milieu, aideront à définir les moyens de lutte appropriés.

REFERENCES

- Alpha, A. T., A.Z. Mariko, A. Bantou, O. Villeneuve, J.P., 1991. Hydrogéologie et contamination de la nappe phréatique alimentant la ville de Bamako (Mali). École Nationale d'Igénieurs, Bamako, Institut National de la Recherche Scientifique, Ste Foy,PQ.
- Ayoade, J.O. 1988. Tropical Hydrology and Water Ressources. Macmillan Publishers.
- Bajjali, William, T. February 1990. Isotopic and hydrochemical characteristics of precipitation in Jordan, M. Sc. thesis, University of Jordan.
- Barrère, J., 1959. La presqu'île de Kaloum et le massif du Kakoulima, Carte au 1: 50 000, Notes du service de géologie et de prospection minière, Dakar.
- Béavogui, M.,1990. Travaux de réalisation d'un forage d'eau pour M. G.C. à Nongo. Rapport de mission de forage, B.G.G.A.(Bureau Guinéen de Géologie Appliquée), D.N.G.(Direction Nationale de la Géologie)
- Bouféev & al.,1968. Notice explicative de la feuille Conakry - Forécariah. Office de Recherches Géologiques, D.N.M.G.(Direction Nationale des Mines et de la Géologie)
- B.R.G.M., 1987. Alimentation en eau potable de la ville de Conakry, Rapport d'évaluation.
- Brian C. & partners, 1981. Rapport concernant le forage et les essais des forages à Kakimbo et Bassia, Londres
- BURGEAP (Bureau de Géologie Appliquée), 1979. Recherche de zones aquifères exploitables dans la Presqu'île de Kaloum. Ministère de l'Industrie et de l'Énergie Alimentation en eau de Conakry. , R. 365 - E. 743.

- Canadian Council of Ressource and Environment Ministers. Nitrate and Nitrite, chapter in Canadian water quality guideline.
- Chagnon J. I. et Sylla A.K.C., 1991. Cartographie Géotechnique de la ville de Conakry et de la presqu'île de Kaloum, République de Guinée. Direction Nationale de la Géologie, Universiré Laval, Québec, PQ, Groupe de Recherche en Géologie de l'Ingénieur.
- Christiane G. Géologie. Éditions du Ministère de l'Éducation Nationale de la République de Guinée, Conakry.
- Committee on Nitrate accumulation, 1972., Accumulation of Nitrate., National Research Council, National Academy of Sciences, Washington, D.C.
- Daniel, E. O. Mc N., & David, K. T., 1976 Polluted Groundwater. A review of the significant litterature. Water Information Center, Inc., Huntington, New York.
- Delisle, C.E., Bouchard, M.A., 1994. Compte rendu du 17e symposium international sur le traitement des eaux usées. Montréal, Canada, Collection Environnement.
- Domenico, P. A. & Schwartz, F. W. 1990. Physical and Chemical Hydrogeology. Eds., John Wiley & Sons.
- Drever, J.I., 1988. The geochemistry of natural waters, Prentice Hall Publication, Englewood Cliffs, New Jersey, second edition.
- Étienne, R. & Bernard P. avec Ménager, M-Th., 1985. Méthodes de datation par les phénomènes nucléaires naturels, Applications, , série scientifique Masson.
- Feachem, R., Mc Garry, M., Mara, D., Water, 1988. Wastes and Health in Hot Climats. Eds., John Willey & Sons.

- Fetter, C. W. , Applied hydrogeology. University of Wisconsin - Oshkosh. Merrill Publishing Company. A Bell & Howell Information Company.
- Fontes, J.CH., Gonfiantini, R., et Roche M.A., 1970 Deutérium et oxygène-18 dans les eaux du lac Tchad, dans Isotope hydrology 1970, Proceeding of a symposium, Vienna, I.A.E.A.
- Fritz and J.Ch. Fontes, 1980. Handbook of environmental isotope geochemistry, Volume 1, The terrestrial Environment, Fritz, P. and J. Ch. Fontes, Eds., Elsevier (1980), Amsterdam.
- Gat, J.R., 1980. The isotopes of hydrogen and oxygen in precipitation. Chapter 1 in Handbook of Environmental Isotope Geochemistry, Volume 1, The Terrestrial Environment, A., Fritz, P. and J.Ch. Fontes, Eds., Elsevier, Amsterdam.
- Graham, R. P. & Cragg L. H., 1956. The essentials of chemistry. Eds., Clarke, Irwin & Company Limited, Toronto.
- Harry W., Gehm and B., J.I. Handbook of water ressources and pollution control. Eds., Van Nostrand Reinhold Company.
- Hydrogeology, 1989. Ground-water movement, and subsurface storage in the Floridan aquifer system in southern Florida. Regional aquifer-system analysis. U.S. Geological Survey Professional paper 1403-G.
- IAEA, 1970, Isotope Hydrology 1970. Proceedings of a symposium on use of isotopes in hydrology, International Atomic Energy Agency, Vienna.
- Jaroslav, B. 1977. Hydrogeologie and water ressources in tropical Africa. Elsvier Scientific Publishing Company.

- Jackson R.E., 1986. "Gestion de la qualité des eaux souterraines", chapitre 1 dans Pollution et protection des aquifères. Projet 8.3 du Programme Hydrologique International. UNESCO.
- James, F. B. , John A. C., & Robert W. G., 1984. "Field studies of contaminated groundwater", in Groundwater Contamination. Nation Academy Press, Washington, D.C.
- John, D. H., 1985. Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water. U.S Geological Survey Water - Supply Paper 2254.
- Kalervo & Sahama Th. S., 1949. " Nitrogen ", chapter in Geochemistry., University of Helsinki
- Langguth, H. R. List of terms of hydrogeology, geochemistry and thermal waters. International Association of Hydrogeologists, volume 3, 1984
- Payne, B. R. , 198. 3Guidebook on nuclear technics in hydrology. Technical reports series No. 91, International Atomic Energy Agency, Vienna.
- Robert, L. & Grammont, 1975. " Un regard sur le milieu physique ", dans L'écologie. Collection Grands Thèmes
- Sylla, M., 1982. Étude des eaux souterraines de la zone côtière comprise entre Boké et Boffa en vue de l'estimation des perspectives de leur utilisation pour l'économie nationale. Institut Gamal Abdel Nasser, thèse de mémoire de fin d'études supérieures.
- Sylla, M., 1990. Travaux de réalisation d'un forage d'eau pour la SOBRAGUI à Kaporo. Rapport de mission de forage, B.G.G.A., D.N.G.
- Sylla, M., 1991. Travaux de réalisation d'un forage d'eau pour la SOGETRAG à Matoto. Rapport de mission de forage, B.G.G.A., D.N.G.

Sylla, M.,1991. Travaux de réalisation d'un forage d'eau pour M. S.C. à Kipé. Rapport de mission de forage, B.G.G.A.,D.N.G.

Sylla, M.,1991. Travaux de réalisation d'un forage d'eau pour M. M.L.S. à Taouya. Rapport de mission de forage, B.G.G.A.,D.N.G.

Tobayiwa, C., Musiyambiri, M. Mazorodze, O., & Sapahla S., 1991. Levels of nitrate in drinking water in two rural districts of Zimbabwe. Zimbabwe science news, vol. 25, n.10/12.

Annexes

	Page
Annexe A Données sur la piézometrie en basse et hautes eaux, 1994	144
Annexe B Profondeur de l'eau dans les puits de controle	148
Annexe C Composition géochimique de eaux météoriques	152
Annexe D Composition géochimique des eaux de la nappe phréatique	154
Annexe E Variations hebdomadaires dans les puits - temoins	171
Annexe F Variations saisonnières de la géochimie de la nappe phréatique	175
Annexe G Composition chimique des eaux de la nappe profonde	185
Annexe H Observations Hebdomadaires des nitrates et C.O.D.	188

ANNEXE A Données sur la piézométrie en basses et hautes eaux, 1994

Code	Altitude(m)	Prof. eau Ét.94	Prof. eau Crue94	N. Piéz. Ét.94	N. Piéz. Crue94	Fluctuation
1	18	5,62	2	12,38	16	3,62
2	8	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
3	18	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
4	10	5,39	4,05	4,61	5,95	1,34
5	8	4,63	2,67	3,37	5,33	1,96
6	4	5,39	5,01	-1,39	-1,01	0,38
7	8	3,9	2,95	4,1	5,05	0,95
8	18	8,67	5,53	9,33	12,47	3,14
9	18	6,92	5,78	11,08	12,22	1,14
10	50	11,62	4,68	38,38	45,32	6,94
11	21	13,02	8,5	7,98	12,5	4,52
12	15	8,43	6,8	6,57	8,2	1,63
13	5	6,89	2,58	-1,89	2,42	4,31
14	10	6,63	4,16	3,37	5,84	2,47
15	8	8,79	8,07	-0,79	-0,07	0,72
16	15	6,81	2,86	8,19	12,14	3,95
17	9	1,38	0,29	7,62	8,71	1,09
17a	8	4,17	3,29	3,83	4,71	0,88
18	8	8,24	6,41	-0,24	1,59	1,83
18a	12,5	12,96	11,56	-0,46	0,94	1,4
18b	33	13,87	11,15	19,13	21,85	2,72
19	8,65	10,06	7,63	-1,41	1,02	2,43
19a	25,2	6,17	4,6	19,03	20,6	1,57
20	12	11,88	9,92	0,12	2,08	1,96
21	18	9,97	9,32	8,03	8,68	0,65
21a	n.m.	11,68	8,53	n.m.	n.m.	n.m.
22	35	6,1	3,39	28,9	31,61	2,71
23	18	7,27	5,05	10,73	12,95	2,22
24	24	9,07	5,59	14,93	18,41	3,48
25	2	1,12	n.m.	0,88	n.m.	n.m.
26	28	1,06	n.m.	26,94	n.m.	n.m.
27	2	1,15	n.m.	0,85	n.m.	n.m.
28	30	6,11	3,64	23,89	26,36	2,47
29	12	6,95	5,5	5,05	6,5	1,45
30	32	9,94	8,05	22,06	23,95	1,89
31	42	5,7	3,13	36,3	38,87	2,57
31a	81	14,73	6,69	66,27	74,31	8,04
32	85	13,28	7,98	71,72	77,02	5,3
32a	84	14,57	10,05	69,43	73,95	4,52
33	95	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
34	87	16,34	11,07	70,66	75,93	5,27
35	68	9,71	4,99	58,29	63,01	4,72
36	5	5,08	4,14	-0,08	0,66	0,94
37	32	0	0,12	32	31,88	-0,12
38	24	8,85	6,8	15,15	17,2	2,05
39	8	9,27	6,18	-1,27	1,82	3,09

Prof. = profondeur; Ét. = étiage; Fluctuation = différence crue et étiage; n.m. = non mesuré

Piézométrie (suite 1)

Code	Altitude(m)	Prof. eau Ét.94	Prof. eau Crue94	N. Piéz. Ét.94	N. Piéz. Crue94	Fluctuation
40	12	4,7	2,85	7,3	9,15	1,85
41	10	2,75	n.m.	7,25	n.m.	n.m.
42	11	7,55	6,7	3,45	4,3	0,85
43	8	6,78	5,46	1,22	2,54	1,32
44	12	6,5	4,47	5,5	7,53	2,03
45	8	6,16	4,38	1,84	3,62	1,78
46	64	13,87	8,95	50,13	55,05	4,92
46a	92	12,37	7,39	79,63	84,61	4,98
47	12	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
48	22	13,4	11,07	8,6	10,93	2,33
49	36	2,15	0,48	33,85	35,52	1,67
50	8	11,86	9,31	-3,86	-1,31	2,55
51	4	3,72	2,8	0,28	1,2	0,92
52	18	2,23	2,03	15,77	15,97	0,2
53	38	1,7	1,31	36,3	36,69	0,39
54	25	8,7	7,6	16,3	17,4	1,1
55	22	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
56	56	4,16	1,33	51,84	54,67	2,83
57	20	0,88	0,49	19,12	19,51	0,39
58	12	6,38	5,84	5,62	6,16	0,54
59	50	7,76	5,85	42,24	44,15	1,91
60	112	19,24	4,66	92,76	107,34	14,58
61	122	14,56	10,39	107,44	111,61	4,17
62	125	16,75	11,4	108,25	113,6	5,35
62a	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
63	10	5,49	1,3	4,51	8,7	4,19
64	34	2,95	2,21	31,05	31,79	0,74
65	50	6,08	3,88	43,92	46,12	2,2
66	100	16,57	10,95	83,43	89,05	5,62
67	100	16,5	12,6	83,5	87,4	3,9
68	38	12	8,08	26	29,92	3,92
69	38	9,04	1,66	28,96	36,34	7,38
70	10	5,53	4,11	4,47	5,89	1,42
71	45	7,52	5,45	37,48	39,55	2,07
71a	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
72	40	1,29	0,75	38,71	39,25	0,54
73	28	4,45	3,26	23,55	24,74	1,19
74	60	11,32	9,63	48,68	50,37	1,69
74a	58	9	6,75	49	51,25	2,25
75	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
76	30	4,45	3,7	25,55	26,3	0,75
77	30	5,46	1,04	24,54	28,96	4,42
78	50	2,78	0,56	47,22	49,44	2,22
79	83	13,2	8,37	69,8	74,63	4,83
80	34	4,85	2,96	29,15	31,04	1,89
81	8	8,89	7,95	-0,89	0,05	0,94
82	42	6,1	1,21	35,9	40,79	4,89

Prof. = profondeur; Ét. = étiage; Fluctuation = différence crue et étiage; n.m. = non mesuré

Piézométrie (suite 2)

Code	Altitude(m)	Prof. eau Ét.94	Prof. eau Crue94	N. Piéz.Ét.94	N.Piéz.Crue94	Fluctuation
83	28	4,96	1,74	23,04	26,26	3,22
84	75	10,7	9,51	64,3	65,49	1,19
85	78	14,12	12,6	63,88	65,4	1,52
86	50	14,88	13,52	35,12	36,48	1,36
87	36	9,7	9,53	26,3	26,47	0,17
88	38	7,88	5,7	30,12	32,3	2,18
89	39	10,5	8,48	28,5	30,52	2,02
90	40	6,94	5,27	33,06	34,73	1,67
91	40	3,4	1,29	36,6	38,71	2,11
92	55	4,46	0,86	50,54	54,14	3,6
93	40	13,34	11,73	26,66	28,27	1,61
94	30	3,39	1,87	26,61	28,13	1,52
95	36	2,8	1,25	33,2	34,75	1,55
96	5	3,48	2,75	1,52	2,25	0,73
97	15	6,47	1,29	8,53	13,71	5,18
97a	9	6,69	5,19	2,31	3,81	1,5
98	20	6,06	1,75	13,94	18,25	4,31
99	18	6,25	5,05	11,75	12,95	1,2
100	22	4,85	1,6	17,15	20,4	3,25
101	15	12,1	9,56	2,9	5,44	2,54
102	8	2,65	2,59	5,35	5,41	0,06
102a	10	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
102b	18	13,03	9,12	4,97	8,88	3,91
102c	24	9,82	7,7	14,18	16,3	2,12
102d	30	3,04	0,58	26,96	29,42	2,46
102e	44	8,55	0,51	35,45	43,49	8,04
102f	35	15,72	10,02	19,28	24,98	5,7
102g	38	13,59	9,18	24,41	28,82	4,41
102h	25	10,88	8,2	14,12	16,8	2,68
102i	15	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
103	8	7	5,89	1	2,11	1,11
104	13	7,22	4,82	5,78	8,18	2,4
105	18	9,8	7,82	8,2	10,18	1,98
106	10	7,6	6,54	2,4	3,46	1,06
107	11	6,9	6,15	4,1	4,85	0,75
108	12	9,44	7,32	2,56	4,68	2,12
109	13	11,15	9,46	1,85	3,54	1,69
110	13	8,73	7,72	4,27	5,28	1,01
111	8	8,94	8,18	-0,94	-0,18	0,76
112	15	7,26	4,2	7,74	10,8	3,06
113	11	6,99	5,55	4,01	5,45	1,44
114	4	4,9	3,27	-0,9	0,73	1,63
115	9	5,38	3,6	3,62	5,4	1,78
116	20	7,16	5,6	12,84	14,4	1,56
117	8	1,04	0,38	6,96	7,62	0,66
118	10	3,68	1,98	6,32	8,02	1,7
119	15	11,56	8,81	3,44	6,19	2,75

Prof. = profondeur. Ét. = étiage; Fluctuation = différence crue et étiage; n.m. = non mesuré

Piézométrie (suite 3)

Code	Altitude(m)	Prof. eau Ét.94	Prof. eau Crue94	N. Piéz. Ét.94	N. Piéz. Crue94	Fluctuation
120	12	7,15	5,24	4,85	6,76	1,91
121	54	12,88	10,28	41,12	43,72	2,6
122	70	15,29	12,07	54,71	57,93	3,22
123	92	17,03	10,06	74,97	81,94	6,97
124	104	20,15	12,68	83,85	91,32	7,47
125	92	18,68	12,32	73,32	79,68	6,36
126	78	21,4	10,5	56,6	67,5	10,9
127	84	22,53	15,77	61,47	68,23	6,76
128	88	16,65	13,36	71,35	74,64	3,29
129	102	20,39	13,74	81,61	88,26	6,65
130	98	20,13	14,19	77,87	83,81	5,94
131	70	9,35	0,25	60,65	69,75	9,1
132	39	11,78	3,12	27,22	35,88	8,66
133	45	9,22	4,25	35,78	40,75	4,97
134	82	14,85	10,65	67,15	71,35	4,2
134a	70	23,26	21,95	46,74	48,05	1,31
135	79	12,77	8,5	66,23	70,5	4,27
136	68	16,24	10,84	51,76	57,16	5,4
137	56	15,87	13,55	40,13	42,45	2,32
138	65	16,18	12,29	48,82	52,71	3,89
139	90	12,84	10,34	77,16	79,66	2,5
140	3	n.m.	1,89	n.m.	1,11	n.m
141	3	5,62	4,57	-2,62	-1,57	1,05
142	5	n.m.	5,33	n.m.	-0,33	n.m
143	5	5,27	4,47	-0,27	0,53	0,8
148	12	n.m.	0,64	n.m.	11,36	n.m
149	23	n.m.	6,37	n.m.	16,63	n.m
150	45	n.m.	9,02	n.m.	35,98	n.m
151	45	n.m.	11,79	n.m.	33,21	n.m
152	35	n.m.	7,41	n.m.	27,59	n.m

Prof. = profondeur; Ét. = étiage; Fluctuation = différence crue et étiage; n.m. = non mesuré

ANNEXE B PROFONDEUR DE L'EAU DANS LES PUIITS DE CONTRÔLE

P.E	Localité	Alt. (m)	Sep.92	Oct.92	Nov.92	Déc.92	Janv.93	Fév.93	Mar.93	Avr.93
P4	Dixinn port2	10	n.m.	4,63	5,39	5,58	5,3	5,4	5,48	5,47
P8	Kaporo	18	6,7	6,15	7,4	8,94	8,4	10,18	9,09	10,25
P14	Taouya	10	4,91	5,08	5,98	6,53	6,52	6,6	6,81	6,84
P23	Lambanyi	18	5,84	5,94	6,48	6,83	6,84	6,87	6,15	7,16
P28	Yataya	30	3,6	3,02	4,72	5,43	6,07	6,03	6,35	6,25
P32	Sonfonia Gare	85	8,76	9,53	10	11,46	12,03	12,26	13,17	13,56
P34	Enta Nord	87	11,5	13,9	14,75	16,06	16,11	16,08	16,81	16,94
P48	Dabompa	22	12	12,2	12,45	12,7	12,63	13,88	13,21	13,45
P58	Sangoya	12	6,42	6,14	6,93	7,03	6,6	6,61	6,52	6,71
P62	Wanindara	125	n.m.	12,17	12,93	14,5	15,5	16,12	16,22	16,55
P78	Yimbaya	50	0,9	0,56	1,5	2,54	2,72	5,47	3,91	2,66
P97	Gbessia port 2	15	1,42	0,84	5,22	6,6	6,97	7,41	8,07	7,81
P102f	Hafia minière	35	9,85	9,66	13,45	16,47	17,77	16,79	16,45	17,64
P104	Matam écol.	13	n.m.	6	7,28	7,71	7,32	7,5	8	9,12
P113	Coléah Domino	11	n.m.	6,22	6,75	6,98	7	7,1	7,19	7,12
P114	Cameroun	4	n.m.	3,84	4,53	4,74	4,73	4,73	4,78	4,91
P124	Koloma 2	104	13,24	15,72	17,64	18,54	19,01	19,59	19,76	19,93
P126	Simbaya Gare	78	12,85	17,19	19,65	20,56	25,25	21,14	21	21,17
P137	Nongo	56	14,54	14,82	16,05	15,47	15,52	16,01	15,8	15,96

P.E	Localité	Alt. (m)	Mai.93	Juin.93	Juil.93	Aout.93	Sept.93	Oct.93	Nov.93	Déc.93
P4	Dixinn port2	10	5,49	4,81	4,03	3,55	4,35	4,54	4,92	5,11
P8	Kaporo	18	8,73	5,5	5,05	5,23	6,45	6,13	7,7	8,13
P14	Taouya	10	8,33	4,92	3,85	3,6	4,16	4,66	5,68	6,11
P23	Lambanyi	18	7	5,38	3,94	4,14	5,63	5,88	6,6	6,89
P28	Yataya	30	5,94	3,94	2,66	3,07	3,99	4,07	4,81	5,3
P32	Sonfonia Gare	85	13,33	11,18	7,08	7,06	8,4	8,87	10,28	11,39
P34	Enta Nord	87	16,91	11,66	10,49	10,51	11,81	13,39	14,81	15,64
P48	Dabompa	22	13,6	12,93	9,87	8,85	11,84	12,05	12,36	12,51
P58	Sangoya	12	6,39	5,52	4,99	5,35	6,05	6,3	6,4	6,48
P62	Wanindara	125	16,5	11,4	10,94	10,98	11,61	11,57	12,82	14,18
P78	Yimbaya	50	3,96	0,72	0,55	0,56	0,62	0,82	3,62	3,42
P97	Gbessia port 2	15	4,95	1,64	1,11	1,15	2,89	1,77	5,53	6,63
P102f	Hafia minière	35	12,4	9,62	7,7	7,6	9,59	9,19	13,39	14,22
P104	Matam écol.	13	7,19	5,82	4	3,37	5,8	5,68	5,63	7
P113	Coléah Domino	11	7,04	6,43	5,72	4,88	5,79	6,1	6,66	6,8
P114	Cameroun	4	4,75	4,13	3,15	2,58	3,6	3,87	4,38	4,58
P124	Koloma 2	104	19,9	18,4	12,34	12,2	15,22	15,71	17,72	17,87
P126	Simbaya Gare	78	20,9	19,05	9,97	9,85	11,56	17	20,75	20,96
P137	Nongo	56	16,3	13,87	12,43	12,5	14,44	14,32	15,16	15,33

P.E= point d'eau
n.m.= non mesuré

PROFONDEUR DE L'EAU DANS LES PUITES DE CONTRÔLE(Suite)

P.E	Localité	Alt. (m)	Janv.94	Fév.94	Mar.94	Avr.94	Mai 94	Juin 94	Juil. 94	AOÛT.94
P4	Dixinn port2	10	5,06	5,14	5,1	5,2	5,17	4,65	3,42	3,62
P8	Kaporo	18	8,59	9,16	8,91	8,57	8,55	5,63	5,06	n.m.
P14	Taouya	10	6,23	6,1	6,15	6,44	6,16	4,67	3,67	n.m.
P23	Lambanyi	18	7,03	6,05	6,99	7,12	7,2	6,16	3,98	n.m.
P28	Yataya	30	5,53	5,95	6,54	6,08	6,45	4,25	2,59	n.m.
P32	Sonfonnia Gare	85	11,9	12,22	12,72	13,12	13,51	11,6	7,28	n.m.
P34	Enta Nord	87	16,14	15,92	16,11	16,46	16,42	13,62	10,56	n.m.
P48	Dabompa	22	12,7	13	13,44	13,45	13,65	13,25	9,95	n.m.
P58	Sangoya	12	6,28	6,45	6,41	6,4	6,23	5,7	5,4	5,69
P62	Wanindara	125	15,75	16,3	15,93	16,66	16,65	15	10,86	n.m.
P78	Yimbaya	50	2,92	3,84	3,87	3,84	0,91	0,43	0,5	0,5
P97	Gbessia port 2	15	7,5	7,63	8,12	6,47	3,67	0,94	1,17	1,39
P102f	Hafia minière	35	15	15,45	14,98	15,72	13,68	8,91	7,85	9,35
P104	Matam ecol.	13	7,17	7,26	7,35	7,22	7	6,2	3,25	3,73
P113	Coléah Domino	11	6,87	6,85	6,9	6,99	6,87	6,5	4,91	5,09
P114	Cameroun	4	4,61	4,63	4,64	4,7	4,62	4,02	2,7	3,06
P124	Koloma 2	104	18,87	19,34	19,92	20,2	20,24	17,03	12,07	n.m.
P126	Simbaya Gare	78	20,97	21,41	21,42	21,1	21,22	19,73	9,69	n.m.
P137	Nongo	56	15,51	15,74	15,8	15,91	15,92	14,61	12,25	n.m.

P.E	Localité	Alt. (m)	Sept.94	Oct. 94	Nov. 94	Déc.94
P4	Dixinn port2	10	3,89	4,74	3,62	4,94
P8	Kaporo	18	5,53	6,38	6,49	7,35
P14	Taouya	10	4,1	4,65	5,26	6,00
P23	Lambanyi	18	5,05	5,72	6,2	6,58
P28	Yataya	30	2,97	4,12	n.m.	5,38
P32	Sonfonnia Gare	85	8,02	8,78	4,9	11,12
P34	Enta Nord	87	10,94	13,1	9,57	15,83
P48	Dabompa	22	11,2	12,22	14,82	12,43
P58	Sangoya	12	5,84	6,66	6,92	6,35
P62	Wanindara	125	11,4	11,77	12,25	13,38
P78	Yimbaya	50	0,56	0,79	1,49	3,88
P97	Gbessia port 2	15	1,29	1,97	5,45	6,48
P102f	Hafia minière	35	10,62	12,44	15,16	18,74
P104	Matam ecol.	13	4,82	5,81	6,37	7,08
P113	Coléah Domino	11	5,55	6,25	6,51	6,82
P114	Cameroun	4	3,27	4,05	4,28	4,56
P124	Koloma 2	104	12,68	15,37	16,02	18,2
P126	Simbaya Gare	78	10,6	11,48	16,78	17,50
P137	Nongo	56	13,88	14,5	14,99	15,28

P.E= point d'eau

n.m.= non mesuré

ANNEXE		NIVEAUX PIÉZOMÉTRIQUES DANS LES PUITES DE CONTRÔLE								
P.E	Localité	Alt. (m)	Sep.92	Oct.92	Nov.92	Déc.92	Janv.93	Fév.93	Mar.93	Avr.93
P4	Dixinn port2	10	n.m.	5,37	4,61	4,42	4,7	4,6	4,52	4,53
P8	Kaporo	18	11,3	11,85	10,6	9,06	9,6	7,82	8,91	7,75
P14	Taouya	10	12,16	12,06	11,52	11,17	11,16	11,13	11,85	10,84
P23	Lambanyi	18	26,4	26,98	25,28	24,57	23,93	23,97	23,65	23,75
P28	Yataya	30	76,24	75,47	75	73,54	72,97	72,74	71,83	71,44
P32	Sonfonnia Gare	85	75,5	73,1	72,25	70,94	70,89	70,92	70,19	70,06
P34	Enta Nord	87	10	9,8	9,55	9,3	9,37	8,12	8,79	8,55
P48	Dabompa	22	5,58	5,86	5,07	4,97	5,4	5,39	5,48	5,29
P58	Sangoya	12	125	112,83	112,07	110,5	109,5	108,88	108,78	108,45
P62	Wanindara	125	49,1	49,44	48,5	47,46	47,28	44,53	46,09	47,34
P78	Yimbaya	50	13,58	14,16	9,78	8,4	8,03	7,59	6,93	7,19
P97	Gbessia port 2	15	25,15	25,34	21,55	18,53	17,23	18,21	18,55	17,36
P102	Hafia minière	35	13	7	5,72	5,29	5,68	5,5	5	3,88
P104	Matam ecol.	13	n.m.	4,78	4,25	4,02	4	3,9	3,81	3,88
P113	Coléah Domino	11	n.m.	0,16	-0,53	-0,74	-0,73	-0,73	-0,78	-0,91
P114	Cameroun	4	90,76	88,28	86,36	85,46	84,99	84,41	84,24	84,07
P124	Koloma 2	104	65,15	60,81	58,35	57,44	52,75	56,86	57	56,83
P126	Simbaya Gare	78	41,46	41,18	39,95	40,53	40,48	39,99	40,2	40,04
P137	Nongo	56	5,09	4,92	4,02	3,47	3,48	3,4	3,19	3,16

P.E	Localité	Alt. (m)	Mai.93	Juin.93	Juil.93	Août.93	Sept.93	Oct.93	Nov.93	Déc.93
P4	Dixinn port2	10	4,51	5,19	5,97	6,45	5,65	5,46	5,08	4,89
P8	Kaporo	18	9,27	12,5	12,95	12,77	11,55	11,87	10,3	9,87
P14	Taouya	10	11	12,62	14,06	13,86	12,37	12,12	11,4	11,11
P23	Lambanyi	18	24,06	26,06	27,34	26,93	26,01	25,93	25,19	24,7
P28	Yataya	30	71,67	73,82	77,92	77,94	76,6	76,13	74,72	73,61
P32	Sonfonnia Gare	85	70,09	75,34	76,51	76,49	75,19	73,61	72,19	71,36
P34	Enta Nord	87	8,4	9,07	12,13	13,15	10,16	9,95	9,64	9,49
P48	Dabompa	22	5,61	6,48	7,01	6,65	5,95	5,7	5,6	5,52
P58	Sangoya	12	108,5	113,6	114,06	114,02	113,39	113,43	112,18	110,82
P62	Wanindara	125	46,04	49,28	49,45	49,44	49,38	49,18	46,38	46,58
P78	Yimbaya	50	10,05	13,36	13,89	13,85	12,11	13,23	9,47	8,37
P97	Gbessia port 2	15	22,6	25,38	27,3	27,4	25,41	25,81	21,61	20,78
P102	Hafia minière	35	5,81	7,18	9	9,63	7,2	7,32	7,37	6
P104	Matam ecol.	13	3,96	4,57	5,28	6,12	5,21	4,9	4,34	4,2
P113	Coléah Domino	11	-0,75	-0,13	0,85	1,42	0,4	0,13	-0,38	-0,58
P114	Cameroun	4	84,1	85,6	91,66	91,8	88,78	88,29	86,28	86,13
P124	Koloma 2	104	57,1	58,95	68,03	68,15	66,44	61	57,25	57,04
P126	Simbaya Gare	78	39,7	42,13	43,57	43,5	41,56	41,68	40,84	40,67
P137	Nongo	56	1,67	5,08	6,15	6,4	5,84	5,34	4,32	3,89

P.E= point d'eau

n.m.= non mesuré

NIVEAUX PIÉZOMÉTRIQUES DANS LES PUITS DE CONTRÔLE (Suite)

P.E	Localité	Alt. (m)	Janv.94	Fév.94	Mars.94	Avr.94	Mai.94	Juin.94	Juil.94
P4	Dixinn port2	10	4,94	4,86	4,9	4,8	4,83	5,35	6,58
P8	Kaporo	18	9,41	8,84	9,09	9,43	9,45	12,37	12,94
P23	Taouya	10	10,97	11,95	11,01	10,88	10,8	11,84	14,02
P28	Lambanyi	18	24,47	24,05	23,46	23,92	23,55	25,75	27,41
P32	Yataya	30	73,1	72,78	72,28	71,88	71,49	73,4	77,72
P34	Sonfonnia Gare	85	70,86	71,08	70,89	70,54	70,58	73,38	76,44
P48	Enta Nord	87	9,3	9	8,56	8,55	8,35	8,75	12,05
P58	Dabompa	22	5,72	5,55	5,59	5,6	5,77	6,3	6,6
P62	Sangoya	12	109,25	108,7	109,07	108,34	108,35	110	114,14
P78	Wanindara	125	47,08	46,16	46,13	46,16	49,09	49,57	49,5
P97	Yimbaya	50	7,5	7,37	6,88	8,53	11,33	14,06	13,83
P102	Gbessia port 2	15	20	19,55	10,02	19,28	21,32	26,09	27,15
P104	Hafia minière	35	5,83	5,74	5,65	5,78	6	6,8	9,75
P113	Matam ecol.	13	4,13	4,15	4,1	4,01	4,13	4,5	6,09
P114	Coléah Domino	11	-0,61	-0,63	-0,64	-0,7	-0,62	-0,02	1,3
P124	Cameroun	4	85,13	84,66	84,08	83,8	83,76	86,97	91,93
P126	Koloma 2	104	57,03	56,59	56,58	56,9	56,78	58,27	68,31
P137	Simbaya Gare	78	40,49	40,26	40,2	40,09	40,08	41,39	43,75
P14	Nongo	56	3,77	3,9	3,85	3,56	3,84	5,33	6,33

P.E	Localité	Alt. (m)	Août.94	Sept.94	Oct.94	Nov.94	Déc.94
P4	Dixinn port2	10	6,38	6,11	5,26	6,38	5,06
P8	Kaporo	18	n.m.	12,47	11,62	11,51	10,65
P23	Taouya	10	n.m.	12,95	12,28	11,8	11,42
P28	Lambanyi	18	n.m.	27,03	25,88	30	24,62
P32	Yataya	30	n.m.	76,98	76,22	80,1	73,88
P34	Sonfonnia Gare	85	n.m.	76,06	73,9	77,43	71,17
P48	Enta Nord	87	n.m.	10,8	9,78	7,18	9,57
P58	Dabompa	22	6,31	6,16	5,34	5,08	5,65
P62	Sangoya	12	n.m.	113,6	113,23	112,75	111,62
P78	Wanindara	125	49,5	49,44	49,21	48,51	46,12
P97	Yimbaya	50	13,61	13,71	13,03	9,55	8,52
P102	Gbessia port 2	15	25,65	24,38	22,56	19,84	16,26
P104	Hafia minière	35	9,27	8,18	7,19	6,63	5,92
P113	Matam ecol.	13	5,91	5,45	4,75	4,49	4,18
P114	Coléah Domino	11	0,94	0,73	-0,05	-0,28	-0,56
P124	Cameroun	4	n.m.	91,32	88,63	87,98	85,8
P126	Koloma 2	104	n.m.	67,4	66,52	61,22	60,5
P137	Simbaya Gare	78	n.m.	42,12	41,5	41,01	40,72
P14	Nongo	56	n.m.	5,9	5,35	4,74	4

P.E= point d'eau
n.m.= non mesuré

ANNEXE C Composition géochimique de eaux météoriques
Composition cationique des eaux de pluie de Conakry (en mg/l)

Station	Date	pH	Ca	Na	K	Mg	Fe	Al
Aéroport	30/06/92	6,85	0,17	0,23	0,2	0,03	<0.01	0,17
Aéroport	31/07/92	6,81	0,19	1,27	0,5	0,08	0,03	0,18
Aéroport	31/08/92	6,85	0,07	0,30	0,2	0,03	<0.01	0,18
Aéroport	30/05/93	n.m.	2,39	3,38	1,1	0,09	0,08	<0.02
Aéroport	30/06/94	6,72	0,32	0,36	0,3	0,06	0,02	0,16
Aéroport	31/07/94	6,53	0,04	0,15	0,2	0,02	<0.01	0,14
Cerescor	30/06/92	6,55	0,31	0,43	0,2	0,08	<0.01	0,04
Cerescor	31/07/92	6,50	0,10	0,55	0,2	0,09	<0.01	0,17
Cerescor	31/10/92	6,80	0,97	0,70	0,3	0,19	<0.01	<0.02
Cerescor	30/05/93	n.m.	0,42	0,42	0,3	0,06	<0.01	0,18
Cerescor	15/07/93	7,00	0,34	0,60	0,0	0,16	<0.01	<0.02
Cerescor	31/10/93	6,42	0,417	0,42	0,34	0,063	<0.008	0,18
Cerescor	30/06/94	6,29	0,10	0,51	0,2	0,08	<0.01	0,19
Cerescor	15/07/94	6,40	0,25	0,83	0,3	0,11	<0.01	<0.02
Cerescor	31/08/94	6,40	2,84	0,55	0,3	0,23	<0.01	0,18
Port	30/06/92	6,45	0,64	1,92	0,1	0,28	0,01	<0.02
Port	30/06/92	6,45	0,62	1,81	0,2	0,25	<0.01	0,19
Port	31/07/92	6,16	0,50	0,45	0,2	0,06	<0.01	0,19
Port	31/08/92	5,80	0,50	0,89	0,8	0,16	<0.01	0,20
Port	19/10/92	5,40	2,48	0,95	0,3	0,27	<0.01	<0.02
Port	30/05/93	6,55	0,55	0,32	0,2	0,06	<0.01	0,19
Port	15/06/93	6,70	1,65	2,04	0,1	0,34	<0.01	<0.02
Port	16/07/93	6,40	0,40	0,32	<0.1	0,07	<0.01	<0.02
Port	15/08/93	6,00	0,09	0,39	0,6	0,02	<0.01	<0.02
Port	30/06/94	6,37	0,32	0,50	0,2	0,09	<0.01	0,17
Port	31/07/94	6,54	0,31	0,39	0,2	0,06	<0.01	0,19
Sonfonia	30/06/92	6,40	1,59	0,31	0,2	0,04	<0.01	0,03
Sonfonia	31/07/92	6,64	0,26	0,05	0,2	0,01	<0.01	0,18
Sonfonia	31/08/92	6,70	0,19	0,05	0,2	0,00	<0.01	0,17
Sonfonia	15/06/93	7,00	6,75	3,08	1,5	0,57	0,01	<0.02
Sonfonia	15/07/93	6,80	1,08	1,11	0,8	0,10	<0.01	<0.02
Sonfonia	31/10/93	6,33	3,878	0,20	0,26	0,115	<0.008	0,19
Sonfonia	30/06/94	6,39	1,71	0,49	0,3	0,06	<0.01	0,17
Sonfonia	31/07/94	6,40	0,33	0,23	0,2	0,04	<0.01	0,16
Sonfonia	31/08/94	6,37	0,46	0,59	0,3	0,08	<0.01	0,18

Composition anionique des eaux de pluie de Conakry (en mg/l)

Station	Date	pH	Cl	SO4	NO3	NO2	F	Br	HPO4
Aéroport	30/06/92	6,85	0,7	1,0	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.5
Aéroport	31/08/92	6,85	1,08	2,0	<0.12	<0.12	<0.05	<0.09	<0.3
Aéroport	31/07/93	n.m.	1,45	6,5	<0.12	<0.12	<0.05	<0.09	<0.3
Aéroport	31/07/94	6,53	1,06	1,0	<0.12	<0.12	<0.05	<0.09	<0.3
Aéroport	31/08/94	n.m.	1,42	1,0	0,3	<0.12	<0.05	<0.09	<0.3
Cerescor	30/06/92	6,55	3,50	2,2	<0.12	<0.12	<0.05	<0.09	<0.3
Cerescor	31/07/92	6,50	2,78	2,0	<0.12	<0.12	<0.05	<0.09	<0.3
Cerescor	31/10/92	6,80	1,76	2,05	<0.1	<0.1	<0.03	<0.06	<0.3
Cerescor	15/06/93	n.m.	1,59	1,75	0,10	<0.1	<0.03	<0.06	<0.3
Cerescor	31/10/93	6,42	1,35	1,0	0,9	<0.12	<0.05	<0.09	<0.3
Cerescor	30/06/94	6,29	1,65	1,1	0,6	<0.12	<0.05	<0.09	<0.3
Cerescor	15/07/94	6,40	3,42	3,48	<0.1	<0.1	<0.03	<0.06	<0.3
Cerescor	31/08/94	6,40	2,08	2,3	0,5	<0.12	<0.05	<0.09	<0.3
Port	30/06/92	6,45	1,03	1,2	<0.12	<0.12	<0.05	<0.09	<0.3
Port	31/07/92	6,16	1,50	6,4	<0.12	<0.12	<0.05	<0.09	<0.3
Port	31/08/92	5,80	1,11	1,3	<0.12	<0.12	<0.05	<0.09	<0.3
Port	19/10/92	5,40	2,30	4,92	0,52	<0.1	<0.03	<0.06	<0.3
Port	30/05/93	6,55	2,73	3,7	1,2	<0.12	<0.05	<0.09	<0.3
Port	15/06/93	6,70	3,61	3,11	1,61	<0.1	<0.03	<0.06	<0.3
Port	16/07/93	6,40	1,17	1,91	<0.1	<0.1	<0.03	<0.06	<0.3
Port	15/08/93	6,00	1,33	<0.3	<0.1	<0.1	<0.03	<0.06	<0.3
Port	01/06/94	6,37	1,66	1,5	0,2	<0.12	<0.05	<0.09	<0.3
Port	31/07/94	6,54	1,40	1,4	0,3	<0.12	<0.05	<0.09	<0.3
Sonfonia	30/06/92	6,40	1,30	1,3	0,2	<0.12	<0.05	<0.09	<0.3
Sonfonia	31/07/92	6,64	1,63	1,4	0,4	<0.12	<0.05	<0.09	<0.3
Sonfonia	31/08/92	6,70	0,70	0,9	<0.12	<0.12	<0.05	<0.09	<0.3
Sonfonia	15/06/93	7,00	1,86	1,23	1,09	<0.1	<0.03	<0.06	<0.3
Sonfonia	15/07/93	6,80	2,14	2,10	0,48	<0.1	<0.03	<0.06	<0.3
Sonfonia	31/10/93	6,33	1,35	1,0	0,9	<0.12	<0.05	<0.09	<0.3
Sonfonia	30/06/94	6,39	1,2	1	0,5	<0.5	<0.1	<0.1	<0.5
Sonfonia	31/07/94	6,40	1,20	0,9	0,5	<0.12	<0.05	<0.09	<0.3
Sonfonia	31/08/94	6,37	1,63	1,2	<0.12	<0.12	0,08	<0.09	<0.3

ANNEXE D Composition cationique des eaux de la nappe phréatique

Code puits	Date	COND.	pH	Ca (mg/l)	Ca (méq/l)	Mg (mg/l)	Mg (méq/l)	Na (mg/l)	Na (méq/l)	K (mg/l)	K (méq/l)
4	18/04/92	489	n.m.	14,89	0,74	6,24	0,52	11,17	1,02	7,36	0,39
4	31/11/93	n.m.	n.m.	20,16	1,01	5,84	0,49	38,26	3,48	14,11	0,74
4	28/02/94	n.m.	n.m.	18,58	0,93	5,45	0,45	31,26	2,84	11,12	0,59
4	30/04/94	n.m.	n.m.	17,43	0,87	5,58	0,47	30,66	2,79	10,07	0,53
6	06/05/92	280	5,55	14,19	0,71	3,62	0,30	20,90	1,90	4,26	0,22
6	14/05/92	181	4,53	16,55	0,83	3,27	0,27	15,61	1,42	5,73	0,30
8	30/04/93	n.m.	n.m.	5,68	0,28	1,03	0,09	4,28	0,39	1,33	0,07
8	31/08/93	n.m.	n.m.	6,71	0,34	1,30	0,11	4,63	0,42	1,76	0,09
9	07/05/92	82	6,65	2,37	0,12	4,79	0,40	4,36	0,40	0,80	0,04
9	15/09/92	109	5,29	7,85	0,39	2,05	0,17	6,39	0,58	2,17	0,11
9	15/04/93	n.m.	n.m.	5,25	0,26	1,75	0,15	3,64	0,33	1,75	0,09
11	08/05/92	344	6,02	21,61	1,08	2,01	0,17	25,05	2,28	15,22	0,80
11	16/09/92	344	5,06	28,29	1,41	2,20	0,18	31,16	2,83	17,11	0,90
12	08/05/92	480	6,84	23,06	1,15	8,59	0,72	17,63	1,60	41,52	2,19
12	14/09/92	477	4,90	27,48	1,37	2,54	0,21	21,12	1,92	36,31	1,91
13	28/05/93	n.m.	n.m.	3,32	0,17	6,25	0,52	10,19	0,93	3,14	0,17
14	15/05/92	133	4,70	2,84	0,14	6,13	0,51	5,55	0,50	3,18	0,17
14	15/09/92	161	4,36	3,37	0,17	4,28	0,36	12,92	1,17	2,91	0,15
15	28/05/93	295	5,62	20,16	1,01	7,04	0,59	18,29	1,66	13,14	0,69
18	18/05/92	150	5,91	2,40	0,12	9,11	0,76	9,15	0,83	1,95	0,10
18	15/09/92	n.m.	n.m.	2,52	0,13	9,07	0,76	9,04	0,82	1,91	0,10
19	28/05/93	19	4,47	0,50	0,03	0,40	0,03	0,41	0,04	0,46	0,02
22	19/05/92	49	5,43	1,24	0,06	2,85	0,24	1,35	0,12	0,45	0,02
22	15/09/92	35	4,70	1,15	0,06	0,36	0,03	1,82	0,17	1,26	0,07
23	30/04/93	n.m.	n.m.	1,14	0,06	5,67	0,47	0,90	0,08	0,22	0,01
23	31/08/93	n.m.	n.m.	0,60	0,03	0,61	0,05	1,25	0,11	0,69	0,04
24	19/05/92	25	5,42	3,79	0,19	0,41	0,03	1,91	0,17	0,98	0,05
24	17/09/92	21	3,86	1,00	0,05	0,15	0,01	1,66	0,15	0,29	0,02
26	15/09/92	20	5,61	0,40	0,02	0,54	0,04	0,74	0,07	0,16	0,01
28	30/04/93	n.m.	n.m.	0,81	0,04	0,72	0,06	1,53	0,14	0,33	0,02
28	30/07/93	n.m.	n.m.	9,00	0,45	1,03	0,09	3,18	0,29	0,99	0,05
28	30/04/94	n.m.	n.m.	1,35	0,07	0,93	0,08	1,41	0,13	0,46	0,02
28	31/11/93	n.m.	n.m.	1,88	0,09	0,62	0,05	1,57	0,14	0,48	0,03
29	21/05/92	38	5,52	1,15	0,06	0,15	0,01	2,82	0,26	0,44	0,02
29	15/09/92	632	n.m.	1,90	0,10	0,26	0,02	4,32	0,39	0,25	0,01
32	21/05/92	43	5,39	3,45	0,17	0,35	0,03	1,77	0,16	0,82	0,04
32	08/09/92	46	4,44	4,11	0,21	0,51	0,04	1,32	0,12	1,40	0,07
32	30/04/93	n.m.	n.m.	3,97	0,20	0,50	0,04	2,44	0,22	0,89	0,05
32	31/08/93	n.m.	n.m.	4,15	0,21	0,53	0,04	3,60	0,33	1,62	0,09

Code puits	Date	COND	pH	Composition cationique des eaux de la nappe phréatique (suite 1)										B (mg/l)	B (mg/l)	B (mg/l)
				Fe (mg/l)	Fe (mg/l)	Mn (mg/l)	Mn (mg/l)	Al (mg/l)	Al (mg/l)	Mn (mg/l)	Al (mg/l)	Al (mg/l)	Al (mg/l)			
34	27/02/93	n.m.	n.m.	1,49	0,07	2,13	0,18	1,29	0,12	0,71	0,04	0,00	0,01	0,00	0,00	0,04
4	18/04/92	489	n.m.	<.005	0,000	0,011	0,000	0,04	0,00	0,012	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
4	31/11/93	n.m.	n.m.	0,01	0,000	0,095	0,004	0,18	0,01	<.001	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
4	28/02/94	n.m.	n.m.	0,02	0,001	0,087	0,003	0,17	0,01	<.001	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
4	30/04/94	n.m.	n.m.	<.001	0,000	0,076	0,003	0,19	0,01	<.001	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
6	06/05/92	280	5,55	0,030	0,001	0,028	0,001	0,04	0,00	<.001	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	14/05/92	181	4,53	0,128	0,005	0,064	0,003	0,20	0,02	0,013	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00
8	30/04/93	n.m.	n.m.	<.001	0,000	<.0002	0,000	<.002	0,00	<.001	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	31/08/93	n.m.	n.m.	<.001	0,000	0,002	0,000	<.002	0,00	<.001	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	07/05/92	82	6,65	0,008	0,000	<.005	0,000	0,05	0,00	<.001	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	15/09/92	109	5,29	<.005	0,000	<.005	0,000	<.001	0,00	<.001	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	15/04/93	n.m.	n.m.	<.001	0,000	<.0002	0,000	<.002	0,00	<.001	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	08/05/92	344	6,02	<.005	0,000	0,113	0,005	0,02	0,00	<.001	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	16/09/92	344	5,06	<.005	0,000	0,009	0,000	<.001	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12	08/05/92	480	6,84	<.005	0,000	0,440	0,018	0,05	0,00	0,011	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12	14/09/92	477	4,90	<.005	0,000	0,018	0,001	0,02	0,00	<.001	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13	28/05/93	n.m.	n.m.	<.001	0,000	0,019	0,001	<.002	0,00	<.001	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14	15/05/92	133	4,70	<.005	0,000	0,028	0,001	0,04	0,00	0,007	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14	15/09/92	161	4,36	<.005	0,000	0,015	0,001	0,04	0,00	<.001	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15	28/05/93	295	5,62	<.005	0,000	0,094	0,004	0,04	0,00	0,011	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18	18/05/92	150	5,91	<.005	0,000	<.005	0,000	0,11	0,01	<.001	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
18	15/09/92	n.m.	n.m.	<.005	0,000	<.005	0,000	0,10	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
19	28/05/93	19	4,47	<.005	0,000	<.002	0,000	0,02	0,00	<.005	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22	19/05/92	49	5,43	<.005	0,000	0,020	0,001	0,03	0,00	<.001	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
22	15/09/92	35	4,70	<.005	0,000	0,006	0,000	<.001	0,00	0,005	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23	30/04/93	n.m.	n.m.	<.001	0,000	<.0002	0,000	0,02	0,00	<.001	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23	31/08/93	n.m.	n.m.	<.001	0,000	0,002	0,000	<.002	0,00	<.001	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
24	19/05/92	25	5,42	<.005	0,000	<.005	0,000	<.001	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
24	17/09/92	21	3,86	<.005	0,000	0,016	0,001	<.001	0,00	<.001	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
26	15/09/92	20	5,61	<.005	0,000	0,011	0,000	<.001	0,00	<.001	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
28	30/04/93	n.m.	n.m.	<.001	0,000	<.0002	0,000	<.002	0,00	<.001	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
28	30/07/93	n.m.	n.m.	<.001	0,000	0,002	0,000	<.002	0,00	<.001	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
28	30/04/94	n.m.	n.m.	<.001	0,000	<.0002	0,000	0,17	0,01	<.001	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
28	31/11/93	n.m.	n.m.	<.001	0,000	<.0002	0,000	0,19	0,01	<.001	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
29	21/05/92	38	5,52	0,009	0,000	0,005	0,000	<.001	0,00	<.001	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
29	15/09/92	632	n.m.	<.005	0,000	0,007	0,000	<.001	0,00	<.001	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
32	21/05/92	43	5,39	<.005	0,000	0,008	0,000	<.001	0,00	<.001	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
32	08/09/92	46	4,44	<.005	0,000	<.005	0,000	0,01	0,00	<.001	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
32	30/04/93	n.m.	n.m.	<.001	0,000	<.0002	0,000	<.002	0,00	<.001	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Composition cationique des eaux de la nappe phréatique (suite 2)

Code puits	Date	COND.	pH	Ca (mg/l)	Ca (méq/l)	Mg (mg/l)	Mg (méq/l)	Na (mg/l)	Na (méq/l)	K (mg/l)	K (méq/l)
32	31/08/93	n.m.	n.m.	<0,01	0,000	0,004	0,000	<0,02	0,00	<0,01	0,00
34	27/02/93	n.m.	n.m.	<0,01	0,000	0,009	0,000	<0,02	0,00	<0,01	0,00
34	31/08/93	69	5,54	3,31	0,17	0,28	0,02	3,95	0,36	1,8	0,1
36	21/05/92	296	4,58	2,72	0,14	1,73	0,14	4,22	0,38	0,4	0,0
36	23/09/92	77	4,58	1,50	0,08	1,21	0,10	55,82	5,07	0,8	0,0
37	07/09/92	178	5,85	5,09	0,25	1,20	0,10	0,83	0,08	0,2	0,0
46	23/05/92	21	4,64	21,78	1,09	1,01	0,08	1,98	0,18	1,3	0,1
46	26/09/92	216	5,78	0,58	0,03	0,22	0,02	0,66	0,06	0,3	0,0
47	07/09/92	n.m.	n.m.	5,71	0,29	10,45	0,87	1,87	0,17	1,0	0,1
48	08/04/93	n.m.	n.m.	1,53	0,08	4,82	0,40	1,05	0,10	0,1	0,0
48	31/08/93	n.m.	n.m.	4,20	0,21	1,20	0,10	4,63	0,42	1,5	0,1
48	30/04/94	n.m.	n.m.	3,19	0,16	5,04	0,42	2,05	0,19	0,7	0,0
48	31/11/93	160	5,63	1,71	0,09	3,14	0,26	1,65	0,15	0,6	0,0
49	10/06/92	90	5,55	4,32	0,22	1,86	0,15	12,28	1,12	2,3	0,1
49	07/09/92	n.m.	n.m.	6,33	0,32	1,32	0,11	5,57	0,51	2,5	0,1
58	30/07/93	171	5,13	14,37	0,72	1,27	0,11	8,47	0,77	3,3	0,2
59	28/05/92	62	4,35	7,28	0,36	1,35	0,11	7,19	0,65	4,3	0,2
59	08/09/92	n.m.	n.m.	3,25	0,16	0,61	0,05	2,74	0,25	1,3	0,1
62	30/07/93	n.m.	n.m.	1,57	0,08	0,45	0,04	2,07	0,19	2,2	0,1
62	30/04/94	n.m.	n.m.	6,27	0,31	1,42	0,12	1,80	0,16	0,6	0,0
62	31/11/93	38	4,66	2,55	0,13	0,56	0,05	2,25	0,20	1,2	0,1
66	28/05/92	93	5,36	7,83	0,39	1,70	0,14	11,14	1,01	4,1	0,2
68	01/06/92	61	5,06	3,82	0,19	1,25	0,10	4,14	0,38	1,6	0,1
68	10/09/92	219	6,18	3,69	0,18	0,73	0,06	3,04	0,28	1,4	0,1
75	01/06/92	216	6,17	13,49	0,67	2,13	0,18	17,41	1,58	6,4	0,3
75	10/09/92	222	6,00	23,41	1,17	1,17	0,10	6,62	0,60	4,6	0,2
77	01/06/92	212	6,40	16,86	0,84	1,37	0,11	12,53	1,14	4,4	0,2
77	11/09/92	308	5,25	28,51	1,43	1,53	0,13	5,62	0,51	3,6	0,2
88	03/06/92	136	5,65	10,79	0,54	2,40	0,20	36,48	3,32	6,0	0,3
88	03/09/92	175	6,28	1,60	0,08	0,27	0,02	0,74	0,07	0,3	0,0
92	03/06/92	68	6,62	8,55	0,43	1,28	0,11	17,54	1,59	6,4	0,3
97	05/06/92	38	5,88	2,81	0,14	4,11	0,34	2,50	0,23	0,6	0,0
97	14/09/92	377	5,23	4,49	0,22	0,28	0,02	0,88	0,08	0,2	0,0
97	30/04/93	n.m.	n.m.	2,42	0,12	6,05	0,50	2,05	0,19	0,6	0,0
97	01/09/93	475	5,27	9,07	0,45	0,56	0,05	3,23	0,29	1,5	0,1
101	09/06/92	n.m.	n.m.	26,05	1,30	6,91	0,58	11,66	1,06	11,4	0,6
101	14/09/92	n.m.	n.m.	32,30	1,61	3,73	0,31	24,10	2,19	13,7	0,7
102	14/09/92	n.m.	n.m.	28,36	1,42	1,88	0,16	32,39	2,94	18,3	1,0
102f	30/04/93	n.m.	n.m.	26,31	1,32	0,46	0,04	39,29	3,57	26,0	1,4

Composition cationique des eaux de la nappe phréatique (suite 3)											
Code puits	Date	COND.	pH	Fe (mg/l)	Fe (méq/l)	Mn (mg/l)	Mn (méq/l)	Al (mg/l)	Al (méq/l)	B	B (méq/l)
102f	01/09/93	n.m.	n.m.	40,98	2,05	2,37	0,20	54,35	4,94	25,7	1,4
104	30/04/93	n.m.	n.m.	25,71	1,29	6,15	0,51	13,87	1,26	6,4	0,3
104	01/09/93	n.m.	n.m.	31,56	1,58	3,63	0,30	18,92	1,72	9,0	0,5
34	31/08/93	69	5,54	<0,01	0,00	<0,002	0,00	<0,02	0,00	<0,01	0,00
36	21/05/92	296	4,58	<0,05	0,00	0,049	0,00	0,03	0,00	<0,01	0,00
36	23/09/92	77	4,58	<0,05	0,00	0,019	0,00	0,01	0,00	<0,01	0,00
37	07/09/92	178	5,85	<0,05	0,00	0,007	0,00	<0,01	0,00	0,007	0,00
46	23/05/92	21	4,64	<0,05	0,00	0,783	0,03	0,01	0,00	<0,01	0,00
46	26/09/92	216	5,78	<0,05	0,00	<0,05	0,00	<0,01	0,00	<0,01	0,00
47	07/09/92	n.m.	n.m.	<0,05	0,00	1,889	0,08	0,16	0,01	<0,01	0,00
48	08/04/93	n.m.	n.m.	<0,01	0,00	0,103	0,00	<0,02	0,00	<0,01	0,00
48	31/08/93	n.m.	n.m.	<0,01	0,00	0,011	0,00	<0,02	0,00	<0,01	0,00
48	30/04/94	n.m.	n.m.	<0,01	0,00	0,173	0,01	0,19	0,01	<0,01	0,00
48	31/11/93	160	5,63	<0,01	0,00	<0,002	0,00	0,17	0,01	<0,01	0,00
49	10/06/92	90	5,55	<0,05	0,00	0,035	0,00	<0,01	0,00	0,008	0,00
49	07/09/92	n.m.	n.m.	<0,05	0,00	<0,05	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00
58	30/07/93	171	5,13	<0,01	0,00	0,003	0,00	<0,02	0,00	0,01	0,00
59	28/05/92	62	4,35	0,012	0,00	0,041	0,00	0,03	0,00	<0,01	0,00
59	08/09/92	n.m.	n.m.	0,008	0,00	<0,05	0,00	0,01	0,00	<0,01	0,00
62	30/07/93	n.m.	n.m.	<0,01	0,00	0,004	0,00	<0,02	0,00	<0,01	0,00
62	30/04/94	n.m.	n.m.	0,12	0,00	0,015	0,00	0,19	0,01	<0,01	0,00
62	31/11/93	38	4,66	<0,01	0,00	<0,002	0,00	0,17	0,01	<0,01	0,00
66	28/05/92	93	5,36	<0,05	0,00	<0,05	0,00	<0,01	0,00	<0,01	0,00
68	01/06/92	61	5,06	<0,05	0,00	<0,05	0,00	0,02	0,00	<0,01	0,00
68	10/09/92	219	6,18	<0,05	0,00	<0,05	0,00	0,01	0,00	<0,01	0,00
75	01/06/92	216	6,17	<0,05	0,00	0,007	0,00	0,02	0,00	<0,01	0,00
75	10/09/92	222	6,00	<0,05	0,00	<0,05	0,00	0,01	0,00	<0,01	0,00
77	01/06/92	212	6,40	<0,05	0,00	0,009	0,00	0,02	0,00	0,010	0,00
77	11/09/92	308	5,25	<0,05	0,00	<0,05	0,00	0,02	0,00	0,13	0,03
88	03/06/92	136	5,65	<0,05	0,00	0,010	0,00	0,03	0,00	<0,01	0,00
88	03/09/92	175	6,28	<0,05	0,00	1,133	0,05	<0,01	0,00	<0,01	0,00
92	03/06/92	68	6,62	<0,05	0,00	<0,05	0,00	0,02	0,00	<0,01	0,00
97	05/06/92	38	5,88	<0,05	0,00	0,072	0,00	0,03	0,00	0,005	0,00
97	14/09/92	377	5,23	<0,05	0,00	<0,05	0,00	<0,01	0,00	0,02	0,00
97	30/04/93	n.m.	n.m.	<0,01	0,00	<0,002	0,00	0,03	0,00	<0,01	0,00

97	01/09/93	475	5,27	<0,01	0,00	<0,002	0,00	<0,02	0,00	<0,01	0,00
101	09/06/92	n.m.	n.m.	<.005	0,00	0,037	0,00	0,05	0,00	0,014	0,00

Composition cationique des eaux de la nappe phréatique (suite 4)

Code puits	Date	COND.	pH	Fe (mg/l)	Mn (mg/l)	Mn (méq/l)	Al (mg/l)	Al (méq/l)	B (mg/l)	B (méq/l)
101	14/09/92	n.m.	n.m.	<.005	0,00	0,004	0,00	0,03	0,015	0,00
102	14/09/92	n.m.	n.m.	<.005	0,00	0,018	0,00	0,02	0,01	0,00
102f	30/04/93	n.m.	n.m.	<0,01	0,00	<0,002	0,00	<0,02	<0,01	0,00
102f	01/09/93	n.m.	n.m.	<0,01	0,00	0,002	0,00	<0,02	0,02	0,00
104	30/04/93	n.m.	n.m.	<0,01	0,00	<0,002	0,00	0,03	0,02	0,00
104	01/09/93	n.m.	n.m.	<0,01	0,00	0,003	0,00	<0,02	0,02	0,00

Composition cationique des eaux de la nappe phréatique (suite 5)

Code puits	Date	COND.	pH	Ca (mg/l)	Ca (méq/l)	Mg (mg/l)	Mg (méq/l)	Na (mg/l)	Na (méq/l)	K (mg/l)	K (méq/l)
104	28/02/94	n.m.	n.m.	26,18	1,31	3,96	0,33	21,92	1,99	10,1	0,5
104	30/04/94	n.m.	n.m.	26,05	1,30	4,13	0,34	22,16	2,01	10,1	0,5
104	31/11/93	462	5,25	29,82	1,49	3,28	0,27	20,29	1,84	10,5	0,6
107	05/05/93	181	5,02	31,61	1,58	4,81	0,40	29,43	2,68	13,1	0,7
111	10/06/92	181	5,02	30,46	1,52	5,36	0,45	32,73	2,98	13,9	0,7
114	10/06/92	n.m.	n.m.	8,75	0,44	2,16	0,18	17,39	1,58	3,4	0,2
114	10/06/92	n.m.	n.m.	13,78	0,69	4,64	0,39	28,15	2,56	7,7	0,4
114	01/09/93	n.m.	n.m.	12,67	0,63	3,10	0,26	19,01	1,73	3,9	0,2
114	31/11/93	n.m.	n.m.	8,71	0,44	2,81	0,23	16,37	1,49	4,0	0,2
114	28/02/94	n.m.	n.m.	12,44	0,62	5,27	0,44	26,29	2,39	5,9	0,3
114	31/03/94	n.m.	n.m.	15,36	0,77	6,71	0,56	35,13	3,19	8,1	0,4
114	30/04/94	118	5,42	13,58	0,68	6,45	0,54	33,96	3,09	9,3	0,5
114	31/05/94	52	5,06	14,33	0,72	5,87	0,49	2,80	0,25	10,9	0,6
123	16/09/92	n.m.	n.m.	6,30	0,32	0,73	0,06	2,91	0,26	4,4	0,2
126	16/09/92	n.m.	n.m.	3,29	0,16	0,37	0,03	3,63	0,33	1,7	0,1
126	28/05/93	n.m.	n.m.	9,28	0,46	3,00	0,25	0,90	0,08	3,4	0,2
126	31/08/93	n.m.	n.m.	4,35	0,22	0,36	0,03	4,09	0,37	1,9	0,1
126	31/11/93	n.m.	n.m.	3,92	0,20	0,39	0,03	2,85	0,26	0,9	0,0
126	30/04/94	46	3,80	1,71	0,09	0,25	0,02	1,48	0,13	0,6	0,0
126	31/05/94	35	4,20	3,19	0,16	0,24	0,02	0,92	0,08	0,5	0,0
128	17/09/92	244	6,30	2,04	0,10	0,17	0,01	2,41	0,22	1,2	0,1
129	17/09/92	491	6,21	1,49	0,07	0,17	0,01	1,81	0,16	0,7	0,0
131	17/09/92	n.m.	n.m.	29,10	1,46	1,10	0,09	10,86	0,99	9,0	0,5
133	18/09/92	n.m.	n.m.	46,98	2,35	4,01	0,33	31,53	2,87	19,3	1,0
137	30/04/93	697	n.m.	2,28	0,11	0,58	0,05	2,51	0,23	1,6	0,1
137	30/07/93	475	n.m.	3,82	0,19	0,75	0,06	3,28	0,30	1,7	0,1

138	17/09/92	361	n.m.	37,76	1,89	4,57	0,38	46,53	4,23	21,0	1,1
140	18/09/92	632	n.m.	44,74	2,24	3,25	0,27	25,15	2,29	13,6	0,7
141	18/09/92	n.m.	n.m.	27,00	1,35	3,50	0,29	23,02	2,09	8,0	0,4
143	18/09/92	n.m.	n.m.	47,44	2,37	4,05	0,34	39,58	3,60	19,8	1,0

Composition cationique des eaux de la nappe phréatique (suite 6)

Code puits	Date	COND.	pH	Fe (mg/l)	Mn (mg/l)	Mn (mg/l)	Al (mg/l)	Al (mg/l)	B	B (mg/l)
104	28/02/94	n.m.	n.m.	0,00	<0,002	0,000	0,18	0,01	<0,01	0,000
104	30/04/94	n.m.	n.m.	0,00	<0,002	0,000	0,18	0,01	<0,01	0,000
104	31/11/93	462	5,25	0,00	<0,002	0,000	0,17	0,01	<0,01	0,000
107	05/05/93	181	5,02	0,00	0,027	0,001	0,03	0,00	0,02	0,003
111	10/06/92	181	5,02	0,00	0,062	0,002	0,04	0,00	0,018	0,004
114	10/06/92	n.m.	n.m.	0,00	0,011	0,000	0,02	0,00	<0,01	0,000
114	10/06/92	n.m.	n.m.	0,00	<0,005	0,000	0,04	0,00	0,01	0,002
114	01/09/93	n.m.	n.m.	0,00	0,021	0,001	<0,02	0,00	<0,01	0,000
114	31/11/93	n.m.	n.m.	0,00	<0,002	0,000	0,19	0,01	<0,01	0,000
114	28/02/94	n.m.	n.m.	0,00	0,026	0,001	0,18	0,01	<0,01	0,000
114	31/03/94	n.m.	n.m.	0,00	0,025	0,001	0,18	0,01	<0,01	0,000
114	30/04/94	118	5,42	0,00	0,018	0,001	0,17	0,01	<0,01	0,000
114	31/05/94	52	5,06	0,00	0,023	0,001	0,19	0,01	<0,01	0,000
123	16/09/92	n.m.	n.m.	0,00	0,003	0,000	0,01	0,00	0,006	0,001
126	16/09/92	n.m.	n.m.	0,00	<0,005	0,000	<0,01	0,00	0,02	0,004
126	28/05/93	n.m.	n.m.	0,00	0,003	0,000	0,04	0,00	0,01	0,003
126	31/08/93	n.m.	n.m.	0,00	<0,002	0,000	<0,02	0,00	<0,01	0,000
126	31/11/93	n.m.	n.m.	0,00	<0,002	0,000	0,16	0,01	<0,01	0,000
126	30/04/94	46	3,80	0,00	0,055	0,002	0,19	0,01	<0,01	0,000
126	31/05/94	35	4,20	0,00	0,500	0,020	0,17	0,01	<0,01	0,000
128	17/09/92	244	6,30	0,00	<0,005	0,000	<0,01	0,00	<0,01	0,000
129	17/09/92	491	6,21	0,00	0,007	0,000	<0,01	0,00	<0,005	0,000
131	17/09/92	n.m.	n.m.	0,00	<0,002	0,000	<0,01	0,00	0,013	0,003
133	18/09/92	n.m.	n.m.	0,00	<0,005	0,000	0,03	0,00	0,02	0,003
137	30/04/93	697	n.m.	0,00	0,010	0,000	<0,02	0,00	<0,01	0,000
137	30/07/93	475	n.m.	0,00	<0,002	0,000	<0,02	0,00	<0,01	0,000
138	17/09/92	361	n.m.	0,00	0,183	0,007	0,02	0,00	0,017	0,003
140	18/09/92	632	n.m.	0,00	0,008	0,000	0,02	0,00	0,033	0,007
141	18/09/92	n.m.	n.m.	0,00	<0,005	0,000	0,03	0,00	0,01	0,002
143	18/09/92	n.m.	n.m.	0,00	0,039	0,002	0,03	0,00	0,031	0,006

Composition anionique des eaux de la nappe phréatique

Code puits	Date	pH	ToC	COND.	Eh	Cl- (mg/l)	Cl- (még/l)	SO4= (mg/l)	SO4= (még/l)	HCO3- (mg/l)	HCO3- (még/l)
4	18/04/92	5,63	28,8	489,0	257,2	28,2	1,66	<3	<0,06	135,42	4,37
4	31/02/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	44,00	2,59	<10	<0,20	n.a.	n.a.
4	31/03/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	33,00	1,94	<10	<0,21	n.a.	n.a.
4	31/04/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	33,00	1,94	<10	<0,22	n.a.	n.a.
4	31/05/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	33,00	1,94	<10	<0,23	n.a.	n.a.
4	31/07/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	44,00	2,59	<10	<0,24	n.a.	n.a.
4	31/08/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	44,00	2,59	<10	<0,25	n.a.	n.a.
4	31/09/93	4,83	29,0	467,0	242,8	44,00	2,59	<10	<0,26	76,6	2,47
4	31/10/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	47,00	2,76	3,0	0,06	n.a.	n.a.
4	30/11/93	4,98	n.m.	n.m.	n.m.	2,09	0,12	1,8	0,04	n.a.	n.a.
4	28/02/94	6,30	n.m.	n.m.	n.m.	25,97	1,53	10,9	0,23	n.a.	n.a.
4	30/04/94	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	2,20	0,13	1,5	0,03	n.a.	n.a.
4	31/05/94	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	33,88	1,99	3,4	0,07	n.a.	n.a.
4	30/06/94	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	34,82	2,05	2,5	0,05	n.a.	n.a.
6	06/05/92	5,55	28,1	280,0	242,1	33	1,95	0	0,00	19	0,60
6	14/05/92	4,53	n.m.	181,0	n.m.	25,1	1,47	<3	<0,06	0	0,00
8	30/04/93	6,03	28,8	63,5	320,7	4,19	0,25	3,0	0,06	71	2,29
8	31/08/93	5,10	28,4	76,8	242,6	5,09	0,30	3,1	0,07	n.a.	n.a.
9	07/05/92	6,65	27,8	82,3	188,2	4	0,23	0	0,00	126	4,05
9	15/09/92	5,29	27,5	109,1	275,7	7	0,42	0	0,00	20	0,63
9	15/04/93	5,82	28,9	72,5	355,5	4,43	0,26	2,6	0,05	72	2,32
11	08/05/92	6,02	29,3	344,0	260,2	24	1,44	0	0,00	24	0,77
11	16/09/92	5,06	28,2	344,0	323,3	27	1,57	0	0,00	24	0,77
12	08/05/92	6,84	28,7	480,0	257,1	77,7	4,57	11	0,24	18,5	0,60
12	14/09/92	4,90	28,7	477,0	232,4	50	2,96	0	0,00	33	1,05
12	31/01/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	<5	<0,55	<10	<0,25	n.a.	n.a.
12	31/4/93	6,08	28,9	422,0	197,8	66,00	3,88	<10	<0,25	30,5	0,98
12	31/9/93	6,01	28,6	488,0	253,3	<5	<0,55	<10	<0,25	118,3	3,82
13	31/02/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	11,00	0,65	<10	<0,25	115,9	3,74
13	31/03/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	11,00	0,65	<10	<0,25	n.a.	n.a.
13	31/04/93	5,53	28,7	173,7	400,0	11,00	0,65	<10	<0,25	115,9	3,74
13	28/05/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	12,54	0,74	1,1	0,02	n.a.	n.a.
13	31/05/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	11,00	0,65	<10	<0,25	n.a.	n.a.

Code puits	Date	Composition anionique des eaux de la nappe phréatique (suite1)									
		pH	ToC	COND.	Eh	NO3- (mg/l)	NO3- (méq/l)	F- (mg/l)	F- (méq/l)	NO2- (mg/l)	NO2- (méq/l)
13	31/06/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	11,00	0,65	<10	<0,25	n.a.	n.a.
4	18/04/92	5,63	28,8	489,0	257,2	75,7	2,44	<0,5	<0,05	<0,5	<0,02
4	31/02/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	141,8	4,57	<1	<0,11	<1	<0,04
4	31/03/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	87,2	2,81	<1	<0,12	<1	<0,04
4	31/04/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	90,6	2,92	<1	<0,13	<1	<0,04
4	31/05/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	89,1	2,88	<1	<0,14	<1	<0,04
4	31/07/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	109,6	3,54	<1	<0,15	<1	<0,04
4	31/08/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	132,5	4,27	<1	<0,16	<1	<0,04
4	31/09/93	4,83	29,0	467,0	242,8	126,2	4,07	<1	<0,17	<1	<0,04
4	31/10/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	112,2	3,62	<0,05	<0,00	<0,5	<0,02
4	30/11/93	4,98	n.m.	n.m.	n.m.	0,9	0,03	<0,05	<0,1	0,2	<0,008
4	28/02/94	6,30	n.m.	n.m.	n.m.	71,7	2,31	<0,05	<0,2	<0,12	<0,005
4	30/04/94	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	3,7	0,12	<0,05	<0,3	<0,12	<0,005
4	31/05/94	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	105,0	3,39	<0,05	<0,4	<0,12	<0,005
4	30/06/94	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	110,5	3,56	<0,05	<0,5	0,3	<0,01
6	06/05/92	5,55	28,1	280,9	242,1	52	1,68	<4	<0,44	<2	<0,008
6	14/05/92	4,53	n.m.	181,0	n.m.	59,7	1,93	<0,5	<0,05	<0,5	<0,02
8	30/04/93	6,03	28,8	63,5	320,7	7,2	0,23	<0,05	<0,5	0,4	<0,01
8	31/08/93	5,10	28,4	76,8	242,6	15,2	0,49	<0,05	<0,5	<0,12	<0,005
9	07/05/92	6,65	27,8	82,3	188,2	4	0,13	<4	<0,44	<2	<0,008
9	15/09/92	5,29	27,5	109,1	275,7	15	0,50	<4	<0,44	<2	<0,008
9	15/04/93	5,82	28,9	72,5	355,5	3,0	0,10	<0,05	<0,5	0,3	<0,01
11	08/05/92	6,02	29,3	344,0	260,2	71	2,28	<4	<0,44	<2	<0,008
11	16/09/92	5,06	28,2	344,0	323,3	85	2,74	<4	<0,44	<2	<0,008
12	08/05/92	6,84	28,7	480,0	257,1	47,0	1,52	<0,5	<0,05	<0,5	<0,02
12	14/09/92	4,90	28,7	477,0	232,4	70	2,25	<4	<0,44	<2	<0,008
12	31/01/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	6,8	0,22	<1	<0,17	<1	<0,04
12	31/4/93	6,08	28,9	422,0	197,8	51,2	1,65	<1	<0,17	<1	<0,04
12	31/9/93	6,01	28,6	488,0	253,3	14,1	0,46	<1	<0,17	<1	<0,04
13	31/02/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	45,8	1,48	<1	<0,17	<1	<0,04
13	31/03/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	51,2	1,65	<1	<0,17	<1	<0,04
13	31/04/93	5,53	28,7	173,7	400,0	35,6	1,15	<1	<0,17	<1	<0,04
13	28/05/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	48,9	1,58	<0,05	<0,5	<0,12	<0,005
13	31/05/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	43,8	1,41	<1	<0,17	<1	<0,04

13 31/06/93 n.m. n.m. n.m. 47,3 1,52 <1 <0,17 <1 <0,04

Composition anionique des eaux de la nappe phréatique (suite 2)										
Code puits	Date	pH	ToC	COND.	Eh	Cl- (mg/l)	Cl- (még/l)	SO4= (mg/l)	SO4= (még/l)	HCO3- (még/l)
13	31/07/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	11,00	0,65	<10	<0,25	n.a.
13	31/08/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	20,00	1,18	<3	<0,06	n.a.
13	31/09/93	5,56	27,8	200,0	151,7	16,00	0,94	<3	<0,06	0,43
13	31/10/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	16,00	0,94	<3	<0,06	n.a.
14	15/05/92	4,70	27,9	133,0	242,2	12,7	0,75	<3	<0,06	0,22
14	31/04/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	11,00	0,65	<10	<0,25	0,09
15	16/09/93	5,67	28,0	225,0	165,0	46,65	2,74	<3	<0,06	0,46
18	18/05/92	5,91	28,0	150,0	189,9	5,26	0,31	0	0,00	2,68
18	15/09/92	n.m.	28,6	159,0	195,9	2,92	0,17	0	0,00	0,39
19	05/05/93	5,90	27,6	19,0	222,1	2,31	0,14	<3	<0,06	0,00
22	19/05/92	5,43	28,6	48,5	168,1	3,66	0,22	0	0,00	0,80
22	15/09/92	4,70	27,8	34,5	295,7	3,63	0,21	3	0,06	0,00
23	30/04/93	5,79	28,7	48,0	260,6	2,06	0,12	3,0	0,06	0,66
23	31/08/93	4,22	28,5	20,4	298,2	1,69	0,10	1,1	0,02	n.a.
24	19/05/92	5,42	27,8	25,1	253,8	2,27	0,13	0	0,00	0,35
24	17/09/92	3,86	27,4	20,7	391,0	2,04	0,12	0	0,00	0,00
26	15/09/92	5,61	n.m.	19,5	n.m.	2,07	0,12	0	0,00	0,35
26	31/04/93	5,20	28,7	19,1	257,4	<5	<0,29	<10	<0,20	0,16
28	30/04/93	5,78	28,7	21,6	237,0	2,30	0,14	1,1	0,02	n.a.
28	30/07/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	4,17	0,25	3,7	0,08	n.a.
28	30/11/93	7,01	n.m.	n.m.	n.m.	19,52	1,15	9,3	0,19	n.a.
28	30/04/94	7,29	n.m.	n.m.	n.m.	26,47	1,56	3,7	0,08	0,33
29	21/05/92	5,52	27,9	38,1	259,4	5,74	0,34	0	0,00	1,93
29	15/09/92	4,42	27,5	53,0	354,9	4,95	0,29	0	0,00	0,22
29	31/04/93	4,92	28,6	39,4	251,0	<5	<0,29	<10	<0,20	n.a.
32	21/05/92	5,39	28,1	43,1	262,3	2,63	0,15	0	0,00	3,62
32	08/09/92	4,44	27,5	46,1	332,7	3,56	0,21	0	0,00	0,27
32	30/04/93	5,21	28,9	42,0	180,5	2,99	0,18	1,8	0,04	0,19
32	31/08/93	4,78	28,0	39,1	241,5	3,88	0,23	2,0	0,04	0,14
34	27/02/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	1,98	0,12	2,3	0,05	n.a.
34	31/08/93	4,90	27,9	49,2	233,9	3,16	0,19	2,4	0,05	0,16
36	21/05/92	5,54	28,1	68,7	301,2	11,57	0,68	0	0,00	0,11
36	23/09/92	4,58	27,0	296,0	274,2	61,46	3,62	0	0,00	0,22
37	07/09/92	4,58	27,3	77,1	231,3	3,86	0,23	0	0,00	0,37

Composition anionique des eaux de la nappe phréatique (suite 3)												
Cc de puits	Date	pH	ToC	COND.	Eh	NO3- (mg/l)	NO3- (méq/l)	F- (mg/l)	F- (méq/l)	NO2- (mg/l)	NO2- (méq/l)	
46	23/05/92	5,85	29,0	178,2	83,0	3,71	0,22	0	0,00	85,40	2,75	
46	26/09/92	4,64	28,5	20,6	316,4	2,12	0,12	0	0,00	0,00	0,00	
47	07/09/92	5,78	n.m.	216,0	n.m.	3,32	0,20	0	0,00	106,14	3,42	
47	31/04/93	6,42	28,7	186,4	31,2	<5	<0,29	<10	<0,20	n.a.	n.a.	
48	08/04/93	5,38	28,7	53,6	191,5	1,65	0,10	1,6	0,03	16,11	0,52	
48	31/08/93	4,71	26,8	28,9	234,4	5,79	0,34	1,6	0,03	3,90	0,13	
13	31/07/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	48,2	1,56	<1	<0,17	<1	<0,04	
13	31/08/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	52,3	1,69	<0,05	<0,5	<0,5	<0,02	
13	31/09/93	5,56	27,8	200,0	151,7	47,5	1,53	<0,05	<0,5	<0,5	<0,02	
13	31/10/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	47,8	1,54	<0,05	<0,5	<0,5	<0,02	
14	15/05/92	4,70	27,9	133,0	242,2	37,0	1,19	<0,5	<0,05	<0,5	<0,02	
14	31/04/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	43,8	1,41	<1	<0,17	<1	<0,04	
15	16/09/93	5,67	28,0	225,0	165,0	115,1	3,71	<0,5	<0,05	<0,5	<0,02	
18	18/05/92	5,91	28,0	150,0	189,9	11	0,35	<4	<0,44	<2	<0,02	
18	15/09/92	n.m.	28,6	159,0	195,9	6	0,19	<4	<0,44	<2	<0,02	
19	05/05/93	5,90	27,6	19,0	222,1	0,8	0,03	<0,5	<0,05	<0,5	<0,02	
22	19/05/92	5,43	28,6	48,5	168,1	1	0,04	<4	<0,44	<2	<0,02	
22	15/09/92	4,70	27,8	34,5	295,7	3,6	0,12	<0,5	<0,05	<0,5	<0,02	
23	30/04/93	5,79	28,7	48,0	260,6	<0,12	<0,003	<0,05	<0,005	<0,12	<0,005	
23	31/08/93	4,22	28,5	20,4	298,2	0,8	0,03	<0,05	<0,005	<0,12	<0,005	
24	19/05/92	5,42	27,8	25,1	253,8	2	0,05	<4	<0,44	<2	<0,02	
24	17/09/92	3,86	27,4	20,7	391,0	3	0,08	<4	<0,44	<2	<0,02	
26	15/09/92	5,61	n.m.	19,5	n.m.	0	0,00	<4	<0,44	<2	<0,02	
26	31/04/93	5,20	28,7	19,1	257,4	<1	<0,03	<1	<0,11	<1	<0,04	
28	30/04/93	5,78	28,7	21,6	237,0	<0,12	<0,003	<0,05	<0,005	<0,12	<0,005	
28	30/07/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	6,9	0,22	<0,05	<0,005	<0,12	<0,005	
28	30/11/93	7,01	n.m.	n.m.	n.m.	36,4	1,17	<0,05	<0,005	<0,12	<0,005	
28	30/04/94	7,29	n.m.	n.m.	n.m.	122,0	3,94	<0,05	<0,005	<0,12	<0,005	
29	21/05/92	5,52	27,9	38,1	259,4	2	0,06	<4	<0,44	<2	<0,02	
29	15/09/92	4,42	27,5	53,0	354,9	9	0,30	<4	<0,44	<2	<0,02	
29	31/04/93	4,92	28,6	39,4	251,0	5,8	0,19	<1	<0,11	<1	<0,04	
32	21/05/92	5,39	28,1	43,1	262,3	3	0,10	<4	<0,44	<2	<0,02	
32	08/09/92	4,44	27,5	46,1	332,7	8	0,25	<4	<0,44	<2	<0,02	
32	30/04/93	5,21	28,9	42,0	180,5	<0,12	<0,003	<0,05	<0,005	0,8	0,04	
32	31/08/93	4,78	28,0	39,1	241,5	8,9	0,29	<0,05	<0,005	<0,12	<0,005	
34	27/02/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	<0,12	<0,003	<0,05	<0,005	<0,12	<0,005	
34	31/08/93	4,90	27,9	49,2	233,9	7,0	0,22	<0,05	<0,005	<0,12	<0,005	
36	21/05/92	5,54	28,1	68,7	301,2	3	0,10	<4	<0,44	<2	<0,02	
36	23/09/92	4,58	27,0	296,0	274,2	12	0,22	<4	<0,44	<2	<0,02	

Code puits	Date	pH	ToC	COND.	Eh	Cl- (mg/l)	Cl- (még/l)	IO4= (mg/l SO4= (még/l)	HCO3- (még/l)	HCO3- (mg/l)	HCO3- (még/l)
37	07/09/92	4,58	27,3	77,1	231,3	9	0,29	<4	<0,44	<2	<0,02
46	23/05/92	5,85	29,0	178,2	83,0	0	0,00	<4	<0,44	<2	<0,02
46	26/09/92	4,64	28,5	20,6	316,4	2	0,06	<4	<0,44	<2	<0,02
47	07/09/92	5,78	n.m.	216,0	n.m.	0	0,00	<4	<0,44	<2	<0,02
47	31/04/93	6,42	28,7	186,4	31,2	11,7	0,38	<1	<0,11	<1	<0,04
48	08/04/93	5,38	28,7	53,6	191,5	<0,12	<0,003	<0,05	<0,005	<0,12	<0,005
48	31/08/93	4,71	26,8	28,9	234,4	11,7	0,38	<0,05	<0,005	<0,12	<0,005
Composition anionique des eaux de la nappe phréatique (suite 4)											
48	30/11/93	6,85	n.m.	n.m.	n.m.	2,10	0,12	<0,5	<0,01	n.a.	n.a.
48	30/04/94	7,01	n.m.	n.m.	n.m.	29,75	1,75	4,0	0,08	n.a.	n.a.
48	31/05/94	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	3,05	0,18	2,4	0,05	n.a.	n.a.
49	26/05/92	5,63	28,2	160,0	202,1	11,57	0,68	4	0,09	23,79	0,77
49	07/09/92	5,55	28,0	90,4	215,9	7,89	0,46	0	0,00	13,78	0,44
58	15/04/93	5,83	28,8	123,4	180,6	6,86	0,40	8,9	0,19	30,00	0,97
58	30/07/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	8,77	0,52	8,4	0,2	n.a.	n.a.
59	28/05/92	5,13	27,8	171,0	197,8	8	0,45	0	0,0	21	0,68
59	08/09/92	4,35	27,7	62,0	246,0	2	0,10	0	0,0	6	0,20
62	15/04/93	6,84	28,5	196,8	214,8	1,71	0,10	2,5	0,1	121	3,90
62	30/07/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	2,01	0,12	1,5	0,0	n.a.	n.a.
62	30/11/93	7,08	n.m.	n.m.	n.m.	2,29	0,13	1,6	0,0	n.a.	n.a.
62	30/04/94	7,51	n.m.	n.m.	n.m.	27,85	1,64	20,9	0,4	n.a.	n.a.
65	30/04/94	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	33,00	1,94	<10	<0,20	n.a.	n.a.
66	28/05/92	5,06	28,0	27,7	302,8	3	0,17	0	0,0	37	1,18
68	01/06/92	5,36	28,6	93,3	243,7	3	0,20	0	0,0	18	0,57
68	10/09/92	5,06	28,0	60,7	294,7	4	0,21	0	0,0	7	0,23
75	01/06/92	6,18	28,0	219,0	186,5	16	0,93	0	0,0	36	1,16
75	10/09/92	6,17	27,6	216,0	191,2	8	0,46	0	0,0	44	1,41
77	11/09/92	6,40	26,4	212,0	178,0	8	0,44	0	0,0	82	2,64
77	31/04/93	6,03	28,6	163,6	142,3	11,00	0,65	<10	<0,20	n.a.	n.a.
78	31/02/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	10,00	0,59	6,0	0,1	n.a.	n.a.
78	31/03/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	8,00	0,47	<3	<0,06	n.a.	n.a.
78	31/05/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	12,00	0,71	4,0	0,1	n.a.	n.a.
78	31/06/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	20,00	1,18	27,0	0,6	n.a.	n.a.
78	31/07/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	14,00	0,82	24,0	0,5	n.a.	n.a.
78	31/08/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	11,00	0,65	21,0	0,4	n.a.	n.a.
78	31/09/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	11,00	0,65	21,0	0,4	n.a.	n.a.
78	31/10/93	5,77	27,4	219,0	241,8	12,00	0,71	23,0	0,5	47,58	1,53
88	03/06/92	5,65	28,0	136,1	230,7	36	2,14	0	0,0	15	0,47
88	03/09/92	5,65	n.m.	136,1	n.m.	10	0,58	0	0,0	13	0,42
88	31/04/93	4,29	28,5	125,8	95,5	11,00	0,65	<10	<0,20	15	0,48
92	03/06/92	6,28	29,3	174,7	221,3	12	0,74	0	0,0	26	0,84

Composition anionique des eaux de la nappe phréatique (suite 5)												
Code puits	Date	pH	ToC	COND.	Eh	NO3- (mg/l)	NO3- (méq/l)	F- (mg/l)	F- (méq/l)	NO2- (mg/l)	NO2- (méq/l)	
97	05/06/92	5,95	28,2	323,0	182,4	3,5	0,20	3	0,1	30,5	0,98	
97	14/09/92	5,88	n.m.	38,3	n.m.	2	0,13	0	0,0	11	0,37	
97	30/04/93	6,84	28,8	74,9	171,2	2,23	0,13	1,5	0,0	67,1	2,16	
97	01/09/93	5,94	27,7	96,6	270,0	3,79	0,22	4,0	0,1	252,5	8,15	
101	09/06/92	5,27	28,1	475,0	198,2	27,7	1,63	7	0,1	35,38	1,14	
101	14/09/92	5,23	27,7	377,0	230,6	35,1	2,07	7	0,2	34,79	1,12	
102	14/09/92	6,80	n.m.	n.m.	n.m.	28	1,66	0	0,0	n.a.	n.a.	
48	30/11/93	6,85	n.m.	n.m.	n.m.	0,8	0,02	<0,05	<0,005	<0,12	<0,005	
48	30/04/94	7,01	n.m.	n.m.	n.m.	142,0	4,58	<0,05	<0,005	<0,12	<0,005	
48	31/05/94	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	3,6	0,12	<0,05	<0,005	2,9	0,12	
49	26/05/92	5,63	28,2	160,0	202,1	15,9	0,51	<0,5	<0,05	<0,5	<0,02	
49	07/09/92	5,55	28,0	90,4	215,9	11	0,35	<4	<0,44	<2	<0,02	
58	15/04/93	5,83	28,8	123,4	180,6	6,1	0,20	<0,05	<0,005	0,4	0,02	
58	30/07/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	26,7	0,86	<0,05	<0,005	0,5	0,02	
59	28/05/92	5,13	27,8	171,0	197,8	10	0,32	<4	<0,04	<2	<0,008	
59	08/09/92	4,35	27,7	62,0	246,0	2	0,06	<4	<0,04	<2	<0,008	
62	15/04/93	6,84	28,5	196,8	214,8	<0,12	<0,03	<0,05	<0,005	<0,12	<0,005	
62	30/07/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	<0,12	<0,03	<0,05	<0,005	<0,12	<0,005	
62	30/11/93	7,08	n.m.	n.m.	n.m.	3,4	0,11	<0,05	<0,005	<0,12	<0,005	
62	30/04/94	7,51	n.m.	n.m.	n.m.	104,1	3,36	<0,05	<0,005	<0,12	<0,005	
65	30/04/94	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	50,7	1,63	<1	<0,11	<1	<0,04	
66	28/05/92	5,06	28,0	27,7	302,8	5	0,16	<4	<0,04	<2	<0,008	
68	01/06/92	5,36	28,6	93,3	243,7	8	0,25	<4	<0,04	<2	<0,008	
68	10/09/92	5,06	28,0	60,7	294,7	10	0,31	<4	<0,04	<2	<0,008	
75	01/06/92	6,18	28,0	219,0	186,5	23	0,75	<4	<0,04	<2	<0,008	
75	10/09/92	6,17	27,6	216,0	191,2	9	0,30	<4	<0,04	<2	<0,008	
77	11/09/92	6,40	26,4	212,0	178,0	5	0,15	<4	<0,04	<2	<0,008	
77	31/04/93	6,03	28,6	163,6	142,3	34,6	1,12	<1	<0,11	<1	<0,04	
78	31/02/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	10,9	0,35	<0,05	<0,005	<0,5	<0,02	
78	31/03/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	14,2	0,46	0,15	0,02	<0,5	<0,02	
78	31/05/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	22,1	0,71	<0,05	<0,005	<0,5	<0,02	
78	31/06/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	41,1	1,33	0,19	0,02	<0,5	<0,02	
78	31/07/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	27,6	0,89	<0,05	<0,005	<0,5	<0,02	
78	31/08/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	23,4	0,75	<0,05	<0,005	<0,5	<0,02	
78	31/9/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	17,0	0,55	<0,05	<0,005	<0,5	<0,02	
78	31/10/93	5,77	27,4	219,0	241,8	20,0	0,64	<0,05	<0,005	<0,5	<0,02	
88	03/06/92	5,65	28,0	136,1	230,7	47	1,50	<4	<0,04	<2	<0,008	
88	03/09/92	5,65	n.m.	136,1	n.m.	22	0,71	<4	<0,04	<2	<0,008	
88	31/04/93	4,29	28,5	125,8	95,5	24,8	0,80	<1	<0,11	<1	<0,04	
92	03/06/92	6,28	29,3	174,7	221,3	12	0,37	<4	<0,04	<2	<0,008	

Code puits	Date	pH	ToC	COND.	Eh	Composition anionique des eaux de la nappe phréatique (suite 6)									
						Cl- (mg/l)	Cl- (mg/l)	Cl- (mg/l)	NO3- (mg/l)	NO3- (mg/l)	F- (mg/l)	F- (mg/l)	NO2- (mg/l)	NO2- (mg/l)	HCO3- (mg/l)
97	05/06/92	5,95	28,2	323,0	183,4	<0,5	<0,016	<0,5	<0,05	<0,5	<0,05	<0,5	<0,05	<0,02	<0,008
97	14/09/92	5,88	n.m.	38,3	n.m.	3	0,11	<4	<0,04	<2	<0,04	<2	<0,04	<0,008	<0,005
97	30/04/93	6,84	28,8	74,9	171,2	<0,12	<0,03	<0,05	<0,005	<0,12	<0,005	<0,12	<0,005	<0,005	<0,005
97	01/09/93	5,94	27,7	96,6	270,0	1,3	0,04	<0,05	<0,005	<0,05	<0,005	<0,05	<0,005	<0,02	<0,02
101	09/06/92	5,27	28,1	475,0	198,2	82,4	2,66	<0,5	<0,05	<0,5	<0,05	<0,5	<0,05	<0,02	<0,02
101	14/09/92	5,23	27,7	377,0	230,6	87,1	2,81	<0,5	<0,05	<0,5	<0,05	<0,5	<0,05	<0,02	<0,02
102	14/09/92	6,80	n.m.	n.m.	n.m.	93	2,99	<4	<0,04	<2	<0,04	<2	<0,04	<0,008	<0,008
Composition anionique des eaux de la nappe phréatique (suite 6)															
102b	31/09/92	5,05	28,3	431,0	312,2	33,00	1,94	<10	<0,20	<10	<0,20	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
102f	30/04/93	5,96	29,1	450,0	164,4	n.a.	n.a.	22,2	0,5	22,2	0,5	38	1,23	1,23	1,23
102f	01/09/93	5,79	27,6	595,0	68,2	39,00	2,29	52,0	1,1	52,0	1,1	11,2	0,36	0,36	0,36
104	30/04/93	5,82	28,8	286,0	181,5	18,42	1,08	13,9	0,3	13,9	0,3	54	1,74	1,74	1,74
104	01/09/93	5,27	27,7	352,0	288,7	24,05	1,41	21,8	0,5	21,8	0,5	75,64	2,44	2,44	2,44
104	30/11/93	6,53	n.m.	n.m.	n.m.	2,84	0,17	2,8	0,1	2,8	0,1	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Composition anionique des eaux de la nappe phréatique (suite 6)															
102b	31/09/92	5,05	28,3	431,0	312,2	115,5	3,72	<1	<0,11	<1	<0,11	<1	<0,04	<0,04	<0,04
102f	30/04/93	5,96	29,1	450,0	164,4	142,1	4,58	<0,05	<0,005	<0,05	<0,005	0,4	0,02	0,02	0,02
102f	01/09/93	5,79	27,6	595,0	68,2	143,9	4,64	<0,05	<0,005	<0,05	<0,005	<0,12	<0,005	<0,005	<0,005
104	30/04/93	5,82	28,8	286,0	181,5	62,3	2,01	<0,05	<0,005	<0,05	<0,005	<0,12	<0,005	<0,005	<0,005
104	01/09/93	5,27	27,7	352,0	288,7	91,1	2,94	<0,05	<0,005	<0,05	<0,005	<0,12	<0,005	<0,005	<0,005
104	30/11/93	6,53	n.m.	n.m.	n.m.	3,1	0,10	<0,05	<0,005	<0,05	<0,005	0,3	0,01	0,01	0,01

Composition anionique des eaux de la nappe phréatique (suite 7)

Code puits	Date	pH	ToC	COND.	Eh	Cl ⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (méq/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (méq/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (méq/l)
104	28/02/94	6,83	n.m.	n.m.	n.m.	28,95	1,70	18,0	0,37	n.a.	n.a.
104	30/04/94	6,88	n.m.	n.m.	n.m.	2,71	0,16	2,3	0,05	n.a.	n.a.
104	31/07/94	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.a.	n.a.	23,7	0,49	n.a.	n.a.
107	05/05/93	5,48	29,3	448,0	164,6	36,02	2,12	6,2	0,13	n.a.	n.a.
111	10/06/92	5,25	28,3	462,0	232,3	42,7	2,51	<3	<0,06	14,39	0,46
111	31/04/93	5,25	n.m.	462,0	n.m.	44,00	2,59	<10	<0,20	16,1	0,52
113	31/04/93	5,60	28,7	608,0	206,5	55,00	3,24	<10	<0,20	31	1,00
113	30/07/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	39,00	2,29	20,3	0,42	n.a.	n.a.
114	10/06/92	5,35	28,0	368,0	220,5	18	1,08	0	0,00	16	0,51
114	31/04/93	5,56	28,8	222,0	197,2	22,00	1,29	<10	<0,20	21	0,68
114	01/09/93	4,91	27,9	156,5	262,2	25,80	1,52	4,5	0,09	55	1,77
114	30/11/93	7,02	n.m.	n.m.	n.m.	20,50	1,21	15,7	0,33	n.a.	n.a.
114	28/02/94	6,72	n.m.	n.m.	n.m.	20,88	1,23	14,2	0,30	n.a.	n.a.
114	31/03/94	4,23	n.m.	n.m.	n.m.	1,40	0,08	1,5	0,03	n.a.	n.a.
114	30/04/94	5,58	n.m.	n.m.	n.m.	2,11	0,12	1,1	0,02	n.a.	n.a.
114	31/05/94	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	35,46	2,09	21,9	0,46	n.a.	n.a.
114	30/06/94	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	30,75	1,81	11,9	0,25	n.a.	n.a.
119	31/04/93	5,62	28,7	304,0	197,6	33,00	1,94	<10	<0,20	11	0,35
123	16/09/92	5,42	25,5	118,3	320,1	10	0,58	0	0,00	10,85	0,35
124	31/03/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	4,00	0,24	<3	<0,06	n.a.	n.a.
124	31/04/93	5,26	29,1	36,3	239,5	<5	<0,29	<10	<0,20	7,2	0,23
124	31/05/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	5,00	0,29	4,0	0,08	n.a.	n.a.
124	31/06/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	12,00	0,71	5,0	0,10	n.a.	n.a.
124	31/07/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	6,00	0,35	4,0	0,08	n.a.	n.a.
124	31/08/93	4,34	27,4	40,0	281,8	4,00	0,24	<3	<0,06	3,29	0,11
126	16/09/92	5,06	27,4	52,3	333,5	4	0,22	0	0,00	9,63	0,31
126	31/04/93	5,57	28,9	48,3	153,0	<5	<0,29	<10	<0,20	19	0,61
126	28/05/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	2,14	0,13	5,2	0,11	n.a.	n.a.
126	31/08/93	4,45	27,6	50,4	239,2	3,21	0,19	2,1	0,04	10	0,31
126	30/11/93	6,54	n.m.	n.m.	n.m.	0,90	0,05	2,1	0,04	n.a.	n.a.
126	30/04/94	6,91	n.m.	n.m.	n.m.	20,48	1,20	15,3	0,32	n.a.	n.a.
126	31/05/94	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	2,01	0,12	1,8	0,04	n.a.	n.a.

126
127

30/06/94	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	2,23	0,13	0,9	0,02	n.a.	n.a.
31/04/93	6,01	28,9	87,5	99,3	<5	<0,29	<10	<0,20	41,48	1,34

Composition anionique des eaux de la nappe phréatique (suite 8)

Code puits	Date	pH	ToC	COND.	Eh	NO3- (mg/l)	NO3- (méq/l)	F- (mg/l)	F- (méq/l)	NO2- (méq/l)	NO2- (méq/l)
104	28/02/94	6,83	n.m.	n.m.	n.m.	102,8	3,32	<0,05	<0,005	<0,12	<0,005
104	30/04/94	6,88	n.m.	n.m.	n.m.	6,4	0,21	<0,05	<0,005	<0,12	<0,005
104	31/07/94	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	102,1	3,29	<0,1	<0,01	<0,3	
107	05/05/93	5,48	29,3	448,0	164,6	169,9	5,48	<0,05	<0,005	0,6	
111	10/06/92	5,25	28,3	462,0	232,3	118,0	3,81	<0,5	<0,05	<0,5	<0,02
111	31/04/93	5,25	n.m.	462,0	n.m.	138,3	4,46	<1	<0,11	<1	<0,04
113	31/04/93	5,60	28,7	608,0	206,5	162,2	5,23	<1	<0,11	<1	<0,04
113	30/07/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	208,9	6,74	<0,05	<0,005	<0,12	<0,005
114	10/06/92	5,35	28,0	368,0	220,5	29	0,92	<4	0,04	<2	<0,008
114	31/04/93	5,56	28,8	222,0	197,2	40,9	1,32	<1	<0,11	<1	<0,04
114	01/09/93	4,91	27,9	156,5	262,2	47,2	1,52	<0,05	<0,005	<0,12	<0,005
114	30/11/93	7,02	n.m.	n.m.	n.m.	75,7	2,44	<0,05	<0,005	<0,12	<0,005
114	28/02/94	6,72	n.m.	n.m.	n.m.	75,8	2,45	<0,05	<0,005	<0,12	<0,005
114	31/03/94	4,23	n.m.	n.m.	n.m.	0,6	0,02	<0,05	<0,005	<0,12	<0,005
114	30/04/94	5,58	n.m.	n.m.	n.m.	1,6	0,05	0,11	0,01	<0,12	<0,005
114	31/05/94	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	75,7	2,44	<0,05	<0,005	<0,12	<0,005
114	30/06/94	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	102,6	3,31	<0,05	<0,005	<0,12	<0,005
119	31/04/93	5,62	28,7	304,0	197,6	86,2	2,78	<1	<0,11	<1	<0,04
123	16/09/92	5,42	25,5	118,3	320,1	25	0,81	<4	0,04	<2	<0,008
124	31/03/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	4,3	0,14	<0,05	<0,005	<0,5	<0,02
124	31/04/93	5,26	29,1	36,3	239,5	10,7	0,35	<1	<0,11	<1	<0,04
124	31/05/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	4,8	0,16	<0,05	<0,005	<0,5	<0,02
124	31/06/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	26,7	0,86	<0,05	<0,005	<0,5	<0,02
124	31/07/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	13,7	0,44	<0,05	<0,005	<0,5	<0,02
124	31/08/93	4,34	27,4	40,0	281,8	8,1	0,26	<0,05	<0,005	<0,5	<0,02
126	16/09/92	5,06	27,4	52,3	333,5	9	0,29	<4	0,04	<2	<0,008
126	31/04/93	5,57	28,9	48,3	153,0	4,9	0,16	<1	<0,11	<1	<0,04
126	28/05/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	<0,12	<0,003	<0,05	<0,005	<0,12	<0,005
126	31/08/93	4,45	27,6	50,4	239,2	11,4	0,37	<0,05	<0,005	<0,12	<0,005
126	30/11/93	6,54	n.m.	n.m.	n.m.	1,2	0,04	<0,05	<0,005	<0,12	<0,005
126	30/04/94	6,91	n.m.	n.m.	n.m.	73,9	2,38	<0,05	<0,005	<0,12	<0,005
126	31/05/94	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	<0,12	<0,003	<0,05	<0,005	<0,12	<0,005

126	30/06/94	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	0,8	0,03	<0,05	<0,005	<0,12	<0,005
127	31/04/93	6,01	28,9	87,5	99,3	10,7	0,35	<1	<0,11	<1	<0,04

Composition anionique des eaux de la nappe phréatique (suite 9)

Code puits	Date	pH	ToC	COND.	Eh	Cl- (mg/l)	Cl- (méq/l)	SO4= (mg/l)	SO4= (méq/l)	HCO3- (mg/l)	HCO3- (méq/l)
128	17/09/92	3,80	27,8	45,5	290,8	2	0,14	0	0,00	3,66	0,12
128	31/04/93	5,52	28,6	31,4	166,0	<5	<0,29	<10	<0,20	11	0,36
129	17/09/92	4,20	27,8	35,2	309,4	3,2	0,19	3	0,06	2,44	0,08
129	31/04/93	5,09	28,7	26,3	172,0	<5	<0,29	<10	<0,20	2,44	0,08
130	31/04/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	<5	<0,29	<10	<0,20	103,7	3,35
131	17/09/92	6,30	27,8	244,0	259,0	20,4	1,20	19	0,41	103,7	3,35
133	18/09/92	6,21	28,0	491,0	3,2	17	0,98	0	0,00	108,5	3,50
133	31/03/93	6,21	n.m.	491,0	n.m.	11,00	0,65	<10	<0,20	109	3,50
137	30/04/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	2,63	0,15	1,4	0,03	n.a.	n.a.
137	30/07/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	3,15	0,15	1,8	0,04	n.a.	n.a.
138	17/09/92	n.m.	n.m.	475,0	n.m.	68,0	4,00	45	0,94	156,1	5,04
138	31/03/93	n.m.	n.m.	697,0	n.m.	<5	<0,29	<10	<0,20	0	0,00
140	18/09/92	n.m.	26,1	475,0	229,0	25,4	1,49	41	0,85	25	0,82
141	18/09/92	n.m.	28,2	361,0	263,9	27	1,57	0	0,00	25,5	0,82
142	18/09/92	n.m.	27,9	697,0	310,5	65,66	3,86	21,8	0,45	6,71	0,22
143	18/09/92	6,00	28,2	632,0	284,2	51,9	3,05	64	1,34	33,67	1,09

Code puits	Date	pH	ToC	COND.	Eh	NO3- (mg/l)	NO3- (méq/l)	F- (mg/l)	F- (méq/l)	NO2- (mg/l)	NO2- (méq/l)
128	17/09/92	3,80	27,8	45,5	290,8	4	0,14	<4	0,04	<2	<0,008
128	31/04/93	5,52	28,6	31,4	166,0	12,7	0,41	<1	<0,11	<1	<0,04
129	17/09/92	4,20	27,8	35,2	309,4	2,4	0,08	<0,5	<0,05	<0,5	<0,02
129	31/04/93	5,09	28,7	26,3	172,0	<0,12	<0,003	<1	<0,11	<1	<0,04
130	31/04/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	14,6	0,47	<1	<0,11	<1	<0,04
131	17/09/92	6,30	27,8	244,0	259,0	25,2	0,81	<0,5	<0,05	<0,5	<0,02
133	18/09/92	6,21	28,0	491,0	3,2	28	0,90	<4	0,04	<2	<0,008
133	31/03/93	6,21	n.m.	491,0	n.m.	25,8	0,83	<1	<0,11	<1	<0,04
137	30/04/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	<0,12	<0,003	<0,05	<0,005	<0,12	<0,005
137	30/07/93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	7,0	0,22	<0,05	<0,005	<0,12	<0,005
138	17/09/92	n.m.	n.m.	475,0	n.m.	138,4	4,47	<0,5	<0,05	<0,5	<0,02
138	31/03/93	n.m.	n.m.	697,0	n.m.	10,7	0,35	<1	<0,11	<1	<0,04
140	18/09/92	n.m.	26,1	475,0	229,0	42,1	1,36	<0,5	<0,05	<0,5	<0,02

141	18/09/92	n.m.	28,2	361,0	263,9	51	1,63	<4	0,04	<2	<0,008
142	18/09/92	n.m.	27,9	697,0	310,5	197,9	6,38	<0,05	<0,005	<0,12	<0,005
143	18/09/92	6,00	28,2	632,0	284,2	116,1	3,74	<0,5	<0,05	<0,5	<0,02

Variations hebdomadaires des cations dans les puits - témoins en mg/l

ANNEXE E

Code puits	Date	Ca	Mg	Na	K	Fe	Mn	Al	B	Ba
4	31/01/94	18,110	5,61	25,09	8,6	<0,01	0,075	0,02	n.a.	0,038
4	02/05/94	17,760	5,60	23,92	7,7	<0,01	0,158	<0,01	n.a.	0,039
4	02/05/94	17,840	5,70	24,99	8,0	<0,01	0,063	0,03	n.a.	0,038
4	10/05/94	17,570	5,52	24,55	8,0	<0,01	0,057	0,03	n.a.	0,039
4	17/05/94	17,390	5,29	23,79	7,9	0,07	0,058	0,03	n.a.	0,038
4	24/05/94	17,620	5,45	23,99	8,0	<0,01	0,058	0,02	n.a.	0,035
4	31/05/94	17,980	5,56	24,89	8,1	<0,01	0,061	<0,01	n.a.	0,038
4	07/06/94	18,080	5,44	24,22	8,8	<0,01	0,063	<0,01	n.a.	0,040
4	14/06/94	17,630	5,44	23,92	7,9	<0,01	0,066	<0,01	n.a.	0,037
4	21/06/94	17,830	5,50	24,53	8,1	<0,01	0,069	0,03	n.a.	0,038
4	28/06/94	18,530	5,54	25,38	8,4	<0,01	0,087	0,05	n.a.	0,042
4	05/07/94	19,320	5,49	27,51	9,4	0,01	0,091	0,10	n.a.	0,042
4	12/07/94	18,820	5,39	25,59	9,4	<0,01	0,089	0,04	n.a.	0,037
4	19/07/94	19,220	5,76	28,80	9,2	<0,01	0,084	0,05	n.a.	0,041
4	26/07/94	19,730	5,58	30,68	9,6	<0,01	0,082	0,06	n.a.	0,041
4	31/07/94	20,500	5,79	33,18	10,1	<0,01	0,080	<0,01	n.a.	0,043
4	09/08/94	20,150	5,99	34,30	10,7	<0,01	0,074	<0,01	n.a.	0,042
4	16/08/94	21,560	6,19	37,27	11,8	<0,01	0,075	<0,01	n.a.	0,043
4	23/08/94	21,890	6,33	37,40	16,9	<0,01	0,077	0,02	n.a.	0,054
4	23/08/94	5,555	0,50	7,40	2,8	<0,01	0,004	<0,01	n.a.	0,007
4	30/08/94	22,240	6,16	37,62	12,1	<0,01	0,072	<0,01	n.a.	0,042
4	30/08/94	22,730	6,27	37,50	12,9	0,06	0,080	0,02	n.a.	0,044
4	06/09/94	22,090	6,01	38,51	12,8	<0,01	0,074	0,03	n.a.	0,051
4	13/09/94	22,180	6,17	37,97	12,7	<0,01	0,072	0,02	n.a.	0,044
4	20/09/94	22,910	6,08	37,78	12,6	<0,01	0,071	0,07	n.a.	0,046
4	31/10/94	21,020	6,11	32,73	11,6	<0,01	0,088	0,04	n.a.	0,045
4	30/11/94	19,460	5,77	28,18	10,2	0,01	0,084	0,09	n.a.	0,042
4	30/12/94	18,750	5,77	26,02	8,8	<0,01	0,094	<0,01	n.a.	0,039
101	10/05/94	23,470	12,79	21,80	10,6	<0,01	0,177	0,08	n.a.	0,043
101	17/05/94	24,160	8,85	21,01	10,0	<0,01	0,051	0,07	n.a.	0,015
101	24/05/94	23,230	9,76	20,72	9,4	<0,01	0,066	0,06	n.a.	0,019
101	31/05/94	25,100	7,71	22,20	10,8	<0,01	0,026	0,05	n.a.	0,010
101	07/06/94	24,850	8,31	22,06	10,6	<0,01	0,046	0,05	n.a.	0,014
101	14/06/94	24,850	7,07	22,11	10,3	<0,01	0,031	0,05	n.a.	0,015
101	21/06/94	26,040	6,57	24,98	11,5	<0,01	0,019	0,03	n.a.	0,012
101	21/06/94	13,400	1,27	6,57	2,8	<0,01	0,003	<0,01	n.a.	0,023
101	28/06/94	28,040	5,10	31,99	14,0	<0,01	0,013	0,03	n.a.	0,017
101	05/07/94	29,290	4,81	35,92	16,4	<0,01	0,011	0,01	n.a.	0,016

Code puits	Date	Ca	Mg	Na	K	Fe	Mn	Al	B	Ba
101	12/07/94	26,370	3,49	28,48	10,6	<0,01	0,006	<0,01	n.a.	0,013
Variations hebdomadaires des cations dans les puits - témoins en mg/l (suite 1)										
101	19/07/94	34,000	4,90	36,67	17,2	<0,01	0,012	<0,01	n.a.	0,013
101	19/07/94	2,318	23,93	1,03	0,5	<0,01	<0,002	0,05	n.a.	0,011
101	26/07/94	32,090	4,27	28,48	13,5	<0,01	0,006	0,02	n.a.	0,017
101	02/08/94	32,920	4,38	28,96	14,1	<0,01	0,009	0,04	n.a.	0,018
101	09/08/94	31,830	4,16	27,12	13,1	0,01	0,008	0,06	n.a.	0,011
101	16/08/94	28,810	3,48	28,76	12,2	<0,01	0,005	0,03	n.a.	0,012
101	23/08/94	32,930	4,27	29,09	14,2	<0,01	0,007	<0,01	n.a.	0,012
101	30/08/94	32,840	4,41	27,79	13,2	<0,01	0,008	0,04	n.a.	0,018
101	30/08/94	40,580	5,82	40,61	18,4	<0,01	0,019	<0,01	n.a.	0,038
101	06/09/94	32,040	4,50	28,23	12,9	<0,01	0,008	0,04	n.a.	0,011
101	13/09/94	31,560	4,72	28,07	12,1	<0,01	0,007	0,04	n.a.	0,012
101	20/09/94	31,170	4,89	26,98	12,6	<0,01	0,007	0,03	n.a.	0,010
119	10/05/94	23,220	1,78	22,71	10,8	<0,01	0,140	<0,01	n.a.	0,036
119	17/05/94	21,900	1,88	21,98	10,1	<0,01	0,039	<0,01	n.a.	0,022
119	24/05/94	21,770	1,71	22,55	10,4	<0,01	0,024	<0,01	n.a.	0,021
119	31/05/94	21,590	1,64	23,36	10,6	<0,01	0,061	<0,01	n.a.	0,027
119	07/06/94	21,350	1,75	24,49	11,1	<0,01	0,047	<0,01	n.a.	0,026
119	14/06/94	21,190	1,61	25,33	11,2	<0,01	0,036	<0,01	n.a.	0,025
119	21/06/94	20,800	1,56	25,24	11,5	<0,01	0,019	<0,01	n.a.	0,021
119	28/06/94	20,060	1,60	29,56	13,8	<0,01	0,027	<0,01	n.a.	0,024
119	05/07/94	20,070	1,75	31,52	15,1	<0,01	0,064	<0,01	n.a.	0,025
119	12/07/94	20,490	2,24	38,23	17,4	<0,01	0,159	0,05	n.a.	0,030
119	19/07/94	20,530	2,48	41,72	17,7	<0,01	0,153	0,39	n.a.	0,029
119	26/07/94	22,940	3,30	47,17	19,6	<0,01	0,163	0,12	n.a.	0,034
119	02/08/94	23,670	3,36	50,61	20,9	<0,01	0,151	0,02	n.a.	0,038
119	09/08/94	22,470	2,50	42,77	17,5	<0,01	0,082	<0,01	n.a.	0,041
119	16/08/94	23,410	2,20	36,49	15,1	<0,01	0,046	<0,01	n.a.	0,032
119	30/08/94	22,660	1,68	32,86	11,7	<0,01	0,030	<0,01	n.a.	0,027
119	06/09/94	22,650	1,63	34,49	11,3	<0,01	0,029	<0,01	n.a.	0,025
119	13/09/94	22,900	1,67	34,90	11,1	<0,01	0,030	<0,01	n.a.	0,027
119	20/09/94	22,150	1,48	34,90	10,8	<0,01	0,023	<0,01	n.a.	0,023
119	20/09/94	12,250	4,76	3,60	1,7	<0,01	<0,002	n.a.	n.a.	n.a.
119	32/8/94	22,810	1,93	34,40	13,7	<0,01	0,037	<0,01	n.a.	0,030
126	31/01/94	8,481	0,73	0,96	0,7	<0,01	0,002	<0,01	n.a.	0,006
126	31/03/94	3,392	0,29	1,30	0,7	<0,01	0,002	<0,01	n.a.	0,007
126	02/05/94	1,113	0,17	0,90	0,5	<0,01	0,005	<0,01	n.a.	0,005

Variations hebdomadaires des cations dans les puits - témoins en mg/l (suite 2)										
Code puits	Date	Ca	Mg	Na	K	Fe	Mn	Al	B	Ba
126	10/05/94	3,169	0,25	1,26	0,7	0,51	0,572	<0,01	n.a.	0,009
126	15/05/94	5,398	0,98	3,99	1,4	0,01	0,362	<0,01	n.a.	0,095
142	10/05/94	39,880	6,75	49,67	21,7	<0,01	0,304	<0,01	n.a.	0,046
142	17/05/94	40,550	0,24	50,19	21,8	<0,01	0,198	<0,01	n.a.	0,024
142	24/05/94	38,270	6,85	50,77	22,5	0,01	0,399	0,07	n.a.	0,048
142	31/05/94	39,420	0,07	50,77	21,6	<0,01	0,134	0,02	n.a.	0,046
142	07/06/94	39,700	6,70	48,29	22,3	0,03	0,350	0,01	n.a.	0,048
142	14/06/94	37,340	6,62	48,57	21,3	0,01	0,304	<0,01	n.a.	0,050
142	21/06/94	36,550	6,50	47,29	20,9	0,14	0,411	0,11	n.a.	0,047
142	28/06/94	40,480	6,49	47,24	21,3	0,14	0,363	0,10	n.a.	0,045
142	05/07/94	38,960	6,12	46,63	21,1	0,13	0,337	0,10	n.a.	0,045
142	12/07/94	32,060	4,98	38,35	17,0	0,05	0,221	0,07	n.a.	0,038
142	19/07/94	33,340	5,11	37,78	17,7	0,04	0,192	0,05	n.a.	0,038
142	26/07/94	39,940	5,73	46,91	21,0	0,03	0,213	0,05	n.a.	0,042
142	02/08/94	39,130	5,40	43,50	19,7	0,05	0,198	0,04	n.a.	0,040
142	09/08/94	40,280	5,38	44,84	19,5	0,05	0,202	0,05	n.a.	0,041
142	16/08/94	41,030	5,02	42,61	19,3	0,05	0,168	0,03	n.a.	0,039

142	23/08/94	43,020	5,53	48,94	21,9	0,04	0,205	0,04	n.a.	0,047
142	30/08/94	41,540	5,43	44,77	20,4	0,05	0,207	0,04	n.a.	0,040
142	06/09/94	43,010	5,72	49,21	21,9	0,06	0,229	0,05	n.a.	0,040

Variations hebdomadaires des cations dans les puits - témoins en mg/l (suite 3)

Code puits	Date	Ca	Mg	Na	K	Fe	Mn	Al	B	Ba
142	13/09/94	40,620	5,46	45,25	20,1	0,03	0,213	0,05	n.a.	0,041
142	31/9/94	41,570	5,55	52,02	20,8	0,03	0,202	0,05	n.a.	0,037

ANNEXE F Variations saisonnières de la composition chimique des eaux souterraines phréatiques

Anions en saison sèche								
Puits	Date	Cond.	pH	Cl-	SO4=HCO3-	NO2-	NO3-	
		uS/cm		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	
P4	18/04/92	489	n.m.	28,2	<3	135,4	<0,5	75,7
P4	01/02/93	n.m.	n.m.	44,0	< 10	n.a.	< 1	142,0
P4	01/03/93	n.m.	n.m.	33,0	< 10	n.a.	< 1	87,0
P4	01/04/93	n.m.	n.m.	33,0	< 10	n.a.	< 1	91,0
P4	01/05/93	n.m.	n.m.	33,0	< 10	n.a.	< 1	89,0
P4	30/11/93	n.m.	n.m.	2,1	4,0	n.a.	0,2	142,0
P4	28/02/94	n.m.	n.m.	26,0	10,9	n.a.	<0,1	71,7
P4	30/04/94	n.m.	n.m.	20,5	15,3	n.a.	<0,1	122,0
P4	31/05/94	n.m.	n.m.	>20	3,0	n.a.	<0,5	111,0
P4	31/01/94	n.m.	n.m.	n.a.	5,8	n.a.	<0,3	118,9
P4	02/05/94	n.m.	n.m.	n.a.	5,6	n.a.	<0,3	119,4
P4	10/05/94	n.m.	n.m.	n.a.	11,5	20,3	<0,3	132,3
P4	17/05/94	n.m.	n.m.	n.a.	4,5	24,1	<0,3	101,0
P4	24/05/94	n.m.	n.m.	n.a.	21,2	96,3	<0,3	242,1
P4	31/05/94	n.m.	n.m.	n.a.	5,9	21	<0,3	109,6
P4	30/10/94	n.m.	n.m.	n.a.	4,6	n.a.	<0,3	143,6
P4	30/11/94	n.m.	n.m.	n.a.	4,8	n.a.	<0,3	126,5
P4	30/12/94	n.m.	n.m.	n.a.	5,2	n.a.	<0,3	116,6
P6	06/05/92	280	5,55	3,62	33,2	0,030	0,028	0,060
P8	30/04/93	n.m.	n.m.	4,19	3,0	n.a.	0,4	7,2
P9	07/05/92	82	6,65	4,79	4,0	0,008	<.005	0,007
P9	15/04/93	n.m.	n.m.	4,43	2,6	n.a.	0,3	3,0
P11	08/05/92	344	6,02	2,01	24,5	<.005	0,113	0,070
P12	08/05/92	480	6,84	77,7	11	18,5	<0,5	47,0
P12	01/05/93	n.m.	n.m.	66,0	< 10	n.a.	< 1	51,0
P13	01/02/93	n.m.	n.m.	11,0	< 10	n.a.	< 1	46,0
P13	01/03/93	n.m.	n.m.	11,0	< 10	n.a.	< 1	51,0
P13	01/04/93	n.m.	n.m.	11,0	< 10	n.a.	< 1	48,0
P13	01/05/93	n.m.	n.m.	11,0	< 10	n.a.	< 1	44,0
P14	15/05/92	133	4,70	12,7	<3	6,95	<0,5	37,0
P14	01/04/93	n.m.	n.m.	11,0	< 10	n.a.	< 1	44,0
P18	18/05/92	150	5,91	9,11	5,3	<.005	<.005	0,011
P20	19/05/92	49	5,43	2,85	3,7	<.005	0,020	0,004
P22	19/05/92	25	5,42	0,41	2,3	<.005	<.005	0,009
P23	30/04/93	n.m.	n.m.	2,06	3,0	n.m.	<0,12	<0,12
P24	19/05/92	20	5,61	0,54	2,1	<.005	0,011	<.005
P28	30/04/93	n.m.	n.m.	2,30	1,1	n.a.	<0,12	<0,12
P28	30/11/93	n.m.	n.m.	19,5	9,3	n.a.	<0,1	36,4
P28	30/04/93	n.m.	n.m.	26,5	3,7	n.a.	<0,1	3,7
P29	21/05/92	38	5,52	0,15	5,7	0,009	0,005	<.005
P32	21/05/92	43	5,39	0,35	2,6	<.005	0,008	0,012
P32	30/04/93	n.m.	n.m.	2,99	1,8	n.a.	0,8	<0,12
P34	27/02/93	n.m.	n.m.	1,98	2,3	n.a.	<0,12	<0,12

Cond= conductivité n.m.= non mesuré n.a.= non analysé

Anions en saison sèche (SUITE 1)

Puits	Date	Cond. uS/cm	pH	Cl- mg/l	SO4=HCO3- mg/l	NO2- mg/l	NO3- mg/l
P36	21/05/92	69	5,54	1,73	11,6	<.005	0,049
P46	23/05/92	178	5,85	1,01	3,7	<.005	0,783
P47	01/04/93	n.m.	n.m.	< 5	< 10	n.a.	< 1
P48	08/04/93	n.m.	n.m.	1,65	1,6	n.a.	<0.12
P48	30/11/93	n.m.	n.m.	2,1	<1	n.a.	<0,1
P48	01/04/94	n.m.	n.m.	29,7	1,8	n.a.	<0,1
P48	01/05/94	n.m.	n.m.	3,0	2,0	n.a.	2,9
P49	28/05/92	171	5,13	1,35	7,7	0,012	0,041
P58	15/04/93	n.m.	n.m.	6,86	8,9	n.a.	0,4
P59	28/5/92	38	4,66	1,70	2,9	<.005	<.005
P62	15/04/93	n.m.	n.m.	1,71	2,5	n.a.	<0.12
P62	01/11/93	n.m.	n.m.	2,3	1,6	n.a.	<0,1
P62	01/04/94	n.m.	n.m.	27,9	20,9	n.a.	<0,1
P66	28/05/92	28	5,06	0,15	2,5	<.005	0,009
P77	01/04/93	n.m.	n.m.	11,0	< 10	n.a.	< 1
P78	01/02/93	n.m.	n.m.	10,0	6,0	n.a.	<0.5
P78	01/03/93	n.m.	n.m.	8,0	<3	n.a.	<0.5
P78	01/04/93	n.m.	n.m.	24,0	19,0	n.a.	<0.5
P78	01/05/93	n.m.	n.m.	12,0	4,0	n.a.	<0.5
P88	01/04/93	n.m.	n.m.	11,0	< 10	n.a.	< 1
P97	30/04/93	n.m.	n.m.	2,23	1,5	n.a.	<0.12
P101	09/06/92	475	5,27	27,7	7	35,38	<0.5
P101	10/05/94	n.m.	n.m.	n.a.	6,2	155	<0.3
P101	17/05/94	n.m.	n.m.	n.a.	6,2	134,2	<0.3
P101	24/05/94	n.m.	n.m.	n.a.	7,1	153,7	<0.3
P101	31/05/94	n.m.	n.m.	n.a.	7,8	101,2	<0.3
P102f	30/04/93	n.m.	n.m.	>	22,2	n.a.	0,4
P104	30/04/93	n.m.	n.m.	18,42	13,9	n.a.	<0.12
P104	01/04/93	n.m.	n.m.	22,0	< 10	n.a.	< 1
P104	30/11/93	n.m.	n.m.	2,8	2,1	n.a.	0,3
P104	30/02/93	n.m.	n.m.	29,0	18,0	n.a.	<0,1
P104	30/04/94	n.m.	n.m.	2,7	2,3	n.a.	<0,1
P107	05/05/93	n.m.	n.m.	36,02	6,2	n.a.	0,6
P111	01/04/93	n.m.	n.m.	44,0	< 10	n.a.	< 1
P113	01/04/93	n.m.	n.m.	55,0	< 10	n.a.	< 1
P114	01/04/93	n.m.	n.m.	22,0	< 10	n.a.	< 1
P114	30/02/94	n.m.	n.m.	20,9	14,2	n.a.	<0,1
P114	31/03/94	n.m.	n.m.	1,4	1,5	n.a.	<0,1
P114	01/04/94	n.m.	n.m.	2,1	1,1	n.a.	<0,1
P114	30/11/93	n.m.	n.m.	20,5	15,7	n.a.	<0,1
P114	01/05/94	n.m.	n.m.	>20	22,0	n.a.	<0,5

Cond= conductivité n.m.= non mesuré n.a.= non analysé

Anions en saison sèche (SUITE 2)

Puits	Date	Cond. uS/cm	pH	Cl- mg/l	SO4=HCO3- mg/l	NO2- mg/l	NO3- mg/l	
P119	01/04/93	n.m.	n.m.	33,0	< 10	n.a.	< 1	86,0
P119	10/05/94	n.m.	n.m.	1,86	7,6	27	<0.3	99,4
P119	17/05/94	n.m.	n.m.	1,33	5,5	113,4	<0.3	104,4
P119	24/05/94	n.m.	n.m.	2,30	5,3	16	<0.3	89,4
P119	31/05/94	n.m.	n.m.	1,17	5,5	136,6	<0.3	120,8
P124	01/03/93	n.m.	n.m.	4,0	<3	n.a.	<0.5	4,3
P124	01/04/93	n.m.	n.m.	< 5	< 10	n.a.	< 1	11,0
P124	01/04/93	n.m.	n.m.	< 5	< 10	n.a.	< 1	14,0
P124	01/04/93	n.m.	n.m.	< 5	< 10	n.a.	< 1	7,0
P124	01/05/93	n.m.	n.m.	5,0	4,0	n.a.	<0.5	4,8
P126	31/03/93	n.m.	n.m.	< 5	< 10	n.a.	< 1	5,0
P126	28/05/93	n.m.	n.m.	2,14	5,2	n.a.	<0.12	<0.12
P126	30/11/93	n.m.	n.m.	0,9	2,1	n.a.	<0,1	1,2
P126	31/03/94	n.m.	n.m.	2,2	1,5	n.a.	<0,1	3,7
P126	31/05/94	n.m.	n.m.	2,0	2,0	n.a.	<0,5	<0,1
P126	31/01/94	n.m.	n.m.	20,5	4,0	n.a.	<0.3	2,1
P126	31/01/94	n.m.	n.m.	n.a.	3,9	n.a.	<0.3	2,0
P126	31/03/94	n.m.	n.m.	n.a.	3,6	n.a.	<0.3	1,8
P126	02/05/94	n.m.	n.m.	n.a.	5,9	n.a.	<0.3	2,1
P126	10/05/94	n.m.	n.m.	n.a.	3,3	47,6	<0.3	0,8
P126	15/05/94	n.m.	n.m.	n.a.	9,4	10,3	<0.3	104,4
P126	31/05/94	n.m.	n.m.	n.a.	3,5	74,4	<0.3	1,3
P127	01/04/93	n.m.	n.m.	< 5	< 10	n.a.	< 1	11,0
P129	01/04/93	n.m.	n.m.	< 5	< 10	n.a.	< 1	0,0
P130	01/04/93	n.m.	n.m.	< 5	< 10	n.a.	< 1	15,0
P133	01/03/93	n.m.	n.m.	11,0	< 10	n.a.	< 1	26,0
P137	30/04/93	n.m.	n.m.	2,63	1,4	n.a.	<0.12	<0.12
P142	10/05/94	n.m.	n.m.	n.a.	21,7	10,3	<0.3	227,3
P142	17/05/94	n.m.	n.m.	n.a.	22,4	15	<0.3	225,1
P142	24/05/94	n.m.	n.m.	n.a.	21,0	4,1	<0.3	235,4
P142	31/05/94	n.m.	n.m.	n.a.	21,6	9,6	<0.3	223,4
P149	26/05/92	160	5,63	2,3	11,6	4,32	1,86	1,32
FN1	18/04/92	n.m.	n.m.	2,21	2,6	n.a.	<0.12	2,3

Anions en saison des pluies

Puits	Date	Cond. uS/cm	pH	Cl- mg/L	SO4-2 mg/L	HCO3- mg/L	NO2- mg/L	NO3- mg/L
P4	07/06/94	n.m.	n.m.	n.a.	5,3	9,7	<0.3	102,3
P4	14/06/94	n.m.	n.m.	n.a.	5,6	107,3	<0.3	110,8
P4	21/06/94	n.m.	n.m.	n.a.	5,5	86,6	<0.3	110,5
P4	28/06/94	n.m.	n.m.	n.a.	5,2	77	<0.3	111,9
P4	05/07/94	n.m.	n.m.	n.a.	4,9	9,2	<0.3	106,9
P4	12/07/94	n.m.	n.m.	n.a.	4,8	12	<0.3	117,6
P4	19/07/94	n.m.	n.m.	n.a.	6,1	10,2	<0.3	96,7
P4	26/07/94	n.m.	n.m.	n.a.	3,4	16,3	<0.3	0,8
P4	31/07/94	n.m.	n.m.	n.a.	5,8	n.a.	<0.3	143,2
P4	09/08/94	n.m.	n.m.	n.a.	5,7	16	<0.3	137,6
P4	16/08/94	n.m.	n.m.	n.a.	5,5	18,1	<0.3	144,4
P4	23/08/94	n.m.	n.m.	n.a.	11,4	11,4	<0.3	124,8
P4	30/08/94	n.m.	n.m.	n.a.	5,4	28	<0.3	153,1
P4	06/09/94	n.m.	n.m.	n.a.	5,7	137,8	<0.3	150,9
P4	13/09/94	n.m.	n.m.	n.a.	43,1	58,5	<0.3	205,9
P4	20/09/94	n.m.	n.m.	n.a.	4,3	19,2	<0.3	18,8
P4	01/06/94	n.m.	n.m.	>20	2,0	n.a.	0,3	116,3
P4	01/07/93	n.m.	n.m.	44,0	< 10	n.a.	< 1	110,0
P4	01/08/93	n.m.	n.m.	44,0	< 10	n.a.	< 1	133,0
P4	01/09/93	n.m.	n.m.	44,0	< 10	n.a.	< 1	126,0
P4	01/10/93	n.m.	n.m.	47,0	3,0	n.a.	<0.5	112,3
P6	14/09/92	181	4,53	25,1	<3	0	<0.5	59,7
P8	31/08/93	n.m.	n.m.	5,09	3,1	n.a.	<0.12	15,2
p9	15/09/92	109	5,29	2,05	7,2	<.005	<.005	0,023
P11	16/09/92	344	5,06	2,20	26,7	<.005	0,009	0,093
P12	14/09/92	477	4,90	2,54	50,3	<.005	0,018	0,094
P13	01/06/93	n.m.	n.m.	11,0	< 10	n.a.	< 1	47,0
P13	01/07/93	n.m.	n.m.	11,0	< 10	n.a.	< 1	48,0
P13	01/08/93	n.m.	n.m.	20,0	<3	n.a.	<0.5	52,3
P13	01/09/93	n.m.	n.m.	16,0	<3	n.a.	<0.5	47,5
P13	01/10/93	n.m.	n.m.	16,0	<3	n.a.	<0.5	47,8
P14	15/09/92	161	4,36	4,28	12,9	<.005	0,015	0,017
P15	15/09/92	295	5,62	46,7	<3	14,39	<0.5	115,1
P18	15/09/92	n.m.	n.m.	9,07	2,9	<.005	<.005	0,011
P19	15/09/92	19	4,47	2,3	<3	0	<0.5	0,8
P22	15/09/92	35	4,70	3,6	3	0	<0.5	3,6
P23	31/08/93	n.m.	n.m.	1,69	1,1	n.a.	<0.12	0,8
P24	17/09/92	21	3,86	0,15	2,0	<.005	0,016	<.005
P26	15/09/92	632	n.m.	51,9	64	6,71	<0.5	116,1
P28	30/07/93	n.m.	n.m.	4,17	3,7	n.a.	<0.12	6,9
P29	15/09/92	46	4,44	0,51	3,6	<.005	<.005	0,012

Cond= conductivité n.m.= non mesuré n.a.= non analysé

Anions en saison des pluies (SUITE 1)

Puits	Date	Cond. uS/cm	pH	Cl- mg/L	SO4-2 mg/L	HCO3- mg/L	NO2- mg/L	NO3- mg/L
P32	31/08/93	n.m.	n.m.	3,88	2,0	n.a.	<0.12	8,9
P32	08/09/92	296	4,58	1,21	61,5	<.005	0,019	0,006
P34	31/08/93	n.m.	n.m.	3,16	2,4	n.a.	<0.12	7,0
P36	23/09/92	112	4,47	1,55	3,9	<.005	<.005	0,005
P37	07/09/92	77	4,58	4,3	4	8,78	<0.5	6,2
P46	26/09/92	216	5,78	10,45	3,3	<.005	1,889	0,024
P47	07/09/92	90	5,55	1,32	7,9	<.005	<.005	0,017
P48	31/08/93	n.m.	n.m.	5,79	1,6	n.a.	<0.12	11,7
P49	07/09/92	90	5,55	1,35	6,5	<.005	<.005	0,017
P58	30/07/93	n.m.	n.m.	8,77	8,4	n.a.	0,5	26,7
P59	08/09/92	62	4,35	0,61	1,8	0,008	<.005	0,009
P62	30/07/93	n.m.	n.m.	2,01	1,5	n.a.	<0.12	<0.12
P66	08/09/92	61	5,06	0,73	3,7	<.005	<.005	0,012
P68	01/06/92	93	5,36	1,25	3,4	<.005	<.005	0,011
P68	10/09/92	216	6,17	1,17	7,8	<.005	<.005	0,063
P75	01/06/92	219	6,18	2,13	15,9	<.005	0,007	0,039
P75	10/09/92	212	6,40	1,53	7,5	<.005	<.005	0,131
P77	02/06/92	222	6,00	14,9	9	33,67	<0.5	32,4
P77	11/09/92	308	5,25	2,40	36,3	<.005	0,010	0,036
P78	01/06/93	n.m.	n.m.	20,0	27,0	n.a.	<0.5	41,1
P78	01/07/93	n.m.	n.m.	14,0	24,0	n.a.	<0.5	27,6
P78	01/08/93	n.m.	n.m.	11,0	21,0	n.a.	<0.5	23,4
P78	01/09/93	n.m.	n.m.	11,0	21,0	n.a.	<0.5	17,0
P78	01/10/93	n.m.	n.m.	12,0	23,0	n.a.	<0.5	20,0
P88	03/06/92	175	6,28	1,28	12,5	<.005	<.005	0,026
P88	03/09/92	136	5,65	0,27	9,9	<.005	1,133	<.005
P92	03/06/92	321	6,08	2,83	18,1	<.005	<.005	0,091
P92	11/09/92	38	5,88	0,28	2,3	<.005	<.005	0,014
P97	05/06/92	68	6,62	3,5	3	30,5	<0.5	<0.5
P97	14/09/92	n.m.	n.m.	1,88	28,2	<.005	0,018	0,094
P97	01/09/93	n.m.	n.m.	3,79	4,0	n.a.	<0.12	1,3
P101	14/09/92	377	5,23	35,1	7	34,79	<0.5	87,1
P101	07/06/94	n.m.	n.m.	n.a.	4,8	44	<0.3	194,6
P101	14/06/94	n.m.	n.m.	n.a.	8,2	86,6	<0.3	95,6
P101	21/06/94	n.m.	n.m.	n.a.	8,2	52,4	<0.3	99,0
P101	28/06/94	n.m.	n.m.	n.a.	4,0	95,1	<0.3	15,2
P101	05/07/94	n.m.	n.m.	n.a.	11,9	55	<0.3	132,9
P101	12/07/94	n.m.	n.m.	n.a.	11,8	60	<0.3	128,4
P101	19/07/94	n.m.	n.m.	n.a.	12,1	64,6	<0.3	160,5
P101	26/07/94	n.m.	n.m.	24,05	4,5	124,4	<0.3	231,8
P101	02/08/94	n.m.	n.m.	n.a.	10,7	101,2	<0.3	124,8

Cond= conductivité n.m.= non mesuré n.a.= non analysé



Anions en saison des pluies (SUITE 2)

Puits	Date	Cond. uS/cm	pH	Cl- mg/L	SO4-2HCO3- mg/L	NO2- mg/L	NO3- mg/L	
P101	09/08/94	n.m.	n.m.	n.a.	1,8	73,2	<0.3	116,8
P101	16/08/94	n.m.	n.m.	n.a.	6,1	123,2	<0.3	101,4
P101	23/08/94	n.m.	n.m.	n.a.	11,8	127	<0.3	122,3
P101	30/08/94	n.m.	n.m.	n.a.	11,9	63,4	<0.3	118,9
P101	06/09/94	n.m.	n.m.	37,33	8,96	89	<0.1	134,04
P101	13/09/94	n.m.	n.m.	n.a.	34,2	103,7	<0.3	191,0
P101	20/09/94	n.m.	n.m.	n.a.	11,8	63,4	<0.3	120,8
P102	14.9.92	181	5,02	2,16	18,4	<.005	0,011	0,034
P102 b	01/09/92	n.m.	n.m.	33,0	< 10	n.a.	< 1	115,0
P102f	01/09/93	n.m.	n.m.	39,00	52,0	n.a.	<0.12	143,9
P104	01/09/93	n.m.	n.m.	24,05	21,8	n.a.	<0.12	91,1
P111	10/06/92	462	5,25	42,7	<3	14,39	<0.5	118,0
P113	30/07/93	n.m.	n.m.	39,00	20,3	n.a.	<0.12	208,9
P114	10/06/92	181	5,02	4,64	31,0	<.005	<.005	0,054
P114	14/09/92	118	4,42	0,91	9,8	<.005	<.005	0,033
P114	01/09/93	n.m.	n.m.	25,80	4,5	n.a.	<0.12	47,2
P114	01/06/94	n.m.	n.m.	>20	12,0	n.a.	<0.5	109,0
P119	14/09/92	n.m.	5,06	1,33	21,8	<.005	0,009	0,060
P119	07/06/94	n.m.	n.m.	n.a.	6,3	18,6	<0.3	100,9
P119	14/06/94	n.m.	n.m.	3,61	10,1	96,3	<0.3	106,7
P119	21/06/94	n.m.	n.m.	1,76	5,3	24	<0.3	108,3
P119	28/06/94	n.m.	n.m.	1,59	5,8	13,4	<0.3	118,5
P119	05/07/94	n.m.	n.m.	n.a.	5,2	62,2	<0.3	138,2
P119	12/07/94	n.m.	n.m.	3,42	4,0	96,3	<0.3	174,1
P119	19/07/94	n.m.	n.m.	n.a.	5,8	5,1	<0.3	97,0
P119	26/07/94	n.m.	n.m.	n.a.	3,8	8	<0.3	211,1
P119	02/08/94	n.m.	n.m.	n.a.	19,9	10,2	<0.3	231,3
P119	09/08/94	n.m.	n.m.	n.a.	4,1	66	<0.3	181,1
P119	16/08/94	n.m.	n.m.	2,14	4,5	8,5	<0.3	154,1
P119	23/08/94	n.m.	n.m.	n.a.	5,3	16,1	<0.3	145,2
P119	30/08/94	n.m.	n.m.	n.a.	6,6	53,6	<0.3	140,9
P119	06/09/94	n.m.	n.m.	n.a.	6,1	22,7	<0.3	138,4
P119	13/09/94	n.m.	n.m.	n.a.	5,3	116	<0.3	129,7
P119	20/09/94	n.m.	n.m.	n.a.	6,1	94	<0.3	137,5
P123	19/06/92	118	5,42	7,1	4	10,85	<0.5	17,6
P123	16/09/92	52	5,06	0,37	3,7	<.005	<.005	0,012
P124	01/06/93	n.m.	n.m.	12,0	5,0	n.a.	<0.5	26,7
P124	01/07/93	n.m.	n.m.	6,0	4,0	n.a.	<0.5	13,7
P124	01/08/93	n.m.	n.m.	4,0	<3	n.a.	<0.5	8,1
P126	16/09/92	46	3,80	0,17	2,3	<.005	<.005	0,007
P126	31/08/93	n.m.	n.m.	3,21	2,1	n.a.	<0.12	11,4

Cond= conductivité n.m.= non mesuré n.a.= non analysé

Anions en saison des pluies (SUITE 3)

Puits	Date	Cond. uS/cm	pH	Cl- mg/L	SO4-2 mg/L	HCO3- mg/L	NO2- mg/L	NO3- mg/L
P126	01/06/94	n.m.	n.m.	2,2	1,0	n.a.	<0,5	0,8
P126	07/06/94	n.m.	n.m.	n.a.	6,5	77	<0.3	1,8
P126	14/06/94	n.m.	n.m.	n.a.	3,5	112,2	<0.3	1,4
P126	21/06/94	n.m.	n.m.	n.a.	3,4	125,6	<0.3	1,4
P126	28/06/94	n.m.	n.m.	n.a.	3,4	19,1	<0.3	2,0
P126	05/07/94	n.m.	n.m.	n.a.	3,1	8,2	<0.3	3,7
P126	12/07/94	n.m.	n.m.	n.a.	4,7	105	<0.3	13,5
P126	19/07/94	n.m.	n.m.	n.a.	4,6	73,2	<0.3	16,7
P126	26/07/94	n.m.	n.m.	n.a.	4,3	96,3	6,4	7,6
P126	31/07/94	n.m.	n.m.	n.a.	4,0	n.a.	<0.3	16,3
P126	02/08/94	n.m.	n.m.	n.a.	3,9	66	<0.3	15,9
P126	09/08/94	n.m.	n.m.	n.a.	4,0	75,6	<0.3	16,7
P126	16/08/94	n.m.	n.m.	n.a.	4,4	17	<0.3	20,4
P126	30/08/94	n.m.	n.m.	4,7	3,6	17,5	<0.3	15,4
P126	06/09/94	n.m.	n.m.	n.a.	6,7	61	<0.3	163,4
P126	13/09/94	n.m.	n.m.	n.a.	40,0	100	<0.3	187,2
P126	30/09/94	n.m.	n.m.	n.a.	3,9	n.a.	<0.3	11,4
P128	17/09/92	491	6,21	4,01	16,7	<.005	<.005	0,160
P129	17/09/92	35	4,20	3,2	3	2,44	<0.5	2,4
P131	17/09/92	244	6,30	20,4	19	103,7	<0.5	25,2
P133	18/09/92	361	n.m.	3,50	26,8	<.005	<.005	0,096
P137	30/07/93	n.m.	n.m.	3,15	1,8	n.a.	<0.12	7,0
P138	17/09/92	697	n.m.	68,0	45	0	<0.5	138,4
P140	18/09/92	475	n.m.	25,4	41	156,1	<0.5	42,1
P142	07/06/94	n.m.	n.m.	n.a.	5,7	4,9	<0.3	128,6
P142	14/06/94	n.m.	n.m.	n.a.	21,5	67,1	<0.3	213,0
P142	21/06/94	n.m.	n.m.	n.a.	6,4	3,1	<0.3	135,4
P142	28/06/94	n.m.	n.m.	n.a.	21,0	1,7	<0.3	216,0
P142	05/07/94	n.m.	n.m.	n.a.	22,5	0	<0.3	205,9
P142	12/07/94	n.m.	n.m.	n.a.	22,4	0	<0.3	152,4
P142	19/07/94	n.m.	n.m.	n.a.	24,8	0	<0.3	156,0
P142	26/07/94	n.m.	n.m.	n.a.	34,9	0	<0.3	189,2
P142	02/08/94	n.m.	n.m.	n.a.	12,0	2,6	<0.3	122,4
P142	09/08/94	n.m.	n.m.	n.a.	37,9	0	<0.3	194,6
P142	16/08/94	n.m.	n.m.	n.a.	42,5	0	<0.3	167,0
P142	23/08/94	n.m.	n.m.	n.a.	43,7	0	<0.3	194,1
P142	30/08/94	n.m.	n.m.	n.a.	41,6	0	<0.3	178,9
P142	06/09/94	n.m.	n.m.	n.a.	8,3	0	<0.3	19,6
P142	13/09/94	n.m.	n.m.	n.a.	7,3	0	<0.3	156,7
P142	30/09/94	n.m.	n.m.	n.a.	45,7	n.a.	<0.3	168,3
P143	18/09/92	632	n.m.	19,8	51,9	47,44	4,05	1,74
P149	10/06/92	n.m.	n.m.	11,6	4	23,79	<0.5	15,9

Cond= conductivité n.m.= non mesuré n.a.= non analysé

ANNEXE

Variations saisonnières de la composition chimique des eaux de la nappe phréatique

Puits	Date	Cond.	Cations en saison sèche							
			Ca+2	Mg+2	Na+	K+	Fe	Al	Mn	B
		uS	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
P4	33712	489	14,89	6,24	11,17	7,4	< .005	n.a.	0,011	0,012
p4	30/11/93	n.m.	0,037	14,11	0,095	0,012	20,160	n.a.	5,838	0,18
p4	28/02/94	n.m.	0,035	11,12	0,087	0,016	18,580	5,55	5,453	0,17
p4	30/04/94	n.m.	0,033	10,07	0,076	<0,008	17,430	<0,02	5,582	0,19
P6	06/05/92	280	0,021	4,3	0,028	0,030	14,19	6,65	3,62	0,04
P8	34067	n.m.	5,68	1,031	4,28	1,3	<0,01	<0,02	<0,002	<0,01
P9	07.5.92	82	0,007	0,8	<.005	0,008	2,37	6,02	4,79	0,05
P9	9.15.4.93	n.m.	5,25	1,746	3,64	1,8	<0,01	0,05	<0,002	<0,01
P11	08.5.92	344	0,027	15,2	0,113	<.005	21,61	<0,02	2,01	0,02
P12	8.5.92	n.m.	23,06	8,59	17,63	41,5	< .005	4,70	0,440	0,011
P13	13.28.5.93	n.m.	3,32	6,246	10,19	3,1	<0,01	0,04	0,019	<0,01
P14	15.5.92	n.m.	0,036	3,2	0,028	< .005	2,84	0,04	6,13	0,04
P14	15.5.92	133	2,84	6,13	5,55	3,2	< .005	5,91	0,028	0,007
P15		n.m.	20,16	7,04	18,29	13,1	< .005	0,02	0,094	0,011
P18	18.5.92	150	0,007	2,0	<.005	<.005	2,40	5,43	9,11	0,11
P19		n.m.	0,50	0,40	0,41	0,5	< .005	0,02	< .002	< .005
P22	19.5.92	49	0,005	0,4	0,020	<.005	1,24	5,42	2,85	0,03
P23	23.30.4.93	n.m.	1,14	5,668	0,90	0,2	<0,01	5,61	<0,002	<0,01
P24	19.5.92	25	0,004	1,0	<.005	<.005	3,79	<0,02	0,41	<.01
P26	19.5.92	20	0,003	0,2	0,011	<.005	0,40	n.a.	0,54	<.01
P28	28.30.4.93	n.m.	0,81	0,717	1,53	0,3	<0,01	n.a.	<0,002	<0,01
p28	30.11.93	n.m.	0,005	0,48	<0,002	<0,008	1,881	5,52	0,621	0,19
p28	30.4.94	n.m.	0,003	0,46	<0,002	<0,008	1,349	5,39	0,927	0,17
P29	21.5.92	38	0,004	0,4	0,005	0,009	1,15	<0,02	0,15	<.01
P32	21.5.92	43	0,005	0,8	0,008	<.005	3,45	<0,02	0,35	<.01
P32	32.30.4.93	n.m.	3,97	0,504	2,44	0,9	<0,01	5,54	<0,002	<0,01
P34	34.27.2.93	n.m.	1,49	2,131	1,29	0,7	<0,01	4,47	0,009	<0,01
P36	21.5.92	69	0,009	0,4	0,049	<.005	2,72	5,85	1,73	0,03
P37	23.5.92	112	0,005	<.1	<.005	<.005	2,29	5,78	1,55	0,01
P46	23.5.92	178	0,086	1,3	0,783	<.005	21,78	<0,02	1,01	0,01
P47	26.5.92	216	0,030	1,0	1,889	<.005	5,71	n.a.	10,45	0,16
P48	48.8.4.93	n.m.	1,53	4,825	1,05	0,1	<0,01	n.a.	0,103	<0,01
p48	30.11.93	n.m.	0,004	0,59	<0,002	<0,008	1,709	5,13	3,139	0,17
p48	30.4.94	n.m.	0,002	0,67	0,173	<0,008	3,189	n.a.	5,044	0,19
P59	28.5.92	171	0,010	4,3	0,041	0,012	7,28	n.a.	1,35	0,03
p62	30.11.93	n.m.	0,003	1,18	<0,002	<0,008	2,553	5,06	0,556	0,17
p62	30.4.94	n.m.	0,013	0,62	0,015	0,124	6,271	0,03	1,420	0,19
P66	28.5.92	28	0,002	0,4	0,009	<.005	0,89	<0,02	0,15	<.01
P97	97.30.4.93	n.m.	2,42	6,053	2,05	0,6	<0,01	0,03	<0,002	<0,01
P102	102.30.4.93	n.m.	26,31	0,459	39,29	26,0	<0,01	n.a.	<0,002	<0,01
P104	104.30.4.93	n.m.	25,71	6,153	13,87	6,4	<0,01	n.a.	<0,002	0,02
p104	30.11.93	n.m.	0,014	10,54	<0,002	<0,008	29,820	n.a.	3,280	0,17

Cond= conductivité n.m.= non mesuré n.a.= non analysé

Cations en saison sèche (suite)

Puits	Date	Cond.	Ca+2	Mg+2	Na+	K+	Fe	Al	Mn	B
		uS	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
p104	28.2.94	n.m.	0,012	10,12	0,002	<0,008	26,180	0,03	3,963	0,18
p104	30.4.94	n.m.	0,012	10,09	0,002	<0,008	26,050	n.a.	4,125	0,18
P107	107.5.5.93	n.m.	31,61	4,807	29,43	13,1	<0,01	n.a.	0,027	0,02
p114	30.11.93	n.m.	0,014	3,96	<0,002	<0,008	8,712	n.a.	2,807	0,19
p114	28.2.94	n.m.	0,022	5,86	0,026	<0,008	12,440	n.a.	5,266	0,18
p114	31.3.94	n.m.	0,031	8,10	0,025	<0,008	15,360	n.a.	6,710	0,18
p114	30.4.94	n.m.	0,031	9,28	0,018	<0,008	13,580	0,04	6,448	0,17
p114	31.5.94	n.m.	0,029	10,87	0,023	<0,008	14,330	n.a.	5,873	0,19
P126	126.28.5.93	n.m.	9,28	2,998	0,90	3,4	<0,01	n.a.	0,003	0,01
p126	30.11.93	n.m.	0,001	0,91	<0,002	<0,008	3,923	n.a.	0,386	0,16
p126	30.4.94	n.m.	0,005	0,64	0,055	<0,008	1,711	<0,02	0,252	0,19
p126	31.5.94	n.m.	0,004	0,48	0,500	<0,008	3,188	n.a.	0,242	0,17
P137	137.30.4.93	n.m.	2,28	0,577	2,51	1,6	<0,01	n.a.	0,010	<0,01

Cation en saison des pluies

Puits	Date	Cond.	Ca+2	Mg+2	Na+	K+	Fe	Al	Mn	B
		uS	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
P6	14.9.92	181	16,55	3,27	15,61	5,7	0,128	0,20	0,064	0,013
P8	8.31.8.93	n.m.	6,71	1,304	4,63	1,8	<0,01	<0,02	0,002	<0,01
P9	15.9.92	109	0,008	2,2	<0,005	<0,005	7,85	5,29	2,05	<0,01
P11	16.9.92	344	0,015	17,1	0,009	<0,005	28,29	5,06	2,20	<0,01
P12	14.9.92	477	0,023	36,3	0,018	<0,005	27,48	4,90	2,54	0,02
P14	15.9.92	161	0,033	2,9	0,015	<0,005	3,37	4,36	4,28	0,04
P18	15.9.92	n.m.	0,006	1,9	<0,005	<0,005	2,52	n.a.	9,07	0,10
P22	15.9.92	35	1,15	0,36	1,82	1,3	<0,005	<0,01	0,006	0,005
P23	23.31.8.93	n.m.	0,60	0,609	1,25	0,7	<0,01	<0,02	0,002	<0,01
P24	17.9.92	21	0,005	0,3	0,016	<0,005	1,00	3,86	0,15	<0,01
P26	15.9.92	632	47,44	4,05	39,58	19,8	<0,005	0,03	0,039	0,031
P28	28.30.7.93	n.m.	9,00	1,029	3,18	1,0	<0,01	<0,02	0,002	<0,01
P29	15.9.92	632	0,006	0,2	0,007	<0,005	1,90	n.a.	0,26	<0,01
P32	15.9.92	46	0,005	1,4	<0,005	<0,005	4,11	4,44	0,51	0,01
P32	32.30.8.93	n.m.	4,15	0,528	3,60	1,6	<0,01	<0,02	0,004	<0,01
P34	34.31.8.93	n.m.	3,31	0,283	3,95	1,8	<0,01	<0,02	<0,002	<0,01
P36	08.9.92	296	0,008	0,8	0,019	<0,005	1,50	4,58	1,21	0,01
P37	7.9.92	n.m.	5,09	1,20	0,83	0,2	<0,005	<0,01	0,007	0,007
P46	07.9.92	21	0,003	0,3	<0,005	<0,005	0,58	4,64	0,22	<0,01
P48	48.31.8.93	n.m.	4,20	1,198	4,63	1,5	<0,01	<0,02	0,011	<0,01
P49	07.9.92	90	0,005	2,5	<0,005	<0,005	6,33	5,55	1,32	0,02
P58	58.30.7.93	n.m.	14,37	1,266	8,47	3,3	<0,01	<0,02	0,003	0,01
P59	08.9.92	62	0,005	1,3	<0,005	0,008	3,25	4,35	0,61	0,01

Cond= conductivité n.m.= non mesuré n.a.= non analysé

Cation en saison des pluies (suite)

Puits	Date	Cond.	Ca+2	Mg+2	Na+	K+	Fe	Al	Mn	B
		uS	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
P62	62.30.7.93	n.m.	1,57	0,454	2,07	2,2	<0,01	<0,02	0,004	<0,01
P66	08.9.92	38	0,005	4,1	<.005	<.005	7,83	4,66	1,70	<.01
P68	01.6.92	93	0,008	1,6	<.005	<.005	3,82	5,36	1,25	0,02
P68	08.9.92	61	0,005	1,4	<.005	<.005	3,69	5,06	0,73	0,01
P75	01.6.92	219	0,012	6,4	0,007	<.005	13,49	6,18	2,13	0,02
P75	10.9.92	216	0,015	4,6	<.005	<.005	23,41	6,17	1,17	0,01
P77	02.6.92	n.m.	16,86	1,37	12,53	4,4	<.005	0,02	0,009	0,010
P77	10.9.92	212	0,014	3,6	<.005	<.005	28,51	6,40	1,53	0,02
P88	03.6.92	136	0,013	0,3	1,133	<.005	1,60	5,65	0,27	<.01
P88	11.9.92	308	0,008	6,0	0,010	<.005	10,79	5,25	2,40	0,03
P92	03.6.92	175	0,014	6,4	<.005	<.005	8,55	6,28	1,28	0,02
P92	11.9.92	321	0,026	8,6	<.005	<.005	29,57	6,08	2,83	0,04
P97	5.6.92	n.m.	2,81	4,11	2,50	0,6	<.005	0,03	0,072	0,005
P97	11.9.92	38	0,003	0,2	<.005	<.005	4,49	5,88	0,28	<.01
P97	97.1.9.93	n.m.	9,07	0,564	3,23	1,5	<0,01	<0,02	<0,002	<0,01
P101	9.6.92	n.m.	26,05	6,91	11,66	11,4	<.005	0,05	0,037	0,014
P101	14.9.92	377	32,30	3,73	24,10	13,7	<.005	0,03	0,004	0,015
P102	14.9.92	n.m.	0,013	18,3	0,018	<.005	28,36	n.a.	1,88	0,02
P102	102.1.9.93	n.m.	40,98	2,374	54,35	25,7	<0,01	<0,02	0,002	0,02
P104	104.1.9.93	n.m.	31,56	3,630	18,92	9,0	<0,01	<0,02	0,003	0,02
P111	10.6.92	n.m.	30,46	5,36	32,73	13,9	<.005	0,04	0,062	0,018
P114	14.9.92	181	0,034	7,7	<.005	<.005	13,78	5,02	4,64	0,04
P114	14.9.92	181	0,013	3,4	0,011	<.005	8,75	5,02	2,16	0,02
P114	114.1.9.93	n.m.	12,67	3,099	19,01	3,9	<0,01	<0,02	0,021	<0,01
P119	14.9.92	n.m.	0,015	9,2	0,009	<.005	19,67	5,06	1,33	0,01
P123	19.6.92	118	6,39	0,73	2,91	4,4	<.005	0,01	0,003	0,006
P126	16.9.92	52	0,005	1,7	<.005	<.005	3,29	5,06	0,37	<.01
P128	08.9.92	46	0,003	1,2	<.005	<.005	2,04	3,80	0,17	<.01
P129	17.9.92	35	1,49	0,17	1,81	0,7	<.005	<.01	0,007	<.005
P131	17.9.92	244	29,10	1,10	10,86	9,0	<.005	<.01	<.002	0,013
P133	17.9.92	491	0,036	19,3	<.005	<.005	46,98	6,21	4,01	0,03
P126	126.31.8.93	n.m.	4,35	0,361	4,09	1,9	<0,01	<0,02	<0,002	<0,01
P137	137.30.7.93	n.m.	3,82	0,753	3,28	1,7	<0,01	<0,02	<0,002	<0,01
P138	17.9.92	697	37,76	4,57	46,53	21,0	<.005	0,02	0,183	0,017
P140	18.9.92	n.m.	44,74	3,25	25,15	13,6	<.005	0,02	0,008	0,033
P141	18.9.92	361	0,016	8,0	<.005	<.005	27,00	n.a.	3,50	0,03
P149	10.6.92	160	4,32	1,86	12,28	2,3	<.005	<.01	0,035	0,008

Cond= conductivité n.m.= non mesuré n.a.= non analysé

ANNEXE G

Composition chimique des eaux de la nappe profonde

Forage	Date	Cl (mg/l)	Cl (méq/l)	SO4 (mg/l)	SO4 (méq/l)
lim détect		0,15		0,2	
FN1	Avr-92	2,21	0,13	2,62	0,05
FN1	Mai-93	< 5	0,24	<10	0,19
FTA1	Mai-93	11,00	0,65	<10	0,19
FKJ3	Mai-93	< 5	0,24	<10	0,19
FKJ3	Oct-93	2,67	0,16	1,56	0,03
FKJ3	Jul-94	n.a.		4,29	0,09
FKA1	Mai-93	< 5	0,24	<10	0,19
FKA1	Mai-94	20,25	1,19	9,90	0,21
FMT1	Jul-94	n.a.		5,91	0,12
FMT1	Aoû-94	26,46	1,56	3,91	0,08

Forage	Date	HCO3 (mg/l)	HCO3 (méq/l)	NO3 (mg/l)	NO3 (méq/l)
lim détect				0,1	
FN1	Avr-92	1,69	0,82	2,29	0,07
FN1	Mai-93	5,81	0,58	17,05	0,55
FTA1	Mai-93	5,81	0,17	48,71	1,57
FKJ3	Mai-93	5,81	0,58	9,26	0,30
FKJ3	Oct-93	1,01	0,81	0,10	0,00
FKJ3	Jul-94	2,77	0,91	14,65	0,47
FKA1	Mai-93	5,81	0,58	11,20	0,36
FKA1	Mai-94	6,39	-0,40	3,19	0,10
FMT1	Jul-94	3,82	0,88	15,86	0,51
FMT1	Aoû-94	2,53	-0,64	1,17	0,04

Forage	Date	Ca (mg/l)	Ca (méq/l)	Mg (mg/l)	Mg (méq/l)
lim détect		0,01		0,00	
FN1	Avr-92	1,84	0,09	15,79	1,32
Kakimbon	Avr-92	0,83	0,04	3,35	0,28
FKJ3	Oct-93	11,22	0,56	0,59	0,05
FKJ3	Jul-94	14,97	0,75	0,81	0,07
FMT1	Mai-94	9,66	0,48	7,66	0,64
FMT1	Jul-94	5,20	0,26	1,80	0,15
FMT1	Aoû-94	3,54	0,18	1,26	0,10

Forage	Date	Na (mg/l)	Na (méq/l)	K (mg/l)	K (méq/l)
lim détect		0,01		0,1	
FN1	Avr-92	2,99	0,27	0,46	0,02
Kakimbon	Avr-92	2,95	0,27	1,18	0,06
FKJ3	Oct-93	4,16	0,38	3,60	0,19
FKJ3	Jul-94	5,37	0,49	4,37	0,23
FMT1	Mai-94	4,23	0,38	1,29	0,07
FMT1	Jul-94	4,30	0,39	2,48	0,13
FMT1	Aoû-94	4,21	0,38	2,17	0,11

Composition chimique des eaux de la nappe profonde (suite)

Forage	Date	Fe (mg/l)	Fe (méq/l)	Mn (mg/l)	Mn (méq/l)
lim détect		0,00		0,002	
FN1	Avr-92	<0,01	0,00	0,00	0,00
Kakimbon	Avr-92	<0,01	0,00	<0,002	0,00
FKJ3	Oct-93	<0,01	0,00	<0,002	0,00
FKJ3	Jul-94	<0,01	0,00	0,00	0,00
FMT1	Mai-94	<0,01	0,00	<0,002	0,00
FMT1	Jul-94	0,69	0,03	0,06	0,00
FMT1	Aoû-94	0,49	0,02	0,03	0,00

Forage	Date	Al (mg/l)	Al (méq/l)
lim détect		0,02	
FN1	Avr-92	0,14	0,01
Kakimbon	Avr-92	<0,02	0,00
FKJ3	Oct-93	<0,02	0,00
FKJ3	Jul-94	0,05	0,00
FMT1	Mai-94	0,06	0,00
FMT1	Jul-94	0,04	0,00
FMT1	Aoû-94	<0,01	0,00

Composition moyenne des eaux de la nappe profonde

Forage	Ca (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Mg (mg/l)	Cl (mg/l)	SO4 (mg/l)	HCO3 (mg/l)	NO3 (mg/l)
lim détect	0,01	0,01	0,1	0,00	0,15	0,2		0,1
FN1	1,84	2,99	0,46	15,79	3,11	5,81	3,75	9,67
Kakimbon	0,83	2,95	1,18	3,35	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
ETA1	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	11,00	9,00	5,81	48,71
FKI3	13,10	4,76	3,98	0,70	3,33	4,95	3,20	8,00
FKA1	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	4,00	9,00	5,81	11,20
FMT1	6,13	4,25	1,98	3,57	23,36	6,57	4,24	6,74

ANNEXE H OBSERVATIONS HEBDOMADAIRES DES NITRATES ET C.O.D.

Puits	Date	NO3(mg/l)	COD(mg/l)	Temp.(oC)
P4	10/05/94	132	2,16	28,0
P4	17/05/94	101	7,35	29,0
P4	24/05/94	242	2,44	28,0
P4	31/05/94	110	10,18	28,0
P4	07/06/94	102	3,30	28,7
P4	14/06/94	111	15,07	28,7
P4	21/06/94	111	2,17	28,1
P4	28/06/94	112	1,94	28,1
P4	05/07/94	107	2,12	28,5
P4	12/07/94	118	4,81	28,4
P4	19/07/94	97	2,72	27,9
P4	26/07/94	141	7,36	27,9
P4	31/07/94	143	3,67	n.m.
P4	09/08/94	138	6,59	29,0
P4	16/08/94	144	4,79	28,0
P4	23/08/94	125	7,20	28,0
P4	06/09/94	151	6,14	28,5
P4	13/09/94	206	15,13	28,5
P4	20/09/94	188	9,99	28,5

P101	10/05/94	96	5,49	27,5
P101	24/05/94	92	2,11	28,0
P101	31/05/94	92	5,32	28,3
P101	07/06/94	195	12,66	27,4
P101	14/06/94	96	4,81	28,1
P101	21/06/94	99	3,59	28,2
P101	28/06/94	152	10,63	28,1
P101	05/07/94	133	3,82	26,9
P101	12/07/94	128	11,62	27,7
P101	19/07/94	160	13,20	26,4
P101	26/07/94	232	8,63	27,9
P101	02/08/94	125	2,44	28,0
P101	16/08/94	101	6,59	28,0
P101	30/08/94	119	12,41	27,0
P101	06/09/94	134	8,77	28,1
P101	13/09/94	191	6,24	27,0
P101	20/09/94	121	16,35	28,0

OBSERVATIONS HEBDOMADAIRES DES NITRATES ET C.O.D.(suite1)

Puits	Date	NO3(mg/l)	COD(mg/l)	Temp.(oC)
P119	10/05/94	99	16,32	29,0
P119	17/05/94	104	9,05	29,3
P119	24/05/94	89	2,00	27,9
P119	31/05/94	121	4,25	29,2
P119	07/06/94	101	14,60	26,9
P119	14/06/94	107	8,06	29,2
P119	21/06/94	108	3,70	28,2
P119	05/07/94	138	6,68	27,7
P119	12/07/94	174	2,33	28,8
P119	19/07/94	97	3,05	26,9
P119	26/07/94	211	5,25	27,9
P119	02/08/94	231	16,76	28,0
P119	09/08/94	181	4,55	28,5
P119	16/08/94	154	17,60	28,5
P119	23/08/94	145	6,45	28,0
P119	30/08/94	141	7,42	28,5
P119	06/09/94	138	6,87	28,7
P119	13/09/94	130	13,70	28,0
P119	20/09/94	138	8,95	27,9

P126	10/05/94	1	3,23	28,0
P126	17/05/94	10	12,60	23,0
P126	31/05/94	1	6,23	27,3
P126	07/06/94	2	7,04	27,6
P126	14/06/94	1	5,33	27,5
P126	21/06/94	1	2,06	28,2
P126	28/06/94	2	4,21	28,1
P126	05/07/94	4	9,64	27,7
P126	12/07/94	14	9,55	27,0
P126	19/07/94	17	3,28	26,8
P126	26/07/94	8	2,53	27,9
P126	31/07/94	16	2,82	n.m.
P126	02/08/94	16	3,46	27,4
P126	09/08/94	17	2,92	27,5
P126	16/08/94	20	13,41	27,5
P126	30/08/94	15	10,52	26,0
P126	06/09/94	16	7,20	27,0
P126	13/09/94	19	8,06	27,0
P126	20/09/94	11	14,68	28,7

n.m.= non mesuré C.O.D.= Carbone Organique Dissout Temp= température

OBSERVATIONS HEBDOMADAIRES DES NITRATES ET C.O.D.(suite2)

Puits	Date	NO3(mg/l)	COD(mg/l)	Temp.(oC)
P142	10/05/94	227	14,85	28,0
P142	17/05/94	225	14,63	29,0
P142	24/05/94	235	4,76	27,9
P142	31/05/94	223	12,06	27,9
P142	07/06/94	129	6,46	28,5
P142	14/06/94	213	11,20	28,8
P142	21/06/94	135	6,94	28,1
P142	28/06/94	216	2,73	28,0
P142	05/07/94	206	1,69	28,2
P142	12/07/94	152	6,04	27,5
P142	19/07/94	156	12,49	26,8
P142	26/07/94	189	3,92	27,9
P142	02/08/94	122	10,15	28,0
P142	09/08/94	195	10,03	28,0
P142	16/08/94	167	3,73	28,0
P142	30/08/94	179	6,71	29,0
P142	06/09/94	196	11,57	27,5
P142	13/09/94	157	8,69	27,5
P142	30/09/94	168	7,23	27,8

n.m.= non mesuré C.O.D.= Carbone Organique Dissout Temp= température