MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT

DOCUMENT PUBLIC

ressources en eau souterraine protégées dites "d'ultime recours"

phase I
inventaire national

rapport de synthèse

octobre 1994

R 38142

B.R.G.M.
- 8 . 1994

BRGM
L'ENTREPRISE AU SERVICE DE LA TERRE

Étude réalisée dans le cadre des actions de service public du BRGM

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT

DOCUMENT PUBLIC

ressources en eau souterraine protégées dites "d'ultime recours"

phase I
inventaire national

---

rapport de synthèse

octobre 1994

R 38142

BRGM
L'ENTREPRISE AU SERVICE DE LA TERRE

Étude réalisée dans le cadre des actions de service public du BRGM

BRGM - Centre Thématique EAU
1039 rue de Pinville - 34000 MONTPELLIER - France
Tél : 67.65.81.13 - Télécopie : 67.64.58.51

RESUME

Le Ministère de l'Environnement a entrepris une réflexion sur la sécurisation de l'alimentation en eau potable en cas de crise majeure.

Dans ce cadre, Monsieur M.Mesny, Haut-Fonctionnaire de Défense a chargé le BRGM Service Public d'un inventaire à l'échelle du territoire national (Métropole) des systèmes aquifères pouvant, en cas de contamination généralisée des eaux de surface et des nappes phréatiques, fournir des ressources en eau de substitution (dites "d'ultimes recours") parce que protégées, de manière au moins temporaire sinon définitive.

Dans **un rappel des éléments théoriques de base**, l'accent est mis sur le caractère **relatif et évolutif** de la notion de protection d'une nappe d'eau souterraine, qui impliquera obligatoirement, pour des études plus précises au niveau régional ou local, de faire intervenir et quantifier les termes suivants:
- nature et donc caractéristiques du polluant (coefficient de diffusion...,)
- nature de l'impact et vitesse de propagation de la pollution,
- évolution dans le temps et l'espace de la concentration de la pollution,

cela en fonction de la connaissance des caractéristiques physiques des terrains de couverture et de l'aquifère concerné.

Il est certain que les connaissances sur les processus de migrations, fixations, diffusions de certains polluants, notamment nucléaires, dans les eaux souterraines sont encore disparates et limitées soit aux quelques accidents qui se sont produits, soit à des études préventives très spécifiques (stockages...). Un état récapitulatif des connaissances en la matière serait certainement instructif.

Une échelle de valeurs a été établie en différenciant les territoires disposant d'au moins un aquifère protégé dans leur ensemble (classe A), des territoires possédant un ou plusieurs aquifères protégés partiellement ou de manière locale ou discontinue (classe B), et des territoires ne bénéficiant pratiquement pas de ressources protégées exploitables (classe C).

Cette étude porte donc sur une identification **au niveau national**, ce qui signifie que la limite de résolution adaptée à l'échelle de représentation contractuelle ne permet pas de prendre en compte toutes les particularités locales.

L'identification de ces différents domaines a en effet donné lieu à l'établissement **d'une carte de France à l'échelle du 1/1 500 000** hors texte, sur laquelle ont été reportées les limites d'extension de 98 nappes identifiées comme protégées. La majorité d'entre elles correspondent aux grandes nappes captives du bassin Parisien et du bassin Aquitain.

La description générale de ces systèmes aquifères protégés a été résumée dans des tableaux de synthèse classés par régions administratives. **Des dossiers régionaux** ont été établis pour permettre d'expliciter les contextes stratigraphiques et géo-structuraux, ainsi que la qualité chimique des eaux au travers de diagrammes d'analyses.

D'une analyse statistique sur l'existence de ressources protégées, il ressort que 16 départements sur 97 disposent de ressources protégées sur la totalité de leur territoire, et que 24 autres n'en disposent pas (identifiables à l'échelle nationale). Par ailleurs, 61 villes sur les 103 de plus de 50 000 habitants disposent de ressources protégées sous leurs pieds, ce qui correspond à 61% de cette population urbaine.

Indépendamment de cette approche, **un inventaire des points d'eau protégés** a été tenté à partir de la Banque de données du Sous-Sol : près de 7500 points d'eau ont ainsi été répertoriés avec leurs principales caractéristiques. Cet inventaire (maximaliste dans son état actuel parce qu'il tient compte des particularités locales) sera définitivement établi, complété et édité lorsque l'Observatoire National de la Qualité de l'eau souterraine (tous les captages AEP) sera totalement opérationnel (1995).

Les possibilités de ressources que représentent **les gisements d'eau destinée à l'embouteillage** ont été examinées de manière critique. L'état actuel des connaissances sur les conditions de gisement des plus de 250 captages d'eau minérale, de source et de table, ne permet pas encore d'évaluer objectivement leur degré de protection réel face aux pollutions majeures qu'envisage cette étude. Des investigations complémentaires seraient nécessaires.

Par ailleurs les contraintes pesant sur l'utilisation de l'espace souterrain, en particulier **les stockages de gaz en milieu aquifère** ont été examinées.

Enfin, à la demande du Ministère de l'Environnement, les principaux éléments à prendre en compte et à collecter pour des études plus détaillées concernant les agglomérations de **Paris** et de **Lyon**, ont été définis.

TABLE DES MATIERES

RESUME

TABLE DES MATIERES

LISTE DES ANNEXES

INTRODUCTION 1

1. NOTE DE SYNTHESE 2

1.1. Rappel du but de l'étude 2
1.2. Eléments de base concernant la notion de protection d'une nappe d'eau souterraine 2
1.2.1. Hydrodynamique des infiltrations polluantes 2
1.2.2. Influence éventuelle d'un forage sur la protection d'une nappe 4
1.2.3. Aspects relatifs et évolutifs de la notion de protection des eaux 5
1.3. Méthodologie adoptée 9
1.3.1. Sources documentaires 9
1.3.2. Principes de graduation de la protection . Classification 10
1. 4. Présentation des résultats 11

2. TABLEAUX DE SYNTHESE DES SYSTEMES AQUIFERES PROTEGES 12

3. NOTICE EXPLICATIVE DE LA CARTE DES SYSTEMES AQUIFERES PROTEGES 13

3.1. Mode de construction et de représentation 13
3.2. Commentaires 14
3.2.1. Territoires à systèmes aquifères bien protégés (classe A) 14
3.2.2. Territoires incluant localement des aquifères protégés ou partiellement protégés (classe B) 16
3.2.3. Territoires ne disposant pas de système aquifère protégé exploitable 17
3.2.4. Répartition de l'existence des ressources protégées par département et pour les villes de plus de 50 000 habitants 17

4. POINTS D'EAU PROTEGES REPERTORIES DANS LA BANQUE DU SOUS-SOL 26

5. POSSIBILITES DE RECOURIR AUX GISEMENTS D'EAU DESTINEE A L'EMBOUTEILLAGE 29

5.1. Cas des mélanges naturels 29
5.2. Problème des circulations préférentielles 30
5.3. Type de captage 30
5.4. Conception de la chaîne de transport et de conditionnement 30
5.5. Conclusion 30

6. CAS DES STOCKAGES SOUTERRAINS DE GAZ 31

7. ELEMENTS POUR LA DEFINITION D'ETUDES DES CAS DES AGGLOMERATIONS DE PARIS ET LYON 34

7.1. Généralités 34
7.2. Cas de la région parisienne 35

7.3. Cas de la région lyonnaise 36
7.3.1. Hypothèses de base 36
7.3.2. Contexte hydrogéologique 36
1. la molasse miocène 36
2. Les cailloutis fluvio-glaciaires de la Dombe sous couverture 37
3. Les formations glaciaires 37
4. Les formations aquifères du Secondaire 38
7.3.3. Conclusions, prospective 38

PRINCIPALES REFERENCES DOCUMENTAIRES **39**

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : Dossiers régionaux

ANNEXE 2 : Qualité de l'eau : analyses chimiques

HORS-TEXTE : Carte de France au 1/1 500 000 des aquifères protégés, exploitables pour l'alimentation en eau en cas de crise de pollution majeure

INTRODUCTION

Dans le cadre de la sécurisation des principaux services publics face à des risques majeurs accidentels ou conflictuels, les services du Haut Fonctionnaire de la Défense au Ministère de l'Environnement ont entrepris une réflexion approfondie concernant l'alimentation en eau potable.

La sécurisation de la production et de la distribution d'eau potable se caractérise par :

- l'extrême dispersion des objectifs : en principe partout où existe une population desservie
- le caractère vital de l'eau potable, qui ne peut souffrir une défaillance excédant un laps de temps très réduit.
- la vulnérabilité des ressources en eau superficielles actuellement largement mobilisées à cette fin, soit directement au niveau d'eau de surface, soit indirectement par le biais d'eau souterraine superficielle (nappes alluviales ou phréatiques rapidement contaminables).
- la relative modestie des besoins unitaires à couvrir en cas de crise majeure, pendant un laps de temps réduit : on estime raisonnable de prévoir la fourniture immédiate de 5 litres par jour et par habitant (conditionnement au point d'eau), en attendant d'atteindre le plus rapidement possible un niveau de desserte de 100 l/j/habitant (niveau qui reste encore de 3 à 5 fois inférieur à la normale).

Dans le cadre de cette réflexion, Monsieur M.Mesny, Haut-Fonctionnaire de Défense au Ministère de l'Environnement a donc demandé au BRGM de procéder à un inventaire détaillé au niveau national des ressources en eau souterraine et des forages existants susceptibles d'être suffisamment protégés de ces risques pour pouvoir faire office de ressources de substitution dites "d'ultime recours". Cette protection devrait assurer la fourniture d'eau potable dans des conditions quantitatives et qualitatives de crise, pendant une durée limitée à la restauration des conditions normales ou à la mise en place de nouveaux équipements.

Tel est l'objet de ce rapport qui s'inscrit dans le cadre de la Convention n° 07/93 passée entre le Ministère de l'Environnement et le BRGM[1].

[1]Cette étude a été réalisée par le Centre Thématique Eau sous la coordination de JP.Comte, avec la participation de JJ.Collin, JR.Daum, JF.Desprats, M.Lopoukhine et des Services Géologiques Régionaux concernés (à Lille, Paris, Reims, Nancy, Strasbourg, Besançon, Dijon, Lyon, Marseille, Montpellier, Toulouse, Bordeaux, Poitiers, Nantes, Rennes, Rouen).

1. NOTE DE SYNTHESE

1.1. RAPPEL DU BUT DE L'ETUDE

En cas d'accident de surface majeur, impliquant des pollutions massives d'origine chimique, radioactive ou biologique, les eaux de surface et les ressources portées par les nappes phréatiques superficielles peuvent être instantanément contaminées et rendues impropres à la consommation humaine. En effet, l'apport de substances polluantes (aérosols, poussières, gaz,...) serait très probablement repris par les premières pluies et pourrait participer à la recharge des eaux souterraines.

Dans ce cas on devra faire appel, de manière temporaire ou durable, à des ressources alternatives "protégées", c'est à dire fournies par des aquifères qui auront échappé à cette contamination directe.

Le but de la présente étude, est de dresser un inventaire national de ces réservoirs protégés: identification, description, caractérisation et cartographie à l'échelle 1/1 500 000.

1.2. ELEMENTS DE BASE CONCERNANT LA NOTION DE PROTECTION D'UNE NAPPE D'EAU SOUTERRAINE

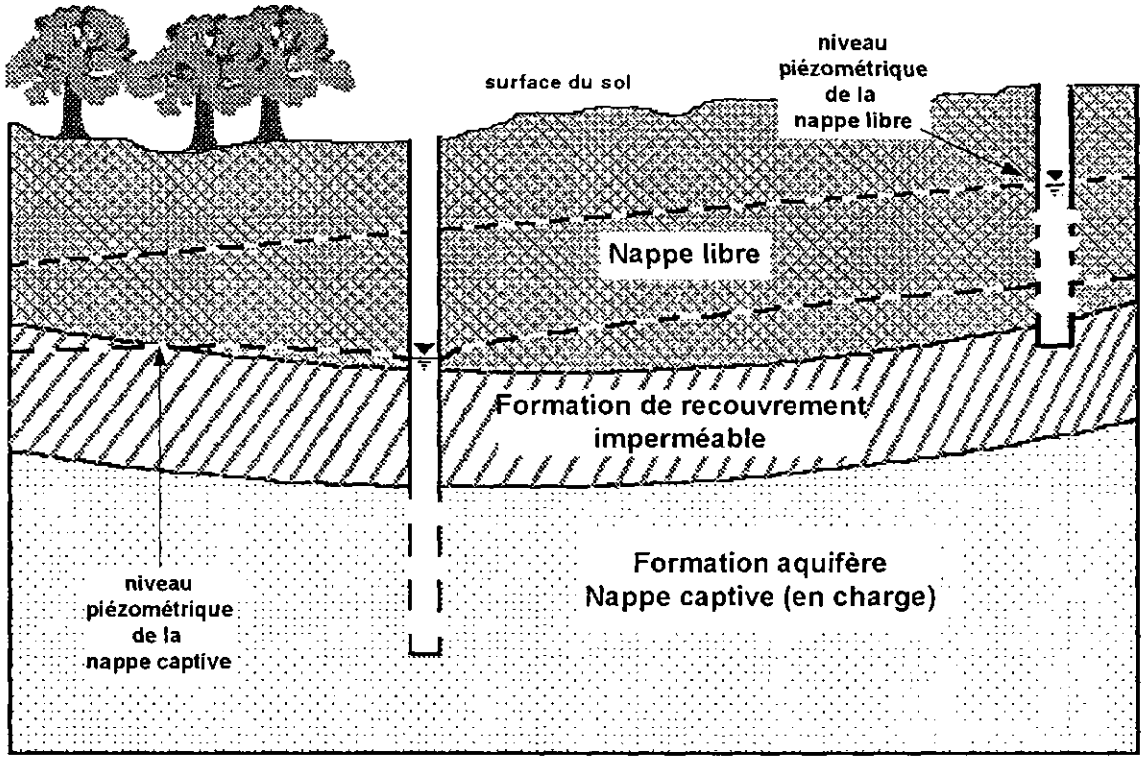
1.2.1. Hydrodynamique des infiltrations polluantes

La protection d'une nappe souterraine est généralement assurée lorsque le toit de la formation aquifère est surmonté par une formation d'épaisseur notable et de perméabilité très faible. Les formations de protection les plus courantes sont les formations argileuses, marneuses ou marno-calcaires.

Le degré de protection est d'autant plus élevé que l'épaisseur de la formation protectrice de recouvrement est importante, que sa perméabilité est faible et que cette formation est compacte, c'est à dire non ou peu affectée par des failles ou fractures ouvertes qui pourraient permettre une circulation hydraulique entre la surface et la formation aquifère sous-jacente.

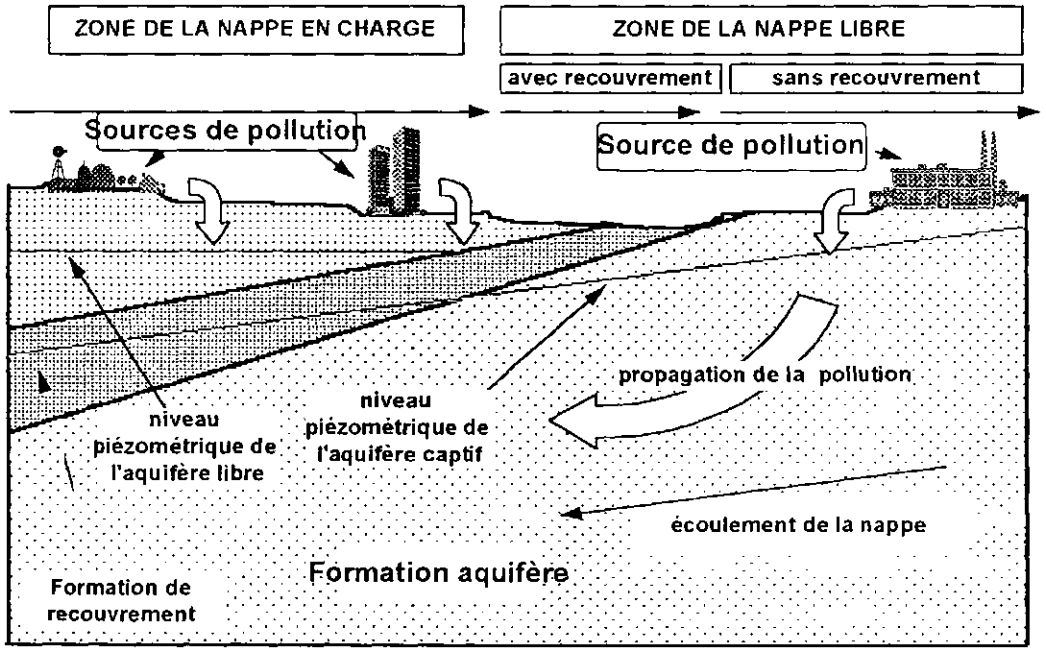
Les nappes ainsi protégées des **contaminations verticales** sont généralement des nappes en charge (ou nappes captives), c'est à dire que leur charge piézométrique se situe au dessus du mur (base) de la formation de recouvrement (encore appelée éponte supérieure).

La charge piézométrique correspond au niveau piézométrique (niveau de l'eau) observé dans un ouvrage en nappe libre, et à la pression hydraulique exercée sur une nappe captive : c'est pratiquement (aux pertes de charge près) le niveau auquel "remonte" l'eau dans un forage qui aura atteint le "toît" de la nappe captive. Si la pression (la charge) est telle que se produit un déversement en surface, la nappe captive est dite "artésienne" en référence à l'Artois, où ce phénomène avait été historiquement décrit.



SCHEMA TYPE DE NAPPE PROTEGEE

Mais il faut également prévenir les **contaminations latérales** possibles. Une contamination à partir de la surface peut en effet parvenir en un point de la nappe verticalement protégée, par un parcours hydraulique latéral ou oblique. Le schéma de la figure 2 ci-dessous montre la position de cette zone - limite de captivité d'une nappe, ou le recouvrement n'assure plus une protection parfaite de la nappe qui devient libre.



SCHEMA DE LA ZONE DE LIMITE DE CAPTIVITE D'UNE NAPPE

L'extension latérale, à partir d'un site déterminé, des formations protectrices de recouvrement devra donc être prise en compte

Dans les zones en limite d'extension de la formation de recouvrement la nappe devient généralement libre (niveau piézométrique en-dessous du mur de la formation de recouvrement) et constitue alors la nappe phréatique locale.

Au-delà de la limite d'extension de la formation protectrice de recouvrement la nappe est directement vulnérable (par percolation verticale) aux pollutions provenant de la surface du sol. Cette zone peut constituer soit l'exutoire de la nappe, soit au contraire la zone d'alimentation de la nappe (recharge par infiltration des eaux de pluie) comme représenté sur le schéma ci-dessus.

Dans ce cas on comprend aisément que la pollution se propagera de façon préférentielle suivant le sens d'écoulement de la nappe, avec une vitesse qui sera fonction de la perméabilité de la formation aquifère et de l'aptitude de l'élément polluant à la diffusion.

1. 2. 2. Influence éventuelle d'un forage sur la protection d'une nappe

Une nappe naturellement protégée à l'origine peut devenir vulnérable à une pollution éventuelle de surface si un forage (d'exploitation ou d'observation) la met en communication avec la zone située au-dessus de la formation protectrice.

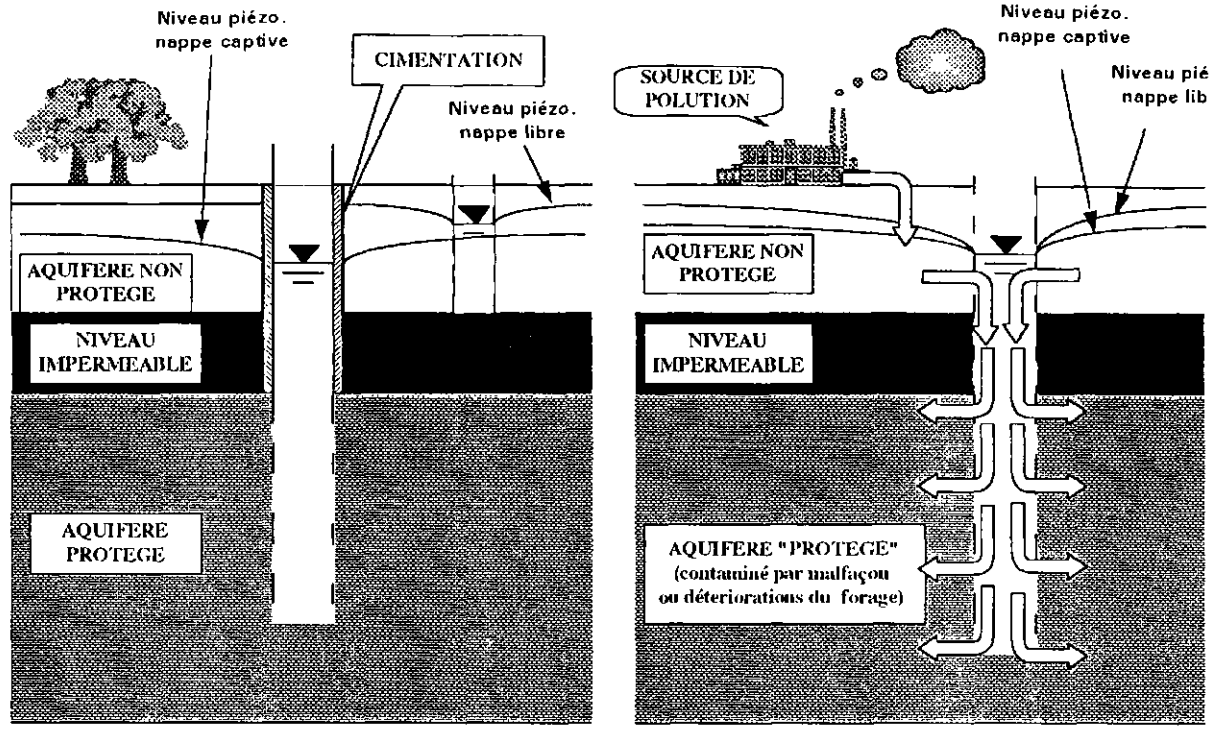
C'est toujours le cas dès lors que la charge piézométrique de la nappe superficielle vulnérable est supérieure à celle de la nappe inférieure, captive.

Cette vunérabilité peut aussi se produire lorsque :

- le forage a été volontairement conçu pour capter simultanément une nappe superficielle et une nappe en charge sous-jacente. Ce type d'ouvrage (à déconseiller de manière générale) provoque la contamination de l'aquifère profond, lors notamment des arrêts de pompage.

- le forage ou piézomètre a été conçu pour capter la nappe profonde uniquement, c'est à dire que le forage a été tubé et cimenté au niveau de l'aquifère superficiel et de l'éponte "imperméable" (perméabilité très faible), mais la cimentation a été exécutée de manière défectueuse, ou le tubage a été perforé par la corrosion, et ceci d'autant plus si la charge de la nappe superficielle est plus élevée que celle de la nappe profonde.

Le schéma ci-après représente le cas d'un ouvrage ménageant la protection de l'aquifère profond (cas 1) et le cas d'un ouvrage pouvant contaminer cet aquifère (cas 2).



CAS 1 **CAS 2**

1. 2. 3. Aspects relatifs et évolutifs de la notion de protection des eaux

La protection des nappes d'eau souterraine (même captives) contre toute contamination d'où qu'elle vienne est donc, pour un emplacement de captage déterminé, **une notion relative** dépendante de plusieurs facteurs :

- **les propriétés intrinsèques** (bio-physico-chimiques) **du (des) polluant(s)**,
- la **nature de l'impact,** et notamment l'intensité ("débit") du flux polluant,
- **les propriétés physiques et hydrodynamiques des terrains de couvertures** (pour les percolations verticales), et de l'aquifère (pour les percolations verticales et horizontales),
- **les teneurs polluantes admissibles** compte-tenu des substances contaminantes et des usages prévus pour l'eau (en l'occurrence, l'alimentation en eau potable).

Ces facteurs régissent donc **la dynamique de contamination** qui se caractérise par un **temps de transfert** (ou de propagation), correspondant à la durée de "protection rémanente" entre l'impact de la pollution et le début de la contamination de la ressource, et par des teneurs résiduelles (après dilutions) qui vont évoluer dans le temps.

Ceci est valable pour toutes les nappes (même captives, dans les zones limites d'extension de captivité, proches des aires d'alimentation).

Or ce temps de transfert et la prévision des teneurs résiduelles ne peuvent être estimés que par calcul à l'échelle locale ou régionale, pour chaque type de polluant et d'impact, et en connaissance des paramètres hydrodynamiques de la couverture et de l'aquifère. Des modélisations mathématiques sont généralement nécessaires à cet effet.

Il est donc particulièrement important d'attirer l'attention des gestionnaires de la distribution d'eau potable sur le fait suivant :

Le temps de régénération supposé des eaux de surface ne présume pas de la durée effective de la pollution du système de ressource "eau de surface + eau souterraine".

En effet, si les eaux de surface sont supposées régénérables en quelques mois selon la pluviométrie, mais compte-tenu également d'une éventuelle pollution atmosphérique, il n'en est pas de même pour les eaux souterraines qui seront plus ou moins rapidement contaminées en fonction de leur vitesse d'alimentation par les eaux météoriques infiltrées, c'est-à-dire des temps de transferts dans les terrains de couverture.

Le temps de régénération naturelle de la qualité des eaux de surface, ainsi que l'intensité (flux) de l'infiltration (donc les temps de transferts éventuels des éléments polluants) dépendent très fortement **des conditions climatiques** ayant prévalu juste avant, et intervenant au moment et juste après la crise. L'importance et la forme de la pluviométrie d'une part, et les teneurs en eau résiduelles du sol d'autre part conditionnent en effet largement ces processus, outre bien sûr les pouvoirs de rétention intrinsèques sols/polluants.

En outre, pour des polluants de nature biologique, interviennent des phénomènes de filtration naturelle, d'oxydation ou de biodégradation qui concourent à limiter dans l'espace et dans le temps, les effets de la pollution sur les eaux souterraines.

Définir la vulnérabilité spécifique d'une nappe vis-à-vis de tel type de pollution (exception faite des nappes réputées quasiment non-renouvelables - ou "fossiles"), revient donc à pouvoir apprécier :

- **au bout de combien de temps sera-t-il contaminé ?, et**
- **avec quelle intensité compte-tenu des dilutions, fixations, dégradations, etc., et donc des teneurs polluantes résiduelles ?**

Cela résulte du principe même du processus d'alimentation.

Donc, au bout de quelques mois la situation pourrait être la suivante :

- les eaux de surface sont régénérées, avec toutefois une possible contamination persistante des nappes alluviales,
- les nappes non protégées sont contaminées (nappes phréatiques), ou commencent à l'être (nappes libres plus profondes),
- les nappes qui étaient protégées de l'impact polluant ne sont pas encore contaminées, mais risquent progressivement de l'être selon leur degré de protection, et donc leur taux de renouvellement.

- la contamination des nappes phréatiques peut contribuer à entretenir une pollution des eaux de surface en période d'étiage (du fait, durant ces périodes, de la forte proportion d'eau d'émergence de nappe par rapport aux ruissellements), et des phénomènes de relargage qui peuvent être très longs (plusieurs mois à plusieurs années selon le pouvoir de rétention des sols, ...). Cette pollution différée des cours d'eau peut elle-même entrainer des contaminations de nappes alluviales sur place et à l'aval.

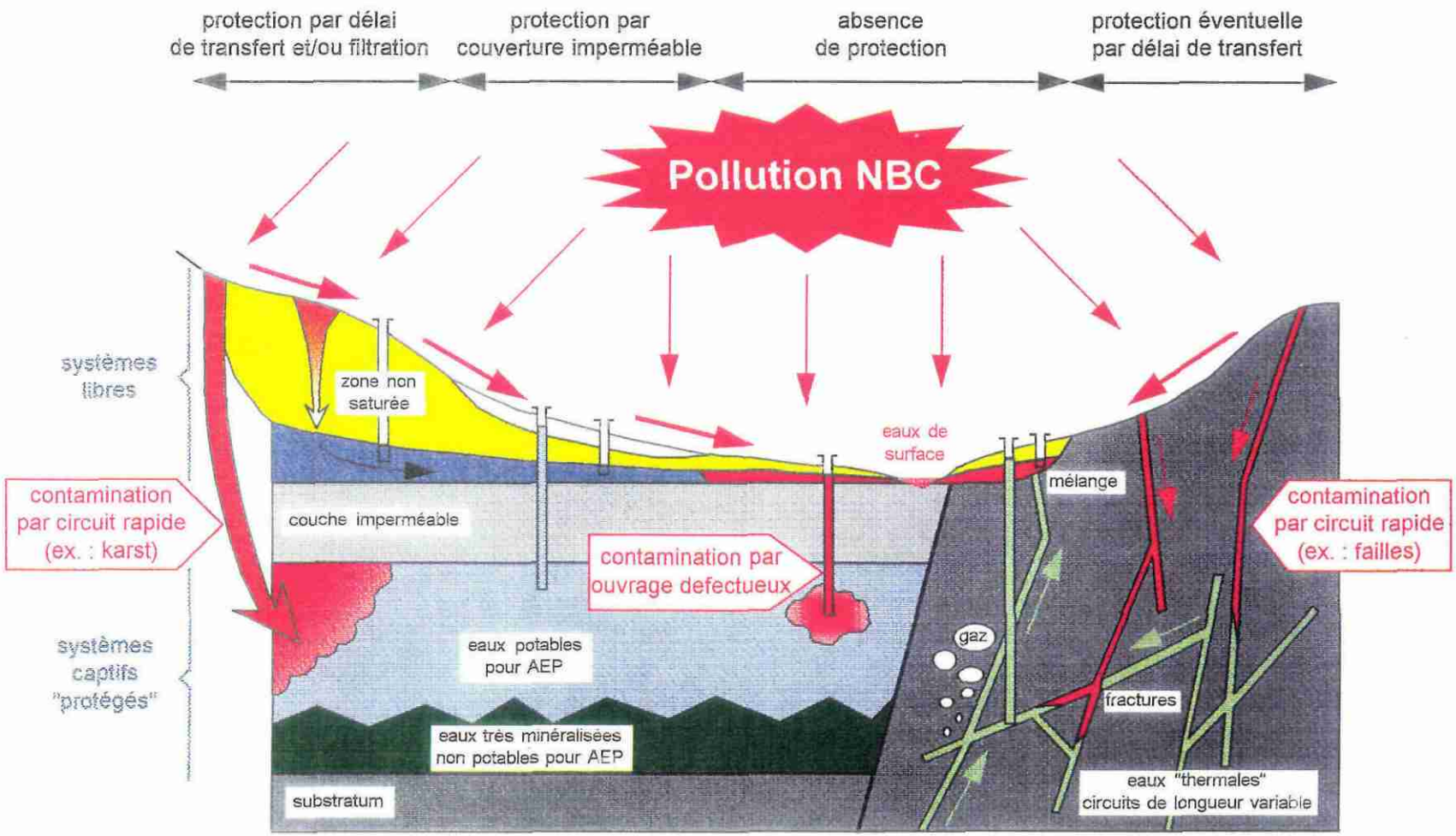
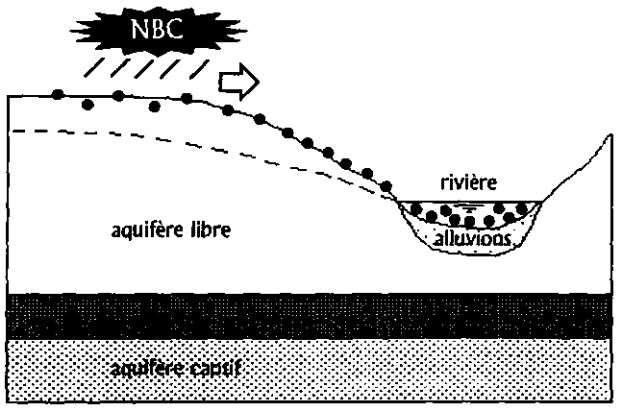


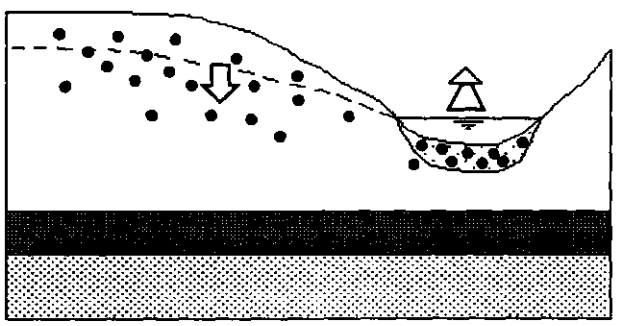
Schéma conceptuel de la vulnérabilité et de la protection des aquifères vis à vis des pollutions accidentelles météoriques généralisées "NBC"

EVOLUTIONS POSSIBLES DES PROCESSUS DE CONTAMINATION DANS LES EAUX SUPERFICIELLES ET SOUTERRAINES



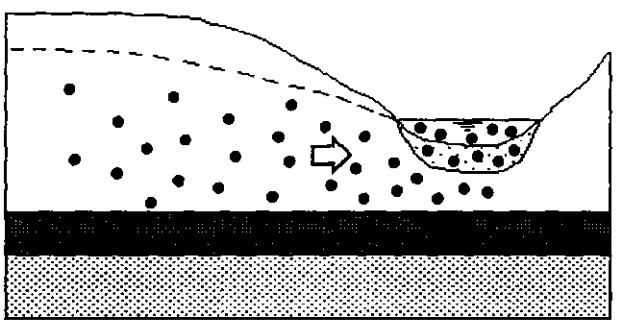
Phase 1 :

- pollution NBC ;
- contamination directe des sols et de la rivière ;
- contamination des sols et de la rivière par ruissellement ;



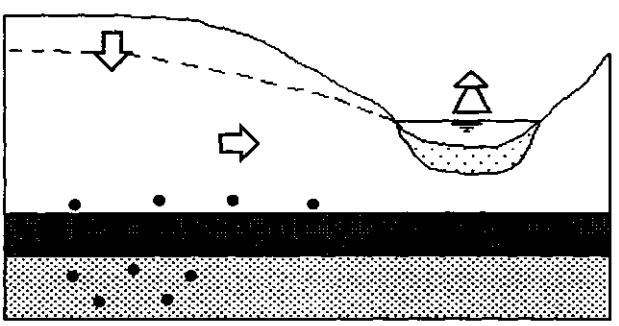
Phase 2 :

- contamination de l'aquifère libre par infiltration ;
- contamination de l'aquifère alluvial ;
- décontamination de la rivière par écoulement ;



Phase 3 :

- recontamination de la rivière par contribution des aquifères au débit d'étiage ;
- diffusion de la contamination dans l'aquifère libre ;



Phase 4 :

- décontamination des aquifères par relargage et lessivage vers la rivière ;
- décontamination de la rivière par écoulement ;
- contamination résiduelle de l'aquifère libre ;
- contamination possible de l'aquifère captif ;

Remarque : ces processus peuvent être extrêmement variables en fonction de l'importance du rôle joué par les nappes aquifères dans l'alimentation des rivières.

Remarque :
La connaissance des phénomènes de contamination des sols et des eaux par les éléments radioactifs et certains éléments chimiques est encore sinon imparfaite du moins très probablement dispersée, faute d'expérimentation possible en vraie grandeur : les principales observations possibles proviennent des grands accidents qui ont pu se produire mais dont les impacts n'ont pas toujours pu donner lieu à des interprétations scientifiques diffusées.

Faire un point scientifique sur l'état de ces connaissances, en commençant par une recherche documentaire (analyses d'événements réels, travaux de recherche, ...) devrait s'inscrire dans le cadre de la réflexion globale menée par le Ministère de l'Environnement.

1. 3. METHODOLOGIE ADOPTEE

1. 3. 1. Sources documentaires

L'inventaire des nappes protégées a été réalisé à partir des sources documentaires suivantes:

- Carte géologique de la France au 1/1.000.000.

- Carte et catalogue des principaux systèmes aquifères du territoire français (J. Margat, 1976) .
- Carte des principaux systèmes aquifères régionaux à nappe libre (1/1.000.000).
- Carte des grands systèmes aquifères captifs (1/1.000.000).
- Carte de classification des systèmes aquifères régionaux à nappe libre (1/2.000.000).

- Carte et catalogue des domaines hydrogéologiques de référence de la France métropolitaine – (M. J. Lienhardt et J. Margat, 1979).
- Carte de répartition des systèmes aquifères (1/1.000.000).

- Atlas des eaux souterraines de la France. DATAR et BRGM, 1970.

- Banque des données du sous-sol (BSS.)

- Synthèses géologiques (grands bassins).

- Synthèses hydrogéologiques régionales .

- Synthèses géothermiques (grands bassins ou régions).

- Inventaires régionaux des réservoirs potentiels pour stockages souterrains.

- Inventaire eaux thermominérales

- Atlas hydrogéologiques, ou des ressources du sous-sol, régionaux ou départementaux.

- Etudes hydrogéologiques locales

- Rapports de forages et analyses chimiques d'eau.

- Forages pétroliers.

1. 3. 2. Principes de graduation de la protection . Classification

Le degré de protection est directement lié à la durée de propagation du polluant, c'est-à-dire à la durée minimale de protection rémanente avant contamination. Cette durée (temps de transfert) a été fixée de **un à trois mois**, temps jugé nécessaire et suffisant pour :

- soit surmonter la crise et obtenir une restauration naturelle de la ressource en eau (régénération par renouvellement total des eaux de surface,...),

- soit mobiliser et distribuer une nouvelle ressource : ressource dite protégée, c'est-à-dire ayant été préservée de toute contamination au moment de l'impact polluant, et donc apte à faire office de ressource de substitution immédiate et durant un temps suffisant pour confirmer la pérennité ou sinon évaluer la durée de cette disponibilité.

Trois classes de territoires ont été ainsi distinguées en fonction de l'existence de ressources en eau protégées relativement aux hypothèses ci-dessus.

Il va sans dire qu'à l'échelle locale, et en fonction de la nature exacte des polluants et de leur importance (durée et modes d'impacts, etc..), des nuances devront être apportées à cette échelle de valeur.

classe A : territoire disposant d'au moins un système de ressource protégé exploitable.
La protection est assurée par des niveaux sus-jacents suffisamment étanches

classe B : territoire ne disposant que partiellement de systèmes de ressource protégés :

- **soit par existence de nappes reconnues partiellement protégées :**
  (nappe captive à recouvrement peu épais ou inégal, nappe libre à recouvrement puissant ou localisé, karsts particulièrement profonds,...)

- **soit par existence présumée de nappes protégées, mais non reconnues (existence à confirmer)**
  (panneaux, synclinaux profonds, extensions profondes non reconnues de nappes protégées,...)

- **soit par existence probable de nappes protégées très locales, non identifiables à l'échelle nationale**
  (petites nappes localisées en zone de montagne,...)

classe C : territoire ne disposant pas de système de ressource protégé exploitable:

- **soit par absence d'eau souterraine (nappe) généralisée et exploitable**
  (zones sédimentaires imperméables, zones de socle non fissuré) ce qui n'exclut pas quelques exceptions très localisées...

- **soit par existence d'eau souterraine exclusivement non protégée et/ou non exploitable du fait de leur trop faible productivité ou de leur qualité impropre à la consommation**
  (nappes libres sans recouvrement étanche, nappes alluviales, zones de socle et de roches fissurées, karsts....)

1. 4. PRESENTATION DES RESULTATS

Les résultats de l'étude et les documents fournis sont les suivants :

- une **note de synthèse** (chapitre 1),

- deux **tableaux de synthèse** (classe A et classe B) des systèmes aquifères protégés classés par Région Economique, avec leurs principales caractéristiques (chapitre 2),

- une **carte couleur au 1/1 500 000** des systèmes aquifères protégés de la France métropolitaine, hors-texte,

- une **notice explicative de la carte** (chapitre 3),

- un inventaire des **points d'eau protégés** classés par communes (extraction de la Banque des données du sous-sol) (commentaire au chapitre 4 , répertoire en annexe),

- une évocation du cas des **gisements d'eau destinée à l'embouteillage.** (chapitre 5).

- une évocation du cas des **stockages souterrains de gaz** dans des formations aquifères protégées (chapitre 6),

- un **ensemble de dossiers régionaux** illustrant les contextes géostructuraux des principales nappes protégées, et présentant graphiquement les résultats des analyses chimiques (en annexe).

2. TABLEAUX DE SYNTHESE DES SYSTEMES AQUIFERES PROTEGES

Les tableaux des pages suivantes constituent une liste des systèmes aquifères réputés protégés compte-tenu des hypothèses prises, et identifiés **au niveau national.**

Ils sont présentés par Région Economique. Les Régions absentes de cette liste ne disposent pas de systèmes protégés identifiables, ce qui n'exclut pas, encore une fois, que de telles ressources puissent exister à un niveau local, mais donc d'ampleur limitée.

Dans une première partie sont listés les systèmes considérés comme protégés (territoires de classe A)

Dans la deuxième partie sont listés les systèmes à protection partielle et/ou discontinue (territoires de classe B)

Les caractéristiques chiffrées sont des ordres de grandeur des "fourchettes" de variation des profondeurs d'accès, épaisseurs de recouvrement, débits unitaires d'ouvrages,... dans l'état actuel des connaissances.

Certaines observations sont explicitées dans les dossiers annexes, notamment en ce qui concerne la qualité de l'eau pour laquelle un maximum de diagrammes d'analyses chimiques représentatifs sont fournis.

BRGM / CTE - Juin 1994

INVENTAIRE NATIONAL DES RESSOURCES EN EAU SOUTERRAINE PROTEGEES

Tableau 1

SYSTEMES AQUIFERES BIEN PROTEGES (classe A)

NORD - PAS DE CALAIS - PICARDIE

	N°	Bas.	Type	Dénomination	Géologie	Protection	Profondeur min	Profondeur max	Epaisseur min	Epaisseur max	Productivité m3/H min	Productivité m3/H max	Exploitation	Bilan	Modèle	Qualité	Analyses	Ex . BSS	observations
1	13+14	AP	A	Valois-Tardenois-Soissonnais sable de Cuise calcaires grossiers	éocène	argile de Laon marnes		50 50	30	60 30	10 10	100 100	20M m³/an	non	non	nitrates ?	oui		
2	001x1	AP	A	craie d'Artois /bassin des Flandres	séno-turonien	25m arg.land.+yprés.		50			20	400	95M m³/an	local.			oui	19 1x 258	
3	001y1	AP	A	craie d'Artois du bassin d'Orchies	séno-turonien	25m arg.land.+yprés.		60			50	100	55M m³/an	oui 91	oui 72		oui	020 8X 010	
4	201	AP	A	sables Landénien des Flandres	paléocène	60-100m arg.Flandres	100	135		40	3	5	3.5M m³/an	oui		1g/l	oui		Voir Thése J. Mania
5	202	AP	A	calc. fissuré carbonifère du Nord	dinantien	marnes tur.+land. + yprés.	150	400		85	0	>400	30M m³/an	oui	oui		oui	014 3X 102	
6	203	AP	A	craie et sables thanétiens d'IDF	paléocène	20m arg. sparnacien	20	100	20	50	1	100	30M m³/an	non	non	Fer	oui	131 1X 1030	
7	206	AP	A	malm du BP (calcaire karstifié)	kimméri-dgien	marnes kimm.sup										dure			dans grès séquanien

NORMANDIE

	N°	Bas.	Type	Dénomination	Géologie	Protection	Profondeur min	Profondeur max	Epaisseur min	Epaisseur max	Productivité m3/H min	Productivité m3/H max	Exploitation	Bilan	Modèle	Qualité	Analyses	Ex . BSS	observations
8	199	SN	A	sables miocène du Cotentin	helvétien	qlq m d'argiles plio-Quaternaire	20	50											
9	204 b	SN	A	sables verts néocomiens de l'albien du BP	barrêmien-hauterivien	marn.aptien-bar.	120	250	15	50	15	200	oui	non	non	salé vers NW (NaCl)		58-5X-006	improductif dans le bec de Caux
10	207	SN	A	dogger du BP	bath-callov.	marnes jurass. sup.	50	100											

ILE DE FRANCE

	N°	Bas.	Type	Dénomination	Géologie	Protection	Profondeur min	Profondeur max	Epaisseur min	Epaisseur max	Productivité m3/H min	Productivité m3/H max	Exploitation	Bilan	Modèle	Qualité	Analyses	Ex . BSS	observations
11	25	SN	A	multicouche de Beauce calc. de Chateau Landon (+Champigny).	éocène sup. lutétien	marnes à gypse	70	140			50	200	oui / irrig.++	oui	BRGM + ARMINES		oui		libre devenant captif
12	13	SN	A	sables de Cuise . Yprésien	éocène inf.	marn.+calc. éoc.sup.	70	90			20	120	oui	partiel	non	Fer	oui		captif
13	204a	SN	A	sables albiens du BP	albien	10-100m argile Gault	200	600			100	200	oui IDF+45		ANDRA	Fer	oui		captif
14	204b	SN	A	sables néocomiens de l'albien du BP	barrêmien-hauterivien	marn.aptien-bar.	400	900			100	150	non			Fer			captif
15	206	SN	A	malm du BP (calcaire karstifié)	kimméri-dgien	marnes kimm.sup										dure			2 stockages GDF dans wealdien

CHAMPAGNE - ARDENNES

	N°	Bas.	Type	Dénomination	Géologie	Protection	Profondeur min	Profondeur max	Epaisseur min	Epaisseur max	Productivité m3/H min	Productivité m3/H max	Exploitation	Bilan	Modèle	Qualité	Analyses	Ex . BSS	observations
16	203	SN	A	craie et sables thanétiens d'IDF	paléocène	35m argiles sparnacien	60	100	20	50	10	50	oui			Fer, Mg			
17	206	SN	A	malm du BP (calcaire karstifié)	kimméri-dgien	marnes kimm.sup										dure			
18	207	SN	A	dogger du BP (jurass. moy.)	bath-callov.	marnes oxford.callovien							captif						
19	208	SN	A / C	calc/grès héttangien - sinémurien	lias	marnes du carixien	25				13	35	oui				oui	88 7X 1015	

ALSACE - LORRAINE - FRANCHE COMTE

	N°	Bas.	Type	Dénomination	Géologie	Protection	Profondeur min	Profondeur max	Epaisseur min	Epaisseur max	Productivité m3/H min	Productivité m3/H max	Exploitation	Bilan	Modéle	Qualité	Analyses	Ex . BSS	observations
20	173	RM	A	cailloutis du Sundgau	pliocène + Quatern.	5-10m de loess											oui		
21	206	RM	A	calc.rauracien (jurass. sup.)	calcaires oxfordien	argile du jurass. sup.											oui	110 7X 91	
22	207	RM	A	dogger du BP (jurass. moy.)	bath-callov.	marnes jur. sup.+ crét.	50	300			5	20					oui		
23	208	RM	A / C	Grès rhétiens du Luxembourg	trias sup.	marnes lias localement			50	>100	40	100					oui	88 7X 1015	salé à >3km à l' W des affleurements
24	209	RM	A	Grès rhétiens de Lorraine	trias sup.	marnes lias inf.			15	30	5	15					oui		
25	210	RM	A	Grès du trias inf. de Lorraine	trias+ muschelkal.	marnes keuper					100	150	oui		oui	salé vers W	oui	Sarre-bourg	stockage GDF
26	211	RM	A	Grès du trias inférieur du Sud du BP	trias	marnes keuper			200	500			oui		salé vers NW				

BOURGOGNE

	N°	Bas.	Type	Dénomination	Géologie	Protection	Profondeur min	Profondeur max	Epaisseur min	Epaisseur max	Productivité m3/H min	Productivité m3/H max	Exploitation	Bilan	Modèle	Qualité	Analyses	Ex . BSS	observations
27	174	RMC	A	Bresse chalonnaise/ St Cosme	alluv. quatern.	argile varvée	10	20	5	10	10	50	0,2 M m³/an	non					
28	102+104+	RMC	A	Plaine Saône+Bresse louhannaise	alluvions	argile varvée	10	100	5	10	10	50					oui	554 5X 0005	libre devenant captif
	174			sables du St Cosme et de Condal	quaternaire												oui	553 7X 0075	libre devenant captif
29	176	SN	A	sables du Bourbonnais/ Limagne	tert.+ quatern.	marnes+argiles	30	50		>30	1	20	peu	non			oui	600 6X 0024	captif
30	213	SN	A	sables verts de l'albien	crétacé	10-20m arg. albien	50	600			20	100	oui	non			oui		captif
31	206	SN	A	jurassique sup. BP/calc. du Barrois	malm	10-15m marn.barrèm.	100	200		90	1	60	non				oui	402 3X 0028	captif
32	207	SN	A	dogger du BP	bath-callov.	30m marne oxford.	80	300		90	1	90	non				oui	404 7X 0034	
33	212a	RMC	A	miocène de Bresse louhannaise calc.lacustres+sables	miocène	90m marnes de Bresse		400		100	50	100	non			chlorures?			
34	212b	RMC	A	miocène de Dijon-Chalon	miocène	90m marnes de Bresse	100	400		100	50	100	non			chlorures?			
35	212c	RMC	A	miocène de Beaune	miocène	80m marnes de Bresse	100	150		50	70	200	0,3 M m³/an			bonne			
36	537 ?	SN	A	trias gréseux du Bazois	trias ->héttang.	50m lias argileux	30	150	10	15		250	oui			v.observ.	oui	496 1X 0092	Cl,Fe,Mn élevés

RHONE - ALPES

	N°	Bas.	Type	Dénomination	Géologie	Protection	Profondeur min	Profondeur max	Epaisseur min	Epaisseur max	Productivité m3/H min	Productivité m3/H max	Exploitation	Bilan	Modèle	Qualité	Analyses	Ex. BSS	observations
37	151	RMC	A	sables et graviers jaunes des Dombes et de Bresse	pliocène	all.glaciaires argileuses		20	10	50	20	150				douce			
38	212	RMC	A	sables et molasse de Bresse	miocène	marnes	180	360	10	150			peu			douce			
39	542+177	RMC	A	niveaux de gravier dans molasse	miocène	argiles/molasse	20	30	15	20		50					oui	628 8X 89	
40	152	RMC	A	molasse	tertiaire	all. glaciaires											oui	819 2X 25	
41	219	RMC	A	calcaire urgonien du Vercors	crétacé	tertiaire de la plaine de Valence mieux protégés à l'W sous le III		250				80	non			0,5 mg/l Fe	oui		
42	220	RMC	A	calcaire urgonien	crétacé	marnes alb./aptien		?		?		?	non						
43	218+147+ 148+607	RMC	A	Sud-Est de l'Ardèche	jurass.inf. jurass.sup.	marnes Jur.moy. marnes Crét.inf. plusieurs dizaines sondages COGEMA	130	300											
44	107	RMC	A	bassin de Montbrison (Forez)	tertiaire et quaternaire	litage sable/argile plus de 100 sondages COGEMA	20	140	5	20	5	70							
45	175	RMC	A	série tertiaire du bassin de Roanne niveaux sableux captifs dans argiles	tertiaire	argiles litées	80		15	400	11								

PROVENCE - ALPES - COTE D'AZUR

	N°	Bas.	Type	Dénomination	Géologie	Protection	Profondeur min	Profondeur max	Epaisseur min	Epaisseur max	Productivité m3/H min	Productivité m3/H max	Exploitation	Bilan	Modèle	Qualité	Analyses	Ex. BSS	observations
46	220	RMC	A	Urgonien du Tricastin (sous K)	crét. inf.	marnes Eoc.Crét.	400	1000	200	400	5	150							
47	221	RMC	A	Urgonien du Comtat et sables/grès du Crét.sup.	crétacé	marnes alb./aptien	150	400	400	500	0	200							
48	222	RMC	A	Urgonien de Berre-Gardanne	crét. inf.	argiles aptien/éoc.	50	500	400	500	0	150	11 M m³/an	oui			oui		
49	228	RMC	A	molasse/sables mioc. du Comtat	burdigalien	marnes mio-plio.	150	300	50	150	5	20	peu			salé au N			
50	224	RMC	A	karst profond de moyenne Durance et jurassique d'Aix-en-Pce	jurassique	marnes Eoc.Crét.	50	1500		500	0	150		oui					faible extension
51	223	RMC	A	calcaire jurass.de Valensole	jurass.sup.	molasse/marnes III	100	600	200	300									
52	706	RMC	A	bassin jurassique de Marseille-Allauch	jurassique	marnes/arg. Oligoc.	50	300	200	300	0	150							
53	166	RMC	A	bassin du Beausset	jurassique	marnes crétacé sup.	50	250	200	400	0	150							
54	705	RMC	A	bassin de Brignoles	permo-trias	lias	20	200	100	200	0	100							
55	157	RMC	A	alluvions du Sud de la Crau	quaternaire	alluv. argileuses	20	150	30	80	30	250			oui	v.observ.			salée vers Sud
56	229	RMC	A	Urgonien du bassin d'Apt	crét. inf.	argiles aptien/éoc.													l'exploitation perturbe l'hydrodynamique

LANGUEDOC - ROUSSILLON

	N°	Bas.	Type	Dénomination	Géologie	Protection	Profondeur min	Profondeur max	Epaisseur min	Epaisseur max	Productivité m3/H min	Productivité m3/H max	Exploitation	Bilan	Modèle	Qualité	Analyses	Ex . BSS	observations
57	138b+139a b	RMC	A	calcaires et dolomies karstifiés Causses Sauvet./Méjean/noir	lias inf.	marnes lias sup.	100	>500	100	200	0	200	sources de déborde-ment	non		bonne			appel eau surf. poss.
58	142a	RMC	A	bassin calc. St Martin de Londres	lutétien	marnes éocènes	20	300	50	100	0	100	non			bonne			
59	143b	RMC	A	fossé calc.Montbazin-Gigean	jurass.	marnes miocènes	50	>300	300	1500	0	200	peu		oui (Thau)	bonne	oui		complexe
60	144a	RMC	A	bassin calc. de Quillan	crétacé inf.	marnes albien	50	>200	150	250	0	200	non			bonne			complexe
61	145	RMC	A	synclinal des Fenouillèdes	jur.+crét. infér.	marnes albien	20	>300	200	500	0	200	peu			bonne			mal connu
62	149	RMC	A	synclinal de Gardannanque	calc. urgonien	marnes oligocène	20	500	100	400	0	250	irrig.BRL			bonne			
63	150	RMC	A	sables de Vistenque	villafran-chien	10m limons/argiles	10	30	10	20	20	100	forte	oui	DIREN	bonne	oui		réserves limitées
64	225	RMC	A	multicouche du Roussillon	pliocène	argile pliocène	30	250	100	250	10	200	forte	oui	oui	bonne	oui		
65	226	RMC	A	Astien du Languedoc sous Plioc.	astien	argile pliocène	50	130	20	40	10	150	forte			bonne	oui		risques salinisation par surexploitation
66	227	RMC	A	Primaire du Iodèvois. Calcaires	calcaires cambrien	arg.+pell. Autunien	10	>500	100	300	0	150	géothermie	non		T° élevée			
67	328e	RMC	A	Camargue Ouest Vidourle	sable villafran-chien	arg.+ limons varia.	10	30	10	30	10	100	oui	non					
68	337a	RMC	A	alluvions Aude aval (Narbonne)	quat.	marnes+limons	5	15	10	25	10	200	oui(AEP Narbonne)	non			oui		
69	556b	RMC	A	Garrigues sud / Vidourle RD bassin de Castries-Sommières	grès miocène	marnes miocène	50	>200	30	100	0	200	SIAEP	non			oui		
70	557a2	RMC	A	Carcassonnais Lézignan-Corbières	calc.éoc. +jurassique	marnes éocène	10	>500	50	500	0	150	peu	non					
71	557a1	RMC	A	Minervois	calc.éoc.	marnes éocène	10	>300	50	150	0	200	peu			v.observ.	oui		localt. médiocre
72	557a1	RMC	A	bassin de Castelnaudary	éocène inf.	marnes éocène	50	>500	20	150	0	150	peu	non		AEP Casteln	oui		
73	557c	RMC	A	Pli Ouest de Montpellier	calc.jurass. supér.	arg+marn.crét.sup	50	>1000	100	500	0	250	peu		oui (Thau)	v.observ.			T° localt élevées
74	557g	RMC	A	alluvions de la Berre	quatern.	argile+limons	5	15	10	20	20	100	oui	non		bonne	oui		

MIDI - PYRENEES

	N°	Bas.	Type	Dénomination	Géologie	Protection	Profondeur min	Profondeur max	Epaisseur min	Epaisseur max	Productivité m3/H min	Productivité m3/H max	Exploitation	Bilan	Modèle	Qualité	Analyses	Ex . BSS	observations
75	214 (p)	AG	A	sables infra-molassiques de Midi-Pyrénées	yprésien	argiles tertaire	100	800	<20	>100	10	300	10 M m³/an	oui	Ouest	bonne	oui	954 5X 0017	locali non potable

AQUITAINE

	N°	Bas.	Type	Dénomination	Géologie	Protection	Profondeur min	Profondeur max	Epaisseur min	Epaisseur max	Productivité m3/H min	Productivité m3/H max	Exploitation	Bilan	Modèle	Qualité	Analyses	Ex . BSS	observations
76	215	AG	A	crétacé sup. d'Aquitaine	turonien-cénoman.												oui	803 6X 548	potabilité limite
77	214	AG	A	multicouche éocène inf .+inframolassique d'Aquitaine	calcaires +sables	Limons argileux, argiles	50	>1000	50	300	30	500	80 M m³/an	partiel	partiel	bonne	oui	730 5X 47	aucun traitement
78	217	AG	A	malm et dogger d'Aquitaine	calc. karst.	Marno calcaires	50	>2000	100	500	10	300	10 M m³/an	non	non	Fer et fluor	oui	0759 33X 004	
79	230	AG	A	calc. et grès oligocène d'Aquitaine	oligocène	Limons argil., argiles	20	600	50	500	30	1000	50 M m³/an	partiel	partiel	bonne	oui	0754 3X 0010	aucun traitement
80	231	AG	A	calc./dolomies crét. sup.d'Aquitaine	maestricht. + campanien.	100m d'imperméable (Marno calc.)	50	>1000	100	200	10	200	25 M m³/an	partiel	partiel	bonne	oui	852 5X 29	aucun traitement
81	232	AG	A	dolomies et grès du lias d'Aquitaine	lias - infralias	marnes	50	>2000	100	200	10	100	?	non	non	bonne	oui	735 7X 0002	aucun traitement
82	233	AG	A	dolomies/calacaires des Landes	dano-paléocène	molasse	50	>2000	100	300	10	150	Therm. + 2 AEP	non	non	aléatoire			
83	234	AG	A	sables et graviers d'Aquitaine	pliocène inf.	Limons & argiles	10	100	10	100	50	200	irrigation	non	non	aléatoire	oui	801 4X 10	
84	235	AG	A	grès et calc.sables miocène d'Aquitaine	hélvétien aquitanien	Limons & argiles	10	>200	10	100	30	150	150 M m³/an	non	non		oui	849 8X 53	aucun traitement

POITOU - CHARENTE

	N°	Bas.	Type	Dénomination	Géologie	Protection	Profondeur min	Profondeur max	Epaisseur min	Epaisseur max	Productivité m3/H min	Productivité m3/H max	Exploitation	Bilan	Modèle	Qualité	Analyses	Ex . BSS	observations
85	207	LB	A	dogger du BP (Nord seuil Poitou)	jurass.moy.	marnes oxford.callovien	250	500			30	50	3 M m³/an	partiel	oui 93				salée vers le Nord
86	576d1	LB	A	calcaires infraliasiques Poitou	héttangien	marnes toarcien	50	150	10	30	20	100	21M m³/an	oui	oui 93	Fluor			

PAYS DE LOIRE

	N°	Bas.	Type	Dénomination	Géologie	Protection	Profondeur min	Profondeur max	Epaisseur min	Epaisseur max	Productivité m3/H min	Productivité m3/H max	Exploitation	Bilan	Modèle	Qualité	Analyses	Ex. BSS	observations
87	198	LB	A	bassin tertiaire de Campbon	éocène / lutétien	argile lutét.sup.et moyen	30	70			200	400	9 M m³/an	oui	oui	bonne	oui		semi-captive
88	205	LB	A	sables cénomanien de Touraine	crétacé sup.	marnes cénomanien sup.	100	300	50	80	50	100	20M m³/an	oui	oui		oui		
89	207	LB	A	dogger du BP (Sarthe)	jurass.moy.	marnes oxford.callovien	100	200			10	30	15M m³/an	oui	non	salinis. ->Est			
90	216	LB	A	dogger du B.A. (Sud du seuil du Poitou)	jurass.moy.	marnes oxford.callov.	60	120		40		500	oui (libre)	oui 90 partie libre			oui	585 7X 7	limite potabilité Nitrates
91	576d1	LB	A	calcaires infraliasiques Pays de Loire	héttangien	marnes toarcien	60	100			1	100	10M m³/an	oui	oui 90		oui		

CENTRE

	N°	Bas.	Type	Dénomination	Géologie	Protection	Profondeur min	Profondeur max	Epaisseur min	Epaisseur max	Productivité m3/H min	Productivité m3/H max	Exploitation	Bilan	Modèle	Qualité	Analyses	Ex. BSS	observations
92	25-27	LB	A	calcaire de Beauce et de Sologne	aquitanien	argiles burdigalien	60	200		100		50	oui	oui	partiel	Fer			
93	-44x-46-47-	LB	A	craie crétacé de Sologne	séno-turonien	calc. de Beauce	100	300	150	300	fissuration		oui						
94	205	LB	A	sables cénomaniens de Touraine	cénoman.	marne à ostracées	100	200	50	100	30	50	intense	oui Touraine		dure			
95	204a	LB	A	sables verts de l'albien	crét. inf.	marne à ostracées	100	200			10	100	oui			dure			
96	206	LB	A	malm du BP (calcaire karstifié)	jurass.sup.	marnes	100	250			20	150	oui libre			dure		oui	
97	207	LB	A	dogger du BP (Berry)	jurass. moyen	marnes oxford. callov.	100	250		100	5	20	oui	synthèse 1992					
98	211	LB	A	trias du sud du BP (grès-arkose)	trias-lias	marnes lias (toarcien).	10	150		100	20	35				(fer)			3 stockages GDF

BRGM / CTE - Juin 1994

Tableau 2

SYSTEMES AQUIFERES PARTIELLEMENT OU LOCALEMENT PROTEGES (classe B)

	N°	Bas.	Type	Dénomination	Géologie	Protection	Exploitation	Qualité	observations
CHAMPAGNE									
1	204	SN	B	sables verts albiens du BP	albien	15-70m argile Gault	oui	Fer, sulfate	captif. v. doc. 87 SGN 265 CHA
2	208	SN	B	calc/grès héttangien-sinémurien	lias	marnes du carixien			
ALSACE - LORRAINE									
3	91	RM	B	nappe d'Alsace > 100m de profondeur	quaternaire	alluvions quat.	oui	localement potable	100-200m de profondeur. 100-500 m3/H/forage
4	178	RM	B	pliocène Haguenau-Wissembourg	sables pliocène	5-10m de loess	oui	analyses	40 m3/H/forage
5	210b	RM	B	Grès du trias inf. de Lorraine	trias+muschellalk	marnes keuper			
6	533 a,b	RM	B	complexe des collines sous-vosgiennes	jurassique	locales		Pb de Na, Cl, S04	très compartimenté
FRANCHE - COMTE									
7	97	RMC	B	multicouche jurassique de Hte Saône	dogger-malm	argile oxford.			
8	103	RMC	B	cailloutis pliocéne de Chaux	pliocène	limons quaternaire			
9	212	RMC	B	complexe sables miocène de Bresse	miocène	argiles miocène			
RHONE - ALPES									
10		RMC	B	nappes de formations glaciaires	quaternaire	argiles quaternaire			
11	543	RMC	B	séries calcaires des pré-Alpes du Nord	secondaire				

	N°	Bas.	Type	Dénomination	Géologie	Protection	Exploitation	Qualité	observations
PROVENCE - ALPES - COTE D'AZUR									
12	158	RMC	B	calcaires karst. urgonien du Vercors	crétacé sup.				
13	159	RMC	B	calcaires karst. urgonien du Royans	crétacé sup.				
14	161	RMC	B	calcaires karst. crétacé du Dévoluy	crétacé sup.				
15	162	RMC	B	calcaires karst. urgonien du Vaucluse	crétacé sup.				
16	169	RMC	B	flysch gréso-calcaire de l'Ubaye	crétacé sup.	locale			
17	170	RMC	B	calcaires karst. crétacé du Ht Verdon	crétacé sup.				
18	181	RMC	B	flysch gréseux de Mourre froid	éocène				mal connu
LANGUEDOC - ROUSSILLON									
19	138	AG	B	calcaires karstiques de Sauveterre	jurassique moy/sup				
20	139	AG	B	calc. karst. causses Méjean & Noir	jurassique moy/sup				
21	141a	AG/RMC	B	complexe karstique du Larzac	jurassique moy/sup				
22	141b	AG/RMC	B	complexe karstique du Larzac	jurassique moy/sup				
23		RMC	B	série crétacé-tertiaire du Languedoc	crétacé-Tertiaire				
24	557c	RMC	B	série crétacé-tertiaire du Languedoc	crétacé-Tertiaire				
MIDI - PYRENEES									
25	567-568-569	AG	B	séries plissées paléozoiques	primaire	localement	locale		bonne
BRETAGNE									
26	581-583	LB	B	synclinaux paléozoiq. du M. Armoricain	primaire	localement	locale		

3. NOTICE EXPLICATIVE DE LA CARTE DES SYSTEMES AQUIFERES PROTEGES

3. 1. MODE DE CONSTRUCTION ET DE REPRESENTATION

La carte des systèmes aquifères protégés de la France métropolitaine (échelle 1/1.500.000) jointe en annexe a été élaborée à partir d'une minute dessinée sur le fond de la carte des grands systèmes aquifères captifs à l'échelle 1/1.000.000 (J. Margat 1976) et ensuite digitalisée. La majorité des aquifères protégés correspondent en effet généralement à des grands aquifères captifs. Les limites d'extension des aquifères identifiés comme protégés et constituant des ressources (actuellement exploitées ou non) acceptables en quantité et en qualité coïncident donc souvent avec les limites d'extension des aquifères captifs. Ces limites diffèrent néanmoins quelquefois dans les cas suivants :

- précision supplémentaire apportée par une cartographie régionale à échelle plus grande,
- actualisation de la connaissance en fonction de données de forages récents,
- élimination d'une partie de la nappe captive correspondant à une zone très peu productive
- élimination d'une partie de la nappe captive où la qualité de l'eau est impropre à la consommation (salinité totale en général supérieure à 1 g/l).

Par ailleurs, en plus de ces grands aquifères captifs (codés par J. Margat avec des numéros compris entre 200 et 299) on a retenu comme aquifères protégés certains aquifères libres régionaux ou locaux, ou certains aquifères en charge ou partiellement en charge mais d'extension limitée, cela lorsque ces aquifères bénéficient de la présence d'une formation de recouvrement peu perméable d'une épaisseur d'au moins une dizaine de mètres. Ce critère doit bien sûr être validé par des études au cas par cas.

Les forages destinés à les capter doivent faire l'objet de spécifications très strictes.

Ce type d'aquifère possède sur la carte un numéro de code soit inférieur à 200 soit supérieur à 300.

Les territoires disposant d'au moins un système aquifère protégé (classe A définie au paragraphe 1.3.2) ont été coloriés en jaune sur la carte. Les territoires ne disposant que partiellement de systèmes aquifères protégés (classe C définie au paragraphe 1.3.2.) ont été coloriés en vert. Enfin les territoires ne disposant pas de ressources protégées exploitables (classe C définie au paragraphe 1.3.2.) ont été laissés en blanc.

Les limites d'extension des aquifères protégés (classe A) et des zones pouvant comporter de manière discontinue ou de manière non certaine des aquifères protégés (classe B) ont été représentées sur la carte par des contours de couleur différente spécifiés dans la légende. Les numéros de code de l'aquifère ont été également reportés à l'intérieur des zones correspondantes, précédés de la lettre A ou B suivant le cas. La description stratigraphique et lithologique de ces aquifères se trouve dans les tableaux de synthèse du chapitre 2, ainsi que l'état de la connaissance sur :

- leur profondeur et leur épaisseur
- la nature de la formation protectrice
- la productivité des ouvrages de captage (forages)
- le degré d'exploitation,
- leur bilan hydraulique
- la qualité chimique des eaux

L'habillage de la carte est constitué du réseau hydrographique principal, des limites de département, des villes de plus de 150 000 habitants et des villes de plus de 50 000 habitants avec des sigles différents.

3. 2. COMMENTAIRES

3. 2. 1. Territoires à systèmes aquifères bien protégés (classe A)

Un grand domaine continu (colorié en jaune) apparaît comme possédant partout au minimum un système aquifère protégé. Ce domaine est constitué par la jonction du **Bassin Parisien** et du **Bassin Aquitain** reliés par le seuil du Poitou.

Ces deux grands bassins sédimentaires sont caractérisés par des structures synclinales: les différentes formations stratigraphiques se succèdent des plus anciennes aux plus récentes vers le centre des bassins, à l'image d'un empilement d'assiettes de taille décroissante vers le haut (le centre géologique du Bassin Aquitain se situant en fait sur le littoral Atlantique).

A la périphérie de chacun de ces deux grands bassins le premier aquifère (ou parfois le seul) offrant des ressources protégées et reconnues est pratiquement partout soit celui du Trias (A 211), soit celui du Jurassique moyen (dogger, codé A 207 dans le Bassin Parisien et A 216 dans le Bassin Aquitain), soit encore celui du Jurassique supérieur (malm, codé A 206 dans le Bassin Parisien et A 217 dans le Bassin Aquitain).
Au sud-est du Bassin Aquitain, toutefois, l'aquifère multicouche de l'Eocène (A 214) transgresse les formations du Jurassique et constitue alors le seul siège de ressources protégées.

Les formations du Trias et du Jurassique s'ennoient vers le centre des bassins sous une épaisseur croissante de formations plus récentes. Les aquifères protégés qu'elles constituent sont alors surmontés par d'autres formations aquifères d'âge Crétacé et Tertiaire dont certaines peuvent contenir des ressources également protégées, et donc plus facilement accessibles .

Certaines zones du Bassin Parisien et du Bassin Aquitain (particulièrement vers le centre des bassins) peuvent ainsi comporter jusqu'à 4 ou 5 niveaux successifs d'aquifères ou systèmes aquifères protégés.
L'aquifère protégé le plus proche de la surface sera évidemment pour une raison de coût le premier à solliciter pour l'exploitation de ressources protégées. Dans certains cas cependant (par exemple si les besoins dépassent les ressources exploitables du premier aquifère) le ou les aquifères sous-jacents pourront être également exploités.

Il est à noter que dans le Bassin Parisien les aquifères protégés du Trias , du Jurassique moyen (Dogger) et du Jurassique supérieur ne sont exploitables qu'à la périphérie du bassin, là où ils représentent le seul (cas du Trias et du Dogger) ou le premier (cas du Jurassique supérieur) aquifère protégé. Vers le centre du bassin, outre leur grande profondeur, le Trias et le Dogger contiennent des eaux beaucoup trop salées et les quelques tests effectués à l'occasion de forages pétroliers ou géothermiques ont révélé un Jurassique Supérieur pratiquement improductif.

Dans le centre du Bassin Parisien l'aquifère protégé exploitable le plus ancien et le plus profond est donc représenté par le Néocomien (Albien, A 204).

La jonction entre le Bassin Parisien et le Bassin Aquitain qui en fait un domaine continu à ressources protégées est assurée dans la région du **seuil du Poitou** par l'existence de l'aquifère protégé des calcaires infraliasiques (hettangien A 576 d1, sous marnes toarcien).

Dans les dossiers régionaux de l'annexe 1 sont notamment présentés des coupes schématiques des séries stratigraphiques des bassins parisien et aquitain explicitant les positions des différents aquifères protégés et les formations protectrices.

Autres régions de classe A

En dehors de ce grand domaine des Bassins Parisien et Aquitain, les autres zones possédant des systèmes aquifères protégés se situent essentiellement dans **l'Est de la France** et dans le **Nord-Pas de Calais :**

En **Lorraine** une zone de 60 à 80 km de largeur (Est-Ouest) et d'environ 200 km de longueur (Nord-Sud) bénéficie de l'aquifère protégé que constituent les grès du Trias inférieur (A210). Du point de vue géologique, il s'agit en fait de l'auréole la plus externe et la plus ancienne du synclinal du Bassin de Paris. Sur la carte cette zone apparaît déconnectée du Bassin Parisien parce que, au delà de sa limite Ouest, l'aquifère du Trias inférieur, bien que toujours protégé, contient des eaux de salinité totale excessive (supérieure à 1 voire 2 g/l en faciès chloruré). Au delà de cette limite il existe quelques zones où l'aquifère des grès du Rhétien prend le relais et constitue alors l'aquifère protégé.

En **Bourgogne et Franche-Comté** les ressources protégées se trouvent essentiellement dans les aquifères du Trias, du Dogger, du Jurassique Supérieur et du Miocène.

En région **Rhône-Alpes** elles se situent principalement dans les formations du Jurassique (Sud-Est de l'Ardèche), dans les calcaires Urgonien du Crétacé (Vercors et Drôme), dans les formations du Miocène (molasse de Bresse et du Bas-Dauphiné) ainsi que dans les formations tertiaires des bassins de Montbrison et de Roanne.

En région **Provence-Alpes-Côte d'Azur** les aquifères protégés sont localisés dans la partie sud-ouest et représentés par :

le Permo-Trias de Brignoles (A 705)

- les formations calcaires du Jurassique de moyenne Durance et d'Aix en Provence (A 224), de Valensole (A 223), du bassin de Marseille-Allauch (A706), et du bassin du Beausset (A 166)
- les calcaires Urgonien du bassin d'Apt (A229), de Berre-Gardanne (A 222), du Comtat (A221) et du Tricastin (A 220)
- la molasse et sables Miocène du Comtat (A228)
- les alluvions quaternaires sous couverture argileuse du Sud de la Crau (A 157)

En **Languedoc-Roussillon** les aquifères protégés correspondent à beaucoup de formations différentes du Jurassique au Quaternaire, mais sont de faible extension et seulement environ 20 % de la superficie de la Région bénéficie de ressources protégées très compartimentées.

Le **Nord-Pas de Calais** possède des ressources en eaux souterraines protégées sur environ 30 % de sa superficie. Elles se situent dans les calcaires fissurés du Carbonifère (aquifère codé A 202), dans la craie d'Artois (Séno-Turonien) du bassin des Flandres (A 001x1) et du bassin d'Orchies (A001y1), ainsi que dans les sables du Landénien (Paléocène) des Flandres, encore appelés sables d'Ostricourt (A 201).

3. 2. 2. Territoires incluant localement des aquifères protégés ou partiellement protégés (classe B)

Ces territoires, coloriés en vert sur la carte, correspondent à plusieurs cas différents:

- dans le **Massif Armoricain** , il s'agit de synclinaux paléozoïques dans lesquels certaines formations gréseuses (Grès armoricains) ou calcaires (Dévonien ou Carbonifère) peuvent contenir localement, ou de manière mal reconnue, des ressources protégées.

- dans les **Pyrénées**, les séries plissées paléozoïques à alternance de couches perméables et imperméables peuvent également contenir des nappes locales compartimentées, constituant des ressources protégées

- **en Poitou-Charentes**, les zones codées B 206 et B 207 sont des zones où respectivement le Dogger et le Jurassique supérieur devraient constituer le premier aquifère captif et protégé, mais l'existence dans ces formations de ressources exploitables et de bonne qualité n'a pas été vérifiée, faute de forages de reconnaissance.

De même dans la partie littorale de ces zones, le degré de l'intrusion probable des eaux salées n'est pas connu.

- en **Alsace**, on a considéré que les ressources en eau de la nappe phréatique de la plaine du Rhin (code B 91) situées au delà d'une profondeur de 100 m pouvaient représenter une ressource protégée.

En effet, si un forage d'exploitation capte les eaux au delà de cette profondeur (cela implique que le forage soit tubé et cimenté au minimum sur 100 m), on peut estimer qu'une pollution venant de la surface mettra au minimum 20 jours pour parvenir au niveau de captage du forage (crépine) avec les hypothèses suivantes:

transmissivité moyenne de l'aquifère : 1. 10^{-2} m²/s
épaisseur moyenne : 200 m
d'où perméabilité moyenne : 5. 10^{-5} m/s

en supposant un trajet totalement vertical (cas extrême le plus pessimiste) cela correspond à une vitesse de l'ordre de 5 m/jour , soit 20 jours pour un parcours vertical de 100 m (hors prise en compte du coefficient de diffusion spécifique du polluant).

Pour ce qui concerne les autres zones de classe B identifiées en Alsace, à savoir le Pliocène de la région d'Haguenau (BL 178) et les formations des collines sous-vosgiennes (BL 533), elles correspondent à l'existence uniquement locale de quelques ressources protégées.

- en **Lorraine**, une zone de bordure (environ 10 km de largeur) de l'aquifère captif des grès du Trias inférieur a été classée en classe B (B 210) , cela correspondant à une marge d'incertitude sur la protection au voisinage de la limite de captivité.

- en **Franche-Comté,** les zones classées B correspondent à l'existence purement locale et discontinue de ressources protégées dans les formations pliocène (B 103) , miocène (B 212), ou du Jurassique (B 97), de même que dans les **Alpes** : nappes locales dans les formations calcaires (Secondaire) des Préalpes ou dans les formations glaciaires du Quaternaire dans certaines vallées (B 543).

- dans la région **Provence-Alpes-Côte d'Azur**, en **Languedoc-Roussillon**, et dans **l'Aveyron** (Causses) les zones classées C correspondent aux aquifères calcaires karstiques dont la protection n'est pas toujours vérifiée ou assurée de manière continue. L'estimation du degré de protection nécessite des investigations locales de détail.

3. 2. 3. Territoires ne disposant pas de système aquifère protégé exploitable

Ces zones laissées en blanc sur la carte correspondent principalement

- soit aux formations de socle du Massif Armoricain, des Pyrénées, du Massif Central , des Vosges, des Alpes et de la Corse,

- soit aux régions ne disposant que de nappes phréatiques libres et vulnérables, à savoir principalement : l'Artois, la Picardie, le Pays de Caux , la Haute Normandie, une partie de la Lorraine, le seuil de Bourgogne, une partie de la Franche-Comté, de la Provence, de la Côte d'Azur , du Languedoc-Roussillon, du Quercy, de l'Est de la Corse.

3. 2. 4. Répartition de l'existence des ressources protégées par département et pour les villes de plus de 50 000 habitants

Cette répartition a été établie à partir de la carte au 1/1.500.000 et les résultats figurent dans les tableaux 3 et 4 et les graphiques ci-après.

16 départements sur 97 disposent d'aquifères protégés(identifiables à l'échelle nationale) sur la totalité de leur territoire,
57 départements sont partiellement couverts par de tels aquifères,
24 autres n'en disposent pas.

Par ailleurs, 61 villes sur les 103 de plus de 50 000 habitants disposent de ressources protégées sous leurs pieds, ce qui correspond à 61% de cette population urbaine (8 millions sur 13,2).

TABLEAU 3
Répartition de l'existence de ressources en eau protégées par département
(en % de surface)

Code	Département	Ressources en eau souterraine		
		Protégées	Localement ou partiellement protégées	Non protégées
1	AIN	40	0	60
2	AISNE	90	0	10
3	ALLIER	10	0	90
4	ALPES HT-PROVENCE	15	25	60
5	HAUTES-ALPES	0	30	70
6	ALPES-MARITIMES	0	5	95
7	ARDECHE	20	5	75
8	ARDENNES	60	5	35
9	ARIEGE	25	35	40
10	AUBE	100	0	0
11	AUDE	25	50	25
12	AVEYRON	0	15	85
13	BOUCHES-DU-RHONE	40	0	60
14	CALVADOS	0	15	85
15	CANTAL	0	0	100
16	CHARENTE	50	30	20
17	CHARENTE-MARITIME	2	95	3
18	CHER	95	0	5
19	CORREZE	0	0	100
2A	HAUTE-CORSE	0	0	100
2B	CORSE-DU-SUD	0	0	100
21	COTE D'OR	25	2	73
22	COTE D'ARMOR	0	15	85
23	CREUSE	0	0	100
24	DORDOGNE	90	0	10
25	DOUBS	40	15	45
26	DROME	35	35	30
27	EURE	30	0	70
28	EURE-ET-LOIR	100	0	0
29	FINISTERE	0	20	80
30	GARD	15	25	60
31	HAUTE-GARONNE	70	15	15
32	GERS	100	0	0
33	GIRONDE	100	0	0
34	HERAULT	25	25	50
35	ILLE-ET-VILAINE	0	30	70
36	INDRE	85	0	15
37	INDRE-ET-LOIRE	95	0	5
38	ISERE	35	35	30
39	JURA	20	10	70
40	LANDES	95	0	5
41	LOIR-ET-CHER	100	0	0
42	LOIRE	20	0	80
43	HAUTE-LOIRE	0	0	100
44	LOIRE-ATLANTIQUE	2	40	58
45	LOIRET	100	0	0
46	LOT	30	0	70
47	LOT-ET-GARONNE	100	0	0

TABLEAU 3 (suite)
Répartition de l'existence de ressources en eau protégées par département
(en % de surface)

Code	Département	Ressources en eau souterraine		
		Protégées	Localement ou partiellement protégées	Non protégées
48	LOZERE	0	20	80
49	MAINE-ET-LOIRE	25	25	50
50	MANCHE	5	0	95
51	MARNE	100	0	0
52	HT-MARNE	50	50	0
53	MAYENNE	0	5	95
54	MEURTHE-ET-MOSELLE	50	10	40
55	MEUSE	95	2	3
56	MORBIHAN	0	15	85
57	MOSELLE	60	10	30
58	NIEVRE	40	0	60
59	NORD	60	0	40
60	OISE	0	0	100
61	ORNE	20	0	80
62	PAS-DE-CALAIS	10	0	90
63	PUY-DE-DOME	0	0	100
64	PYRENEES-ATLANTIQUES	20	30	50
65	HT-PYRENEES	30	40	30
66	PYRENEES-ORIENTALES	25	0	75
67	BAS-RHIN	5	50	45
68	HAUT-RHIN	10	20	70
69	RHONE	15	0	85
70	HT-SAONE	35	15	50
71	SAONE-ET-LOIRE	25	0	75
72	SARTHE	80	0	20
73	SAVOIE	0	20	80
74	HT-SAVOIE	25	55	20
75	SEINE	100	0	0
76	SEINE-MARITIME	0	0	100
77	SEINE-ET-MARNE	100	0	0
78	YVELINES	100	0	0
79	DEUX-SEVRES	20	20	60
80	SOMME	0	0	100
81	TARN	50	0	50
82	TARN ET GARONNE	85	0	15
83	VAR	15	0	85
84	VAUCLUSE	50	25	25
85	VENDEE	15	5	80
86	VIENNE	90	0	10
87	HT-VIENNE	0	0	100
88	VOSGES	40	10	50
89	YONNE	85	0	15
90	TER.DE BELFORT	35	5	60
91	ESSONNE	100	0	0
92	HT-DE-SEINE	100	0	0
93	SEINE-ST-DENIS	100	0	0
94	VAL-DE-MARNE	100	0	0
95	VAL D'OISE	100	0	0

TABLEAU 4A
Existence de ressources en eau souterraine protégées pour les villes de plus de 50 000 habitants

classement par département

Dépt	Code	Nom des villes	Population	Protection
02	02691	SAINT-QUENTIN	62 085	Non protégé
06	06004	ANTIBES	70 688	Non protégé
	06029	CANNES	69 363	Non protégé
	06088	NICE	345 674	Non protégé
08	08105	CHARLEVILLE-MEZIERES	59 439	Non protégé
10	10387	TROYES	60 755	Protégé
13	13001	AIX-EN-PROVENCE	126 854	Protégé
	13004	ARLES	52 593	Protégé
	13055	MARSEILLE	807 726	Protégé
14	14118	CAEN	115 624	Localement protégé
17	17300	ROCHELLE	73 744	Non protégé
18	18033	BOURGES	78 773	Protégé
19	19031	BRIVE-LA-GAILLARDE	52 677	Non protégé
21	21231	DIJON	151 636	Non protégé
25	25056	BESANCON	119 194	Non protégé
26	26362	VALENCE	65 026	Non protégé
27	27229	EVREUX	51 452	Protégé
29	29019	BREST	153 099	Non protégé
	29232	QUIMPER	62 541	Non protégé
20	2A004	AJACCIO	59 318	Non protégé
30	30189	NIMES	133 607	Non protégé
31	31555	TOULOUSE	365 933	Protégé
33	33063	BORDEAUX	213 274	Protégé
	33281	MERIGNAC	58 684	Protégé
	33318	PESSAC	51 424	Protégé
34	34032	BEZIERS	72 362	Protégé
	34172	MONTPELLIER	210 866	Non protégé
35	35238	RENNES	203 533	Non protégé
36	36044	CHATEAUROUX	52 949	Protégé
37	37261	TOURS	133 403	Protégé
38	38185	GRENOBLE	153 973	Localement protégé
41	41018	BLOIS	51 549	Protégé
42	42218	SAINT-ETIENNE	201 569	Non protégé
44	44109	NANTES	252 029	Non protégé
	44184	SAINT-NAZAIRE	66 087	Non protégé
45	45234	ORLEANS	107 965	Protégé
49	49007	ANGERS	146 163	Localement protégé
	49099	CHOLET	56 540	Non protégé
51	51108	CHALONS-SUR-MARNE	51 533	Protégé
	51454	REIMS	185 164	Protégé
53	53130	LAVAL	53 479	Non protégé
54	54395	NANCY	102 410	Non protégé
56	56121	LORIENT	61 630	Non protégé
57	57463	METZ	123 920	Non protégé
59	59009	VILLENEUVE-D'ASCQ	65 695	Protégé
	59183	DUNKERQUE	71 071	Protégé
	59350	LILLE	178 301	Protégé
	59512	ROUBAIX	98 179	Protégé
	59599	TOURCOING	94 425	Protégé

TABLEAU 4A (suite)

Dépt	Code	Nom des villes	Population	Protection
60	60057	BEAUVAIS	56 278	Protégé
62	62193	CALAIS	75 836	Protégé
63	63113	CLERMONT-FERRAND	140 167	Non protégé
64	64445	PAU	83 928	Protégé
65	65440	TARBES	50 228	Protégé
66	66136	PERPIGNAN	108 049	Protégé
67	67482	STRASBOURG	255 937	Localement protégé
68	68066	COLMAR	64 889	Non protégé
	68224	MULHOUSE	109 905	Non protégé
69	69123	LYON	422 444	Non protégé
	69259	VENISSIEUX	60 744	Non protégé
	69266	VILLEURBANNE	119 848	Non protégé
71	71076	CHALON-SUR-SAONE	56 259	Protégé
72	72181	MANS	148 465	Protégé
73	73065	CHAMBERY	55 603	Non protégé
74	74010	ANNECY	51 143	Protégé
75	75105	PARIS	2 142 423	Protégé
76	76351	HAVRE	197 219	Non protégé
	76540	ROUEN	105 470	Non protégé
78	78586	SARTROUVILLE	50 440	Protégé
	78646	VERSAILLES	91 029	Protégé
79	79191	NIORT	58 660	Protégé
80	80021	AMIENS	136 234	Non protégé
82	82121	MONTAUBAN	53 278	Protégé
83	83069	HYERES	50 122	Non protégé
	83126	SEYNE-SUR-MER	60 567	Protégé
	83137	TOULON	170 167	Protégé
84	84007	AVIGNON	89 440	Localement protégé
86	86194	POITIERS	82 507	Protégé
87	87085	LIMOGES	136 407	Non protégé
90	90010	BELFORT	51 913	Localement protégé
92	92002	ANTONY	57 916	Protégé
	92004	ASNIERES-SUR-SEINE	72 250	Protégé
	92012	BOULOGNE-BILLANCOURT	101 971	Protégé
	92025	COLOMBES	79 058	Protégé
	92026	COURBEVOIE	65 649	Protégé
	92050	NANTERRE	86 627	Protégé
	92051	NEUILLY-SUR-SEINE	62 033	Protégé
	92063	RUEIL-MALMAISON	67 323	Protégé
93	93001	AUBERVILLIERS	67 836	Protégé
	93005	AULNAY-SOUS-BOIS	82 537	Protégé
	93029	DRANCY	60 928	Protégé
	93048	MONTREUIL	95 038	Protégé
	93051	NOISY-LE-GRAND	54 112	Protégé
	93066	SAINT-DENIS	90 806	Protégé
94	94017	CHAMPIGNY-SUR-MARNE	79 778	Protégé
	94028	CRETEIL	82 390	Protégé
	94033	FONTENAY-SOUS-BOIS	52 105	Protégé
	94041	IVRY-SUR-SEINE	54 106	Protégé
	94046	MAISONS-ALFORT	54 065	Protégé
	94068	SAINT-MAUR-DES-FOSSES	77 492	Protégé
	94081	VITRY-SUR-SEINE	82 820	Protégé
95	95018	ARGENTEUIL	94 162	Protégé
	95585	SARCELLES	57 121	Protégé

TABLEAU 4B

Existence de ressources en eau souterraine protégées pour les villes de plus de 50 000 habitants

classement selon existence de ressources protégées

Code	Nom des villes	Population	Protection
2A004	AJACCIO	59 318	Non protégé
80021	AMIENS	136 234	Non protégé
06004	ANTIBES	70 688	Non protégé
25056	BESANCON	119 194	Non protégé
29019	BREST	153 099	Non protégé
19031	BRIVE-LA-GAILLARDE	52 677	Non protégé
06029	CANNES	69 363	Non protégé
73065	CHAMBERY	55 603	Non protégé
08105	CHARLEVILLE-MEZIERES	59 439	Non protégé
49099	CHOLET	56 540	Non protégé
63113	CLERMONT-FERRAND	140 167	Non protégé
68066	COLMAR	64 889	Non protégé
21231	DIJON	151 636	Non protégé
76351	HAVRE	197 219	Non protégé
83069	HYERES	50 122	Non protégé
53130	LAVAL	53 479	Non protégé
87085	LIMOGES	136 407	Non protégé
56121	LORIENT	61 630	Non protégé
69123	LYON	422 444	Non protégé
57463	METZ	123 920	Non protégé
34172	MONTPELLIER	210 866	Non protégé
68224	MULHOUSE	109 905	Non protégé
54395	NANCY	102 410	Non protégé
44109	NANTES	252 029	Non protégé
06088	NICE	345 674	Non protégé
30189	NIMES	133 607	Non protégé
29232	QUIMPER	62 541	Non protégé
35238	RENNES	203 533	Non protégé
17300	ROCHELLE	73 744	Non protégé
76540	ROUEN	105 470	Non protégé
42218	SAINT-ETIENNE	201 569	Non protégé
44184	SAINT-NAZAIRE	66 087	Non protégé
02691	SAINT-QUENTIN	62 085	Non protégé
26362	VALENCE	65 026	Non protégé
69259	VENISSIEUX	60 744	Non protégé
69266	VILLEURBANNE	119 848	Non protégé
		4 409 206	
49007	ANGERS	146 163	Localement protégé
84007	AVIGNON	89 440	Localement protégé
90010	BELFORT	51 913	Localement protégé
14118	CAEN	115 624	Localement protégé
38185	GRENOBLE	153 973	Localement protégé
67482	STRASBOURG	255 937	Localement protégé
		813 050	

TABLEAU 4B (suite)

Code	Nom des villes	Population	Protection
13001	AIX-EN-PROVENCE	126 854	Protégé
74010	ANNECY	51 143	Protégé
92002	ANTONY	57 916	Protégé
95018	ARGENTEUIL	94 162	Protégé
13004	ARLES	52 593	Protégé
92004	ASNIERES-SUR-SEINE	72 250	Protégé
93001	AUBERVILLIERS	67 836	Protégé
93005	AULNAY-SOUS-BOIS	82 537	Protégé
60057	BEAUVAIS	56 278	Protégé
34032	BEZIERS	72 362	Protégé
41018	BLOIS	51 549	Protégé
33063	BORDEAUX	213 274	Protégé
92012	BOULOGNE-BILLANCOURT	101 971	Protégé
18033	BOURGES	78 773	Protégé
62193	CALAIS	75 836	Protégé
71076	CHALON-SUR-SAONE	56 259	Protégé
51108	CHALONS-SUR-MARNE	51 533	Protégé
94017	CHAMPIGNY-SUR-MARNE	79 778	Protégé
36044	CHATEAUROUX	52 949	Protégé
92025	COLOMBES	79 058	Protégé
92026	COURBEVOIE	65 649	Protégé
94028	CRETEIL	82 390	Protégé
93029	DRANCY	60 928	Protégé
59183	DUNKERQUE	71 071	Protégé
27229	EVREUX	51 452	Protégé
94033	FONTENAY-SOUS-BOIS	52 105	Protégé
94041	IVRY-SUR-SEINE	54 106	Protégé
59350	LILLE	178 301	Protégé
94046	MAISONS-ALFORT	54 065	Protégé
72181	MANS	148 465	Protégé
13055	MARSEILLE	807 726	Protégé
33281	MERIGNAC	58 684	Protégé
82121	MONTAUBAN	53 278	Protégé
93048	MONTREUIL	95 038	Protégé
92050	NANTERRE	86 627	Protégé
92051	NEUILLY-SUR-SEINE	62 033	Protégé
79191	NIORT	58 660	Protégé
93051	NOISY-LE-GRAND	54 112	Protégé
45234	ORLEANS	107 965	Protégé
75105	PARIS	2 142 423	Protégé
64445	PAU	83 928	Protégé
66136	PERPIGNAN	108 049	Protégé
33318	PESSAC	51 424	Protégé
86194	POITIERS	82 507	Protégé
51454	REIMS	185 164	Protégé
59512	ROUBAIX	98 179	Protégé
92063	RUEIL-MALMAISON	67 323	Protégé
93066	SAINT-DENIS	90 806	Protégé
94068	SAINT-MAUR-DES-FOSSES	77 492	Protégé
95585	SARCELLES	57 121	Protégé
78586	SARTROUVILLE	50 440	Protégé
83126	SEYNE-SUR-MER	60 567	Protégé
65440	TARBES	50 228	Protégé
83137	TOULON	170 167	Protégé
31555	TOULOUSE	365 933	Protégé
59599	TOURCOING	94 425	Protégé
37261	TOURS	133 403	Protégé
10387	TROYES	60 755	Protégé
78646	VERSAILLES	91 029	Protégé
59009	VILLENEUVE-D'ASCQ	65 695	Protégé
94081	VITRY-SUR-SEINE	82 820	Protégé
		8 047 444	
	TOTAL	**13 269 700**	

TABLEAU 4C

Existence de ressources en eau souterraine protégées pour les villes de plus de 50 000 habitants

classement par ordre alphabétique

Code	Nom des villes	Population	Protection
13001	AIX-EN-PROVENCE	126 854	Protégé
2A004	AJACCIO	59 318	Non protégé
80021	AMIENS	136 234	Non protégé
49007	ANGERS	146 163	Localement protégé
74010	ANNECY	51 143	Protégé
06004	ANTIBES	70 688	Non protégé
92002	ANTONY	57 916	Protégé
95018	ARGENTEUIL	94 162	Protégé
13004	ARLES	52 593	Protégé
92004	ASNIERES-SUR-SEINE	72 250	Protégé
93001	AUBERVILLIERS	67 836	Protégé
93005	AULNAY-SOUS-BOIS	82 537	Protégé
84007	AVIGNON	89 440	Localement protégé
60057	BEAUVAIS	56 278	Protégé
90010	BELFORT	51 913	Localement protégé
25056	BESANCON	119 194	Non protégé
34032	BEZIERS	72 362	Protégé
41018	BLOIS	51 549	Protégé
33063	BORDEAUX	213 274	Protégé
92012	BOULOGNE-BILLANCOURT	101 971	Protégé
18033	BOURGES	78 773	Protégé
29019	BREST	153 099	Non protégé
19031	BRIVE-LA-GAILLARDE	52 677	Non protégé
14118	CAEN	115 624	Localement protégé
62193	CALAIS	75 836	Protégé
06029	CANNES	69 363	Non protégé
71076	CHALON-SUR-SAONE	56 259	Protégé
51108	CHALONS-SUR-MARNE	51 533	Protégé
73065	CHAMBERY	55 603	Non protégé
94017	CHAMPIGNY-SUR-MARNE	79 778	Protégé
08105	CHARLEVILLE-MEZIERES	59 439	Non protégé
36044	CHATEAUROUX	52 949	Protégé
49099	CHOLET	56 540	Non protégé
63113	CLERMONT-FERRAND	140 167	Non protégé
68066	COLMAR	64 889	Non protégé
92025	COLOMBES	79 058	Protégé
92026	COURBEVOIE	65 649	Protégé
94028	CRETEIL	82 390	Protégé
21231	DIJON	151 636	Non protégé
93029	DRANCY	60 928	Protégé
59183	DUNKERQUE	71 071	Protégé
27229	EVREUX	51 452	Protégé
94033	FONTENAY-SOUS-BOIS	52 105	Protégé
38185	GRENOBLE	153 973	Localement protégé
76351	HAVRE	197 219	Non protégé
83069	HYERES	50 122	Non protégé
94041	IVRY-SUR-SEINE	54 106	Protégé
53130	LAVAL	53 479	Non protégé

TABLEAU 4C (suite)

Code	Nom des villes	Population	Protection
59350	LILLE	178 301	Protégé
87085		136 407	Non protégé
56121	LORIENT	61 630	Non protégé
69123	LYON	422 444	Non protégé
94046	MAISONS-ALFORT	54 065	Protégé
72181	MANS	148 465	Protégé
13055	MARSEILLE	807 726	Protégé
33281	MERIGNAC	58 684	Protégé
57463	METZ	123 920	Non protégé
82121	MONTAUBAN	53 278	Protégé
34172	MONTPELLIER	210 866	Non protégé
93048	MONTREUIL	95 038	Protégé
68224	MULHOUSE	109 905	Non protégé
54395	NANCY	102 410	Non protégé
92050	NANTERRE	86 627	Protégé
44109	NANTES	252 029	Non protégé
92051	NEUILLY-SUR-SEINE	62 033	Protégé
06088	NICE	345 674	Non protégé
30189	NIMES	133 607	Non protégé
79191	NIORT	58 660	Protégé
93051	NOISY-LE-GRAND	54 112	Protégé
45234	ORLEANS	107 965	Protégé
75105	PARIS	2 142 423	Protégé
64445	PAU	83 928	Protégé
66136	PERPIGNAN	108 049	Protégé
33318	PESSAC	51 424	Protégé
86194	POITIERS	82 507	Protégé
29232	QUIMPER	62 541	Non protégé
51454	REIMS	185 164	Protégé
35238	RENNES	203 533	Non protégé
17300	ROCHELLE	73 744	Non protégé
59512	ROUBAIX	98 179	Protégé
76540	ROUEN	105 470	Non protégé
92063	RUEIL-MALMAISON	67 323	Protégé
93066	SAINT-DENIS	90 806	Protégé
42218	SAINT-ETIENNE	201 569	Non protégé
94068	SAINT-MAUR-DES-FOSSES	77 492	Protégé
44184	SAINT-NAZAIRE	66 087	Non protégé
02691	SAINT-QUENTIN	62 085	Non protégé
95585	SARCELLES	57 121	Protégé
78586	SARTROUVILLE	50 440	Protégé
83126	SEYNE-SUR-MER	60 567	Protégé
67482	STRASBOURG	255 937	Localement protégé
65440	TARBES	50 228	Protégé
83137	TOULON	170 167	Protégé
31555	TOULOUSE	365 933	Protégé
59599	TOURCOING	94 425	Protégé
37261	TOURS	133 403	Protégé
10387	TROYES	60 755	Protégé
26362	VALENCE	65 026	Non protégé
69259	VENISSIEUX	60 744	Non protégé
78646	VERSAILLES	91 029	Protégé
59009	VILLENEUVE-D'ASCQ	65 695	Protégé
69266	VILLEURBANNE	119 848	Non protégé
94081	VITRY-SUR-SEINE	82 820	Protégé

4. POINTS D'EAU PROTEGES REPERTORIES DANS LA BANQUE DU SOUS-SOL

Une extraction sélective à partir du fichier national de la Banque du Sous-sol (BSS) a permis de lister les points d'eau considérés comme protégés et leurs principales caractéristiques.

La notion de protection des points d'eau de cette banque provient d'une évaluation introduite au niveau de l'instruction du dossier établi localement dans le cadre du code minier. Bien que ce critère ait été défini par la procédure d'instruction (existence d'au moins un niveau imperméable dans les formations sus-jacentes), il n'est pas exclu que subsistent des différences d'appréciations selon les instructeurs.

Pour plus de sûreté, et après plusieurs tests, il a été introduit un filtre sur les profondeurs : seuls les points d'eau de plus de 50m de profondeur ont été présélectionnés, de façon à assurer une épaisseur minimale probable de plusieurs dizaines de mètres des couches réputées protectrices.

Par ailleurs, n'ont été pris en compte que les points renseignés sur un niveau d'eau , de façon à être sûr qu'ils atteignent effectivement un aquifère identifié (ce qui n'est pas le cas pour tous les points répertoriés dans la BSS).

7341 points ont pu être ainsi identifiés.

Le tableau et la carte ci-après récapitulent et visualisent les résultats obtenus par département.

Il faut cependant considérer ces resultats comme provisoires pour les deux raisons majeures suivantes :

1 :
Cette évaluation est maximaliste par rapport à l'inventaire des aquifères protégés tel qu'il a été dressé. En effet, le critère de sélection ne repose pas sur l'appartenance ou non à tel aquifère réputé protégé: le critère est exclusivement ponctuel, de sorte que tous les épiphénomènes protecteurs locaux sont pris en compte.
Ceci explique notamment (outre les différences d'appréciations régionales), pourquoi des points d'eau protégés ont été identifiés dans des zones réputées sans aquifères protégés généralisés (ex. Somme, Corse,...).

2 :
Dans l'état actuel de la structure de BSS, il n'est pas possible de rattacher un point d'eau inventorié au code national de système aquifère, utilisé notamment pour notre inventaire des nappes protégées.

Ceci est par contre possible pour les points inventoriés dans l'Observatoire National de la Qualité des Eaux Souterraines (ONQES). Ces points ne correspondent par contre qu'à des captages d'AEP. Les autres captages (agricoles, industriels...) existent dans la BSS, mais sans garantie d'exhaustivité: ils ne peuvent cependant être ignorés dans un inventaire national des points d'eau protégés.

Une synthèse entre les données de la BSS et celles de l'ONQES serait donc nécessaire dès lors que celui-ci sera totalement opérationnel (premier semestre 1995). Pour indexer tous les points hors ONQES à des systèmes aquifères identifiés, la seule façon de procéder semble devoir être une méthode basée sur l'Information Géographique .

Il est donc convenu qu'un inventaire des points d'eau protégés (où notamment tous les captages d'AEP seraient pris en compte) sera établi ultérieurement dès que l'ONQES le permettra.

TABLEAU 5

NOMBRE DE POINTS D'EAU PROTEGES D'APRES LA BANQUE DU SOUS-SOL (BSS)

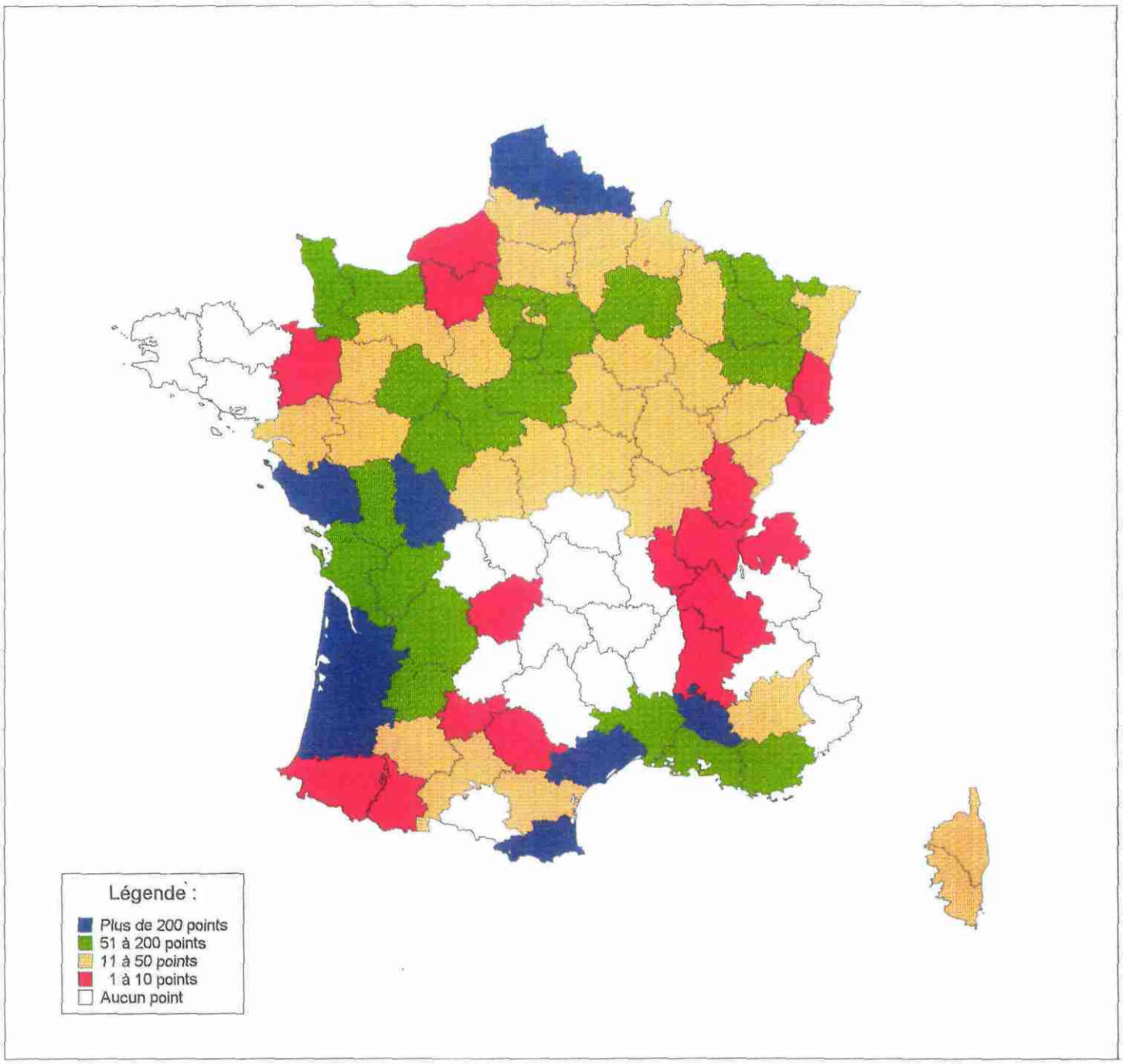
Protection au toit, au moins 50 m de profondeur

Département	Nombre
1	4
2	27
3	0
4	14
5	0
6	0
7	0
8	16
9	0
10	34
11	34
12	0
13	76
14	95
15	0
16	85
17	110
18	19
19	1
20	34
21	32
22	0
23	0
24	71
25	11
26	3
27	10
28	38
29	0
30	98
31	33
32	21
33	623
34	344
35	3
36	24
37	122
38	1
39	3
40	301
41	150
42	0
43	0
44	12
45	196
46	0
47	63
48	0

Département	Nombre
49	45
50	110
51	59
52	40
53	29
54	58
55	34
56	0
57	152
58	13
59	812
60	25
61	13
62	314
63	0
64	8
65	1
66	722
67	15
68	5
69	1
70	23
71	11
72	97
73	0
74	3
75	116
76	2
77	179
78	59
79	161
80	12
81	9
82	8
83	66
84	255
85	491
86	296
87	0
88	73
89	18
90	3
91	66
92	37
93	82
94	49
95	61
TOTAL	**7341**

Inventaire National des Ressources en Eau Protégées

Nombre de Points d'Eau Protégés par Département d'après la Banque de Données du Sous-Sol (BSS)



5. POSSIBILITES DE RECOURIR AUX GISEMENTS D'EAU DESTINEE A L'EMBOUTEILLAGE

Les trois catégories d'eaux embouteillées (eaux minérales, eaux de source et eaux de table, selon la législation française) offrent une "image" de protection, de "pureté", etc. qui pourrait induire l'idée, en première analyse, de les considérer *ipso facto* comme des ressources ultimes en cas de crise de pollution majeure.

Les eaux embouteillées (et notamment les eaux minérales et de source) doivent en effet satisfaire à plusieurs contraintes techniques imposées par la réglementation :

> "ressources en eau souterraine, naturellement protégées contre des risques de pollution à partir de la surface et devant présenter, **quelles que soient les circonstances**, une qualité chimique et bactériologique stable".

Le concept de protection qui prévaut est inspiré de celui de la protection des eaux potables (AEP)... c'est-à-dire que des couches non imperméables mais suffisamment filtrantes assurent la protection bactériologique et que la qualité des milieux naturels fait le reste : des forêts, des alpages, etc. apportent une qualité naturelle, une absence de nitrates ou de pesticides... Le maintien de cette qualité (rachat des exploitations agricoles polluantes, mesures spéciales d'interdiction, prévention d'installations polluantes), fait l'objet de la politique des sociétés d'eau embouteillé... et, à ce titre, les résultats obtenus par celles-ci sont tout-à-fait capables d'assurer une qualité durable des produits, qui satisfait ainsi aux normes sanitaires et aux lois du marché.

Il en va tout autrement à l'égard de pollutions généralisées qui, venues avec la recharge pluviale, ne pourraient être évitées sur la totalité de l'impluvium, ni être éliminées par les processus qui protègent habituellement les ressources.

De plus, pour nombre d'entre elles, il est fait état d'"âge" relativement important, de l'ordre de quelques années à plusieurs centaines, voire plusieurs milliers d'années ce qui présente apparemment une garantie de non infiltration récente et, partant, de non infiltration potentielle d'une pollution généralisée de surface (aérosol, pluie et ruissellement).

Cependant, à l'examen, les faits s'avèrent plus compliqués, et il apparaît difficile d'atteindre, pour la plupart des eaux embouteillées, le niveau de certitude a priori requis pour des ressources "d'ultime recours". En effet, plusieurs causes d'incertitudes subsistent même pour les sources les plus connues.

5.1. CAS DES MELANGES NATURELS

La réglementation, actuelle et passée, qui porte sur les sources, et non sur les gisements, à permis l'attribution du label eau minérale à nombre de sources (c'est particulièrement flagrant pour les eaux gazeuses) qui sont en réalité constituées par des mélanges, se produisant naturellement dans le sous-sol, entre plusieurs ressources en eau de caractéristiques parfois bien différentes (un concentré minéralisé et gazeux d'origine profonde dilué par des eaux de nappes de surface est le cas le plus typique).

Dans de tels cas, dont l'identification formelle est relativement récente, le niveau de connaissance acquis reste insuffisant pour pouvoir affirmer avec certitude que chacune des composantes, en particulier les eaux issues des formations de surface, peut satisfaire aux critères imposés pour des ressources protégées de substitution.

5.2. PROBLEME DES CIRCULATIONS PREFERENTIELLES

Si dans certains cas on admet, suite à des campagnes de mesures isotopiques, que l'âge d'une eau est d'un ordre de grandeur satisfaisant (ex. EVIAN 15 à 18 ans) peut-on affirmer avec certitude que ce chiffre n'est pas une moyenne de valeurs très différentes ? On en a un exemple sur VOLVIC, où suivant les points de prélèvement, on obtient des valeurs variant de 4 mois à plusieurs années, et ce pour une qualité d'eau homogène dans sa composition chimique..

5.3. TYPE DE CAPTAGE

Indépendamment de la qualité de l'eau on peut également mettre en avant un autre facteur de discrimination : la nature de l'ouvrage de captage.

A priori, seules des eaux minérales captées par des forages tels qu'on les réalise depuis environ une quinzaine d'années devraient pouvoir satisfaire aux critères d'étanchéité et de protection, requis pour la préservation de la ressource en cas de pollution majeure.

5.4. CONCEPTION DE LA CHAINE DE TRANSPORT ET DE CONDITIONNEMENT

La progression très rapide des contraintes d'hygiène imposées par le marché a contraint nombre d'exploitants à moderniser leurs installations pour atteindre des niveaux d'hygiène et de qualité de process exemplaires. C'est par exemple le cas indiscutable de la plupart des grandes marques.

Par contre, ne correspondraient pas au cahier des charges requis :

- d'une part toutes les lignes de conditionnement en verre (bouteille fabriquées sur place ou transportées depuis le lieu de production),

- d'autre part, beaucoup de moyennes et la plus part de petites entreprises dont la démarche qualité à l'intérieur de l'usine n'atteindrait pas encore le niveau souhaité pour une ressource ultime.

Par contre, ces deux aspects ne présenteraient pas d'inconvénients pour l'usage des forages comme des ouvrages "banaux", destinés à la réalimentation de réseaux.

♦ **Complément d'étude nécessaire :**

Examen, cas par cas, des conditions objectives de protection selon les critères spécifiques aux pollutions N.B.C., avec notamment étude du processus de recharge (traçage isotopique des précipitations).

5.5. CONCLUSION

Si a priori l'on peut penser, d'une façon quasi restrictive que sur l'ensemble des sites d'eau minérale embouteillée en France, certains devraient pouvoir satisfaire aux contraintes imposées pour des ressources ultimes, on s'aperçoit à l'analyse qu'il n'existe pas de critère de réponse simple. Il manque certaines informations pour pouvoir atteindre le niveau de certitude requis, et si ce type de ressource en eau mérite bien d'être considéré, son identification précise nécessite une démarche spécifique.

6. CAS DES STOCKAGES SOUTERRAINS DE GAZ

Actuellement quatorze sites de stockages souterrains de gaz sont exploités sur le territoire national.

Parmi ceux-ci trois sites correspondent à des stockages en cavités salines, donc dans des formations qui ne renferment pas de ressources en eau exploitables.

Les autres sites (11) correspondent à des stockages en nappes aquifères profondes. Le site de Beynes, en Ile de France comporte deux gisements superposés, dans des formations différentes. Il y a donc actuellement au total 12 stockages en exploitation.

La localisation de ces stockages, la formation réservoir avec son numéro de système aquifère, ainsi que la profondeur du toit du gisement figurent sur la carte et le tableau ci-après.

Ces stockages ont été implantés dans des zones en dehors des périmètres de protection des ouvrages actuels d'exploitation pour AEP.

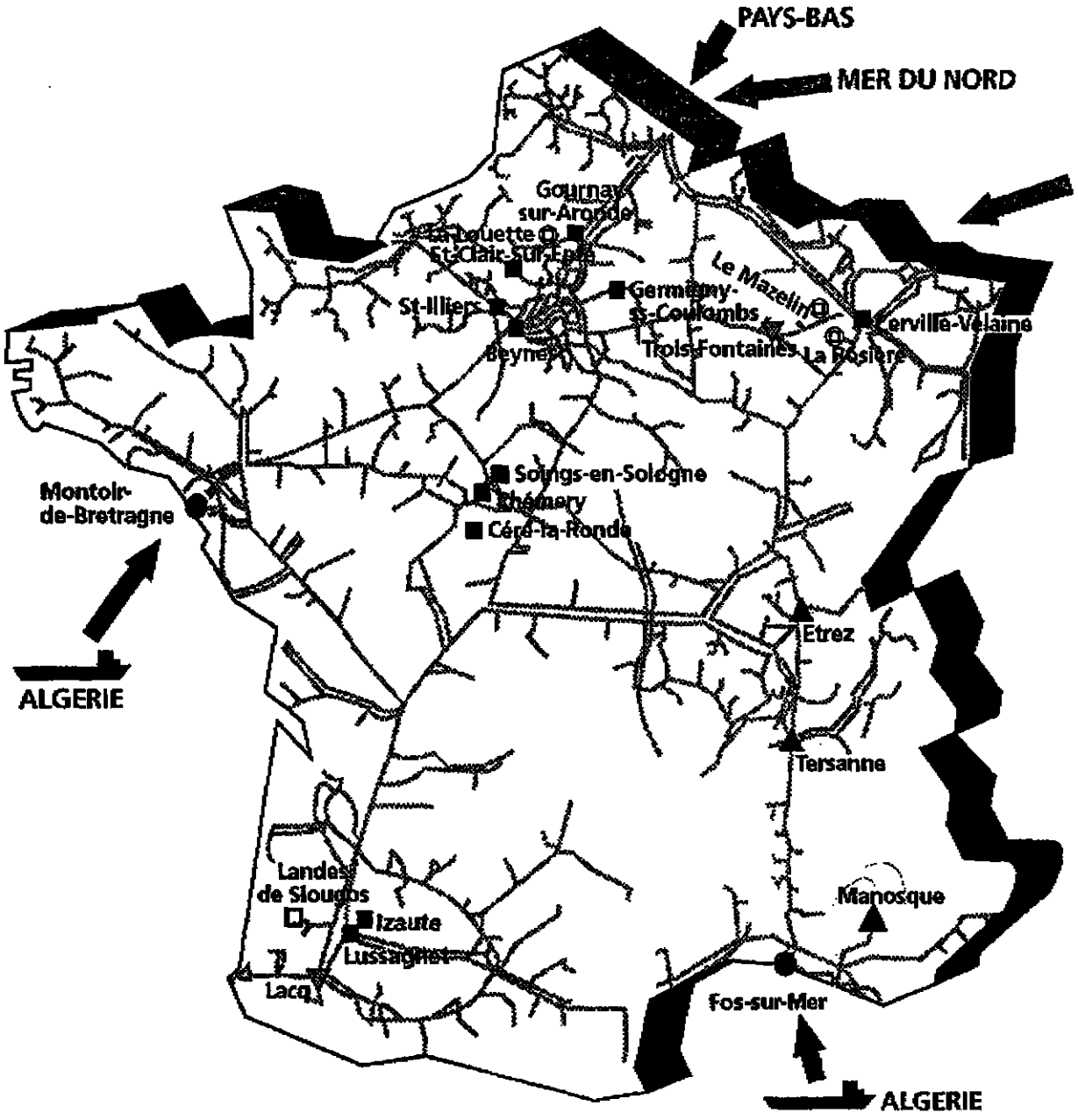
Le site de Gournay sur Aronde (Picardie) se trouve en limite de la zone d'exploitabilité du Jurassique Supérieur en tant que ressource protégée, il en est de même pour ce qui concerne le site de Cerville Velaine (Lorraine) et sa formation réservoir, le Trias .

Les autres stockages, mis à part ceux de Beynes (gisement supérieur) et de Germigny, tous deux situés dans le Wealdien (Néocomien), sont situés dans des zones où le système aquifère réservoir utilisé ne constitue pas le seul aquifère à ressources protégées exploitables.

Dans tous les cas de figure, si de nouveaux forages d'exploitation d'eau devaient être envisagés dans des formations concernées par ces stockages. il sera obligatoirement tenu compte des périmètre de sécurité définis autour de ces sites.

STOCKAGES SOUTERRAINS DE GAZ
ET RESEAU DE TRANSPORT

Gaz de France



- Terminal méthanier
- Gisement de gaz

Stockage en nappe aquifère
- en exploitation
- en projet
- en exploration

Stockage en cavités salines
- en exploitation

Canalisation du réseau de transport

AVRIL 1993

STOCKAGES SOUTERRAINS DE GAZ EN SYSTEME AQUIFERE PROTEGE

REGION	NOM DU SITE	NUMERO SYSTEME AQUIFERE	FORMATION - RESERVOIR	PROFONDEUR DU TOIT
				ordre de grandeur NGF
Picardie	Gournay sur Aronde	**206**	Grès du Séquanien (Jurassique Supérieur)	-600 m
Ile de France	St Clair sur Epte	**206**	Séquanien-Rauracien (Jurassique Supérieur)	-800 m
"	St Illiers	**206**	Séquanien (Jurassique Supérieur)	-400 m
"	Beynes (gisement supérieur)	**204b**	Wealdien	-300 m
"	Beynes (gisement profond)	**206**	Séquanien(Jurassique supérieur)	-600 m
"	Germigny sous Coulombs	**204b**	Wealdien	-400 m
Lorraine	Cerville Velaine	**210**	Trias (Grès à Voltzia)	-260 m
Centre	Soings en Sologne	**211**	Trias	-1000 m
"	Chémery	**211**	Trias	-1000 m
"	Céré la Ronde	**211**	Trias Supérieur	-900 m
Midi - Pyrénées	Izaute	**214**	multicouche éocène infra-molassique(sables)	-500m
Aquitaine	Lussagnet	**214**	multicouche éocène infra-molassique(sables)	-600m

7. ELEMENTS POUR LA DEFINITION D'ETUDES DES CAS DES AGGLOMERATIONS DE PARIS ET LYON

7.1. GENERALITES

Dans l'hypothèse d'une contamination brutale des ressources en eau actuellement mobilisées pour l'AEP des agglomérations de Paris et de Lyon, le Ministère de l'Environnement souhaite voir préciser l'existence, les disponibilités et les conditions d'exploitation de ressources de substitution.

Les contextes hydrogéologiques et leur état des connaissances sont très différents pour les régions parisiennes et lyonnaises, et nécessitent donc des approches adaptées même s'il s'agit dans les deux cas d'atteindre les mêmes objectifs .

Au préalable il conviendra cependant que soient définis le type de crise y compris la nature des polluants, leurs modes et durées d'impacts, les hypothèses sur la destruction/préservation des équipements, etc.,

Il faudra également définir :

- les périmètres et la population à desservir
- les normes de desserte : dotation par habitant, services publics, etc., et les modes d'approvisionnement envisagés.

Les objectifs des études de cas seront alors les suivants :

1- **identification** précise (cartographie à échelle adaptée, limites dans les 3 dimensions) des ressources en eau souterraines , avec leur degré de protection réel :

- ressources suffisamment protégées de l'impact pour pouvoir assurer la couverture des besoins pendant une durée limitée à la restauration de la ressource habituelle, ou à la mobilisation d'une ressource de substitution définitive, mais pouvant à terme (à définir éventuellement selon hypothèses de crises) être contaminées totalement ou partiellement,
- ressources parfaitement protégées de l'impact pouvant assurer le cas échéant une substitution quasi-définitive .

Pour préciser cette différenciation, il est probable que des investigations et mesures spécifiques soient nécessaires, soit dans le cadre des études, soit en terme de propositions.

2.- **caractérisation des potentialités** de ces ressources au niveau de la productivité des forages, et du maintien des disponibilités quantitatives et qualitatives eu égard aux débits à extraire pour satisfaire les besoins,

3.- **inventaire, caractéristiques et diagnostic des éventuels ouvrages** existants dans ces formations pour apprécier leur aptitude à être exploités, leur disponibilités et les contraintes, et définir le cas échéant, les opérations de restauration ou d'amélioration des performances,

4.- **définition de programmes** et spécifications soit de reconnaissance, soit d'équipement (cahiers des charges d'ouvrages et de leurs équipements de pompage).

7.2. CAS DE LA REGION PARISIENNE

Lors du siège de Paris en 1870, l'alimentation en eau potable de la population fut assurée en grande partie à l'aide de l'eau que fournissaient trois forages artésiens captant la nappe de l'albien :

- deux forages de la Ville de Paris : Grenelle et Passy

- un forage privé du XIIIème arrondissement appartenant à l'époque à la raffinerie SAY.

Actuellement en Ile de France, en cas de pollution généralisée des eaux de surface et des eaux souterraines captées à faible profondeur, **la nappe de l'albien** reste encore la principale nappe d'ultime recours pour alimenter l'agglomération parisienne. Il faut notamment souligner l'excellente qualité de cette nappe très douce.

Il n'existe cependant aujourd'hui qu'une trentaine d'ouvrages exploités et peut-être une douzaine de plus susceptibles de l'être , alors que les besoins en eau potable ne sont plus ceux de 1870, même en situation de crise et dans une hypothèse de desserte minimale à hauteur de quelques litres/jour/habitant...

Une récente étude sur l'évolution piézométrique de cette nappe a mis en évidence une baisse des niveaux de 5 à 10 m entre 1981 et 1993 (rapport BRGM 94 DSGR 001 IDF), et un fort risque de dénoyage des équipements existants en cas d'intensification des pompages. Ceci ne présume toutefois pas de l'aptitude de la nappe à satisfaire la demande moyennant des équipements adaptés (voir annexe 1, bassin parisien).

Les ressources de la nappe de l'albien, même en supposant pouvoir réaliser tous les équipements nécessaires, peuvent-elles satisfaire de façon momentanée ces besoins vitaux ? (100 000 m3/jour pour 10 millions d'habitants ?)

Pour répondre à cette question, et compte-tenu de l'état actuel des infrastructures et des connaissances, il est proposé un programme d'investigations qui porterait sur les points suivants :

- inventaire et caractéristiques des forages exploités ou susceptibles de l'être : propriété, localisation, situation par rapport aux réseaux de distribution, ancienneté et état général, état des têtes de captage et des protections de surface,...

- historique de l'exploitation (10 dernières années) : volumes prélevés, débits et régimes,

- diagnostic de productivité : vérification des courbes caractéristiques, débits maxima, améliorations possibles par développement ou reconditionnement

- état piézométrique de la nappe : actuel (en fonction des pompages), et prévisionnel, à l'aide d'une modélisation (logiciel IMAGE) et de simulations d'augmentation de pompage :

  - débit maxima des ouvrages existants,

  - implantation d'ouvrages nouveaux,

  - selon des régimes de pompages différents (de 24H à 3 mois),

Une telle démarche devrait permettre de préciser les possibilités maximales d'exhaure à partir de la nappe albienne pendant une durée limitée, en fonction des ouvrages existants et de la création d'ouvrages nouveaux ; localisations compatibles avec les existants, et spécifications techniques précisées (profondeurs, équipements,...).

Remarque : s'il s'avérait que le périmètre à satisfaire soit nettement plus élargi que la seule région parisienne (par exemple la Région Ile de France), une phase préalable d'identification plus précise d'autres aquifères protégés serait nécessaire il s'agirait certainement d'aquifères du tertiaire, moins importants, mais aussi moins profonds. Une démarche similaire à celle décrite pour l'albien serait ensuite entreprise.

7.3. CAS DE LA REGION LYONNAISE

Le dispositif actuel d'alimentation en eau potable de la Communauté Urbaine de Lyon repose sur des eaux très vulnérables à de grands accidents de type N.B.C. généralisés, notamment à épandage météorique (pluie, aérosol). Les ressources exploitées et les dispositifs de protection, sont actuellement aptes à faire face à des accidents sur le cours du Rhône, on a des accidents ponctuels. Il n'y a pas dans la région lyonnaise de tradition d'exploitation de nappes profondes, et le caractère très favorable des alluvions (récentes et fluvio-glaciaires) du système rhodanien n'a jamais poussé à s'intéresser à d'autres aquifères. Il en existe néanmoins quelques uns, susceptibles d'apporter une sécurité relative pour une situation de crise.

7.3.1. Hypothèses de base

• Demande en eau : 10 l/j/hab. pour 1 million d'habitants, soit 10 000 m3/j

• Durée de la crise : 100 jours (au-delà on estime que les eaux fluviales ont récupéré)

• Mode de distribution :
  A : réalimentation du réseau à partir d'un ou quelques captages
  B : bornes autonomes aussi réparties que possible

Période au cours de laquelle survient la crise
  x : novembre à mai
  y : juin à octobre

7.3.2. Contexte hydrogéologique

Quatre aquifères présentent les caractéristiques requises, à des degrés divers, sachant qu'il n'y a pas de protection absolue mais qu'il est possible dans l'hypothèse de durée adoptée et de saison où se produirait la crise, de bénéficier des déphasages offerts par l'inertie des nappes, par la saisonnalité de la recharge, ainsi que par l'anisotropie de certaines formations.

1. la molasse miocène

C'est l'aquifère le plus important , largement représenté dans la moitié Est de l'agglomération. Son ubiquité favoriserait la répartition de nombreux points autonomes et sa productivité -de l'ordre de 1 000 m3/j/ouvrage- permettrait au contraire la réalisation de captages réalimentant le réseau, satisfaisant ainsi les hypothèses A et B de distribution.

Deux modes de gisement de la molasse permettent d'envisager deux stratégies différentes:

a. recouverte et protégée par les marnes plaisanciennes sur de vastes surfaces du Sud du Val de Saône et de la Dombe, elle offre des possibilités de "tenir" bien au-delà des 100 jours de l'hypothèse. La qualité des eaux est bonne. Des forages de 250 à 300 m, sous 150 m de recouvrement argileux, sont

envisageables, avec des débits élevés ≅ 100 m3/h durables (cette nappe fournit à Viriat des débits de plusieurs centaines de m3/h pour le fonctionnement des stockages d'hydrocarbures en gîte salifère).

♦ **Complément d'étude nécessaire :**

Une étude de faisabilité hydrogéologique serait nécessaire pour :
• optimiser le site à retenir,
• optimiser la répartition des ouvrages.

b. non formellement protégée, sauf localement (flaques de Plaisancien, formations morainiques argileuses du plateau de Chambaran)- la molasse peut être exploitée également, en raison de sa grande épaisseur (et de l'épaisseur en particulier de la zone non saturée) ; deux phénomènes pourraient alors être mis à profit :

• le déphasage entre pluie et arrivée à la nappe du flux de recharge (cf. hypothèses x et y),
• l'anisotropie des couches, liée à la très grosse épaisseur et au mode de dépôt.

Des ouvrages de quelques centaines de mètres de profondeur, convenablement protégés en tête et dans la partie supérieure de l'aquifère permettraient de ne capter que des eaux profondes, avant que la recharge ne parvienne à ces niveaux (soit verticalement -recharge proprement dite - soit latéralement par effet de réalimentation latérale).

♦ **Complément d'étude nécessaire :**

• Optimisation du site (on disposer pour cela d'un SIG sur la molasse du Bas-Dauphiné et d'un outil d'aide à la décision.
• Vérification des temps de transit en zone non saturée et en zone saturée par traçage et modélisation d'une saison de recharge.

Dans les deux cas 1a et 1b, l'hypothèse d'exploitation serait la réalimentation de réseau.

2. Les cailloutis fluvio-glaciaires de la Dombe sous couverture

Cette formation a été reconnue sous une vaste superficie. Elle est en général de bonne productivité, protégée suffisamment (par les couches imperméables qui retiennent les étangs des Dombes). L'eau est de bonne qualité et déjà exploitée par quelques ouvrages publics. Le coût d'accès à l'eau (réalisation des forages) est modéré -et très inférieur à celui à payer pour l'exploitation de la molasse. L'hypothèse d'exploitation serait "A" (réalimentation de réseau).

♦ **Complément d'étude nécessaire :**

• Vérifier l'extension sous la couverture ;
• Préciser l'homogénéité de la formation ;
• Confirmer la productivité d'ouvrages standards ;
• et en phase "opérationnelle" optimiser les sites (pour maximiser le débit/nombre d'ouvrages).

3. Les formations glaciaires

En dehors des formations "alluviales" fluvio-glaciaires (cailloutis lavés), les moraines peuvent contenir çà et là de petites nappes locales de matériaux perméables protégées par les parties argileuses de l'appareil. La productivité est toujours faible. La qualité de l'eau est convenable. Cette ressource ne pourrait convenir que pour des prélèvements limités et disséminés (hypothèse B), mais ne saurait satisfaire la totalité de l'agglomération.

♦ **Complément d'étude nécessaire :**

• Inventaire, prospection et cartographie ;
• Vérification par forage sur chaque site (éventualité d'un pourcentage d'échecs non négligeable).

4. Les formations aquifères du Secondaire

Les formations (principalement calcaires- anté-miocènes dans certaines conditions géographiques et structurales pourraient constituer un objectif intéressant... mais aléatoire.

Si leur existence géologique est connue, on sait peu de choses sur leur perméabilité, de type paléokarst, donc sur leur productivité.

L'existence de panneaux du Jurassique liés au Mont d'Or, reconnus sous le parc de la tête d'Or pourrait conduite à l'examen d'une ressource qui serait évidemment intéressante par sa situation au coeur de l'agglomération. Près du Jura, à proximité du plateau de Crémieu, etc., des situations favorables peuvent exister mais il n'est pas sûr que la réalimentation latérale de massifs karstiques -peu capacitifs- soit assez différée. La protection verticale serait alors illusoire, si elle devait être contrecarrée par des apports latéraux issus de karsts affleurants.

Le risque d'ouvrages improductifs est important et peu facile à réduire (système non étudiable sans moyens lourds tels que la géophysique). Les ouvrages pourraient être d'un coût élevé. La qualité des eaux est méconnue.

Peu favorable à une exploitation de type A, ces formations seraient plutôt un secours local -et peut-être extrême- pour la ville de Lyon proprement dite.

♦ **Investigations complémentaires**

Etude hydrogéologique complète d'un domaine presque vierge.

7.3.3. Conclusions, prospective

Parmi les quatre ressources identifiées, deux à l'évidence sont d'intérêt majeur : la molasse "sous couverture" et le Glaciaire. Elles se prêteraient à une exploitation assez durable, supérieure à la durée prise en hypothèse. Cet avantage n'est pas à dédaigner, car si on peut espérer qu'en 100 jours les eaux de surface issues du massif alpin auraient recouvré leur qualité, il n'en est pas de même pour les nappes phréatiques, dont la contamination pourrait durer quelques années ; ce serait sans doute le cas pour la molasse non couverte, dont la protection serait éphémère.

Il ne semble guère possible de pousser plus loin la réflexion sans faire appel à des scénarios d'exploitation et de distribution tous étroitement liés au type de crise et au mode de gestion des services publics dans cette circonstance. Par conséquent, cible hydrogéologique, implantation des ouvrages, types de réalisation et modes de distribution seraient à considérer de manière interactive.

PRINCIPALES REFERENCES DOCUMENTAIRES

NIVEAU NATIONAL

DATAR et BRGM - Atlas des eaux souterraines de la France. Ed. BRGM 1970.

Debrand-Passard S., Courbouleix S., (1984) - Synthèse géologique du Sud-Est de la France. Atlas. Mém. BRGM Fr., no.126.

Lienhardt M.J. et Margat J. - Domaines hydrogéologiques de référence de la France métropolitaine. Carte et catalogue. BRGM rapport 79 SGN 342 HYD.

Margat J. - Carte et catalogue des principaux systèmes aquifères du territoire français. BRGM rapport 76 SGN 531 AME.

BASSIN PARISIEN

BRGM - Synthèse hydrogéologique du Bassin Seine-Normandie - Délimitation et codage des systèmes aquifères de la région Ile -de-France. Rapport IDF 4S 91.

Lienhardt M.J. - Stockage souterrain. Inventaire des réservoirs potentiels et de leur contexte hydrogéologique. Essai sur le bassin de Paris. BRGM rapport 76 SGN 552 AME

Mégnien C. - Hydrogéologie du centre du Bassin de Paris. Contribution à l'étude de quelque aquifères principaux. Thèse de doctorat d'état ès sciences naturelles. Université Pierre et Marie Curie. Paris VI. 1976.

Mégnien C., Mégnien F., Debrand-Passard S. - Synthèse géologique du Bassin de Paris. 3 volumes (1980) Mémoires du BRGM no. 101,102 et103.

Société Nationale Elf Aquitaine et BRGM - Potentiel géothermique du Bassin Parisien. DGRST Comité Géothermie. Mai 1976.

BASSIN AQUITAIN

Société Nationale Elf Aquitaine et BRGM - Potentiel géothermique du Bassin Aquitain . DGRST Comité Géothermie. Déc.1977.

MIDI-PYRENEES

BRGM - Qualité, protection, évaluation et surveillance des ressources en eaux profondes des nappes Nord-pyrénéennes. Rapport AQI 4S 90.

BRGM Synthèse hydrogéologique de la région Midi - Pyrénées. Base de données "Systèmes aquifères". Dictionnaire des rubriques de la base. Rapport MPY 4S 91.

BOURGOGNE, FRANCHE-COMTE

BRGM - Eléments d'hydrogéologie profonde dans la partie Nord de la Bresse. Rapport 78 SGN 363 JAL.

BRGM - Possibilités géothermiques de la Franche-Comté. Bilan des connaissances sur les réservoirs souterrains profonds. Rapport 81 SGN 444 FRC.

SUD-EST

Debrand-Passard S., Courbouleix S., Lienhardt M.J. (1984) - Synthèse géologique du Sud-Est de la France. Stratigraphie et Paléogéographie. Mém. BRGM Fr., no.125.

Gravost M., Caillol M., Garnier J.L., Sedan O. - Synthèse hydrogéologique de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Etat des connaissances en 1985. BRGM rapport 86 SGN 255 PAC

Marchal J.P., Bérard P., Camus A. - Synthèse hydrogéologique de la région Languedoc-Roussillon. Quantité-Qualité. BRGM rapport 85 SGN 349 LRO.

ALSACE

Geologisches Landesamt Baden-Württemberg et BRGM - Synthèse géothermique du Fossé Rhénan Supérieur. CEE. DGRST. 1979.

c:\dgn\aequi.pdf.dgn Oct. 24, 1994 13:11:06

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT

AQUIFERES PROTEGES

EXPLOITABLES POUR L'ALIMENTATION EN EAU EN CAS DE CRISE DE POLLUTION MAJEURE

ECHELLE 0 20 40 60 80 100km

Coordonnées LAMBERT II ETENDU (Km)

BRGM

Rapport R 38142 - 1994

N

LEGENDE

- Aquifères protégés
- -Zones incluant des nappes protégées -Nappes localement ou partiellement protégées
- Zones dépourvues d'aquifères protégés significatifs

BASSIN D' AQUITAINE
- Pliocène A234
- Miocène A235
- Oligocène A230
- Eocène A214 (extension Maxi)
- Eocène A214 (extension Mini)
- Cénomanien A215
- Jurassique supérieur A217
- Dogger A216

SEUIL DU POITOU
- Infralias A576d1

BASSIN DE PARIS
- Calcaires de Beauce et Sologne (Aquitanien) A25a et A27
- Multicouche de Beauce (Lutétien) A25b
- Eocène de Tardenois, Valois, et Soissonnais A14a, b
- Sables de Cuise - Yprésien A13
- Craie et sables Thanétien A203
- Craie Séno-Turonienne A44x
- Cénomanien A205
- Albien A204a
- Néocomien A204b
- Jurassique supérieur A206
- Dogger A207
- Trias - Lias A210-A211
- Bassin tertiaire de Campbon A 198

- Réseau hydrographique plans d'eau
- Limites administratives,
- Villes > 50.000 habitants
- Villes > 150.000 habitants

Argiles du Gault

Montauban A 214min

A 214max

*** TRACE OCE, CASIER: TED FICHIER: AQUIFERE.000; 25-OCT-1994 14:11:13.55

ANNEXE 1

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT

DOCUMENT PUBLIC

ressources en eau souterraine protégées dites "d'ultime recours"

phase I
inventaire national

dossiers régionaux

octobre 1994

R 38142

BRGM
L'ENTREPRISE AU SERVICE DE LA TERRE

Étude réalisée dans le cadre des actions de service public du BRGM

ANNEXE 1

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT

DOCUMENT PUBLIC

ressources en eau souterraine protégées dites "d'ultime recours"

phase I
inventaire national

---

dossiers régionaux

octobre 1994

R 38142

BRGM
L'ENTREPRISE AU SERVICE DE LA TERRE

Étude réalisée dans le cadre des actions de service public du BRGM

BRGM - Centre Thématique EAU
1039 rue de Pinville - 34000 MONTPELLIER - France
Tél : 67.65.81.13 - Télécopie : 67.64.58.51

ANNEXE 1

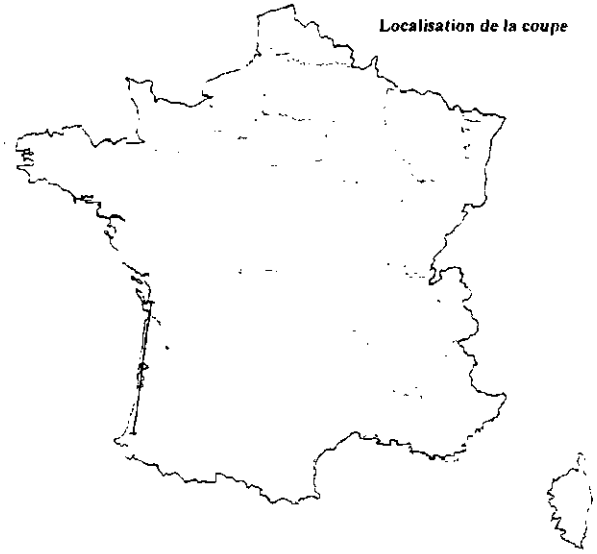
LISTE DES ZONES GEOGRAPHIQUES CONCERNEES

BASSIN AQUITAIN
BASSIN PARISIEN
BOURGOGNE
BRETAGNE
CENTRE
MIDI-PYRENEES
PAYS DE LA LOIRE
POITOU-CHARENTE

BASSIN AQUITAIN

COUPE NORD-SUD DU BASSIN D'AQUITAINE

(source BRGM)



Légende :

S.A n° 234 — Pliocène : sable et gravier d'Aquitaine

S.A n° 235 — Miocène : grès et sable d'Aquitaine

S.A n° 230 — Oligocène : calcaires et grès /marnes à faciès pélagique/calcaires de type plate-forme/sables et molasse

S.A n° 214 — Eocène : calcaires de type plate-forme/sable infra-mollassique

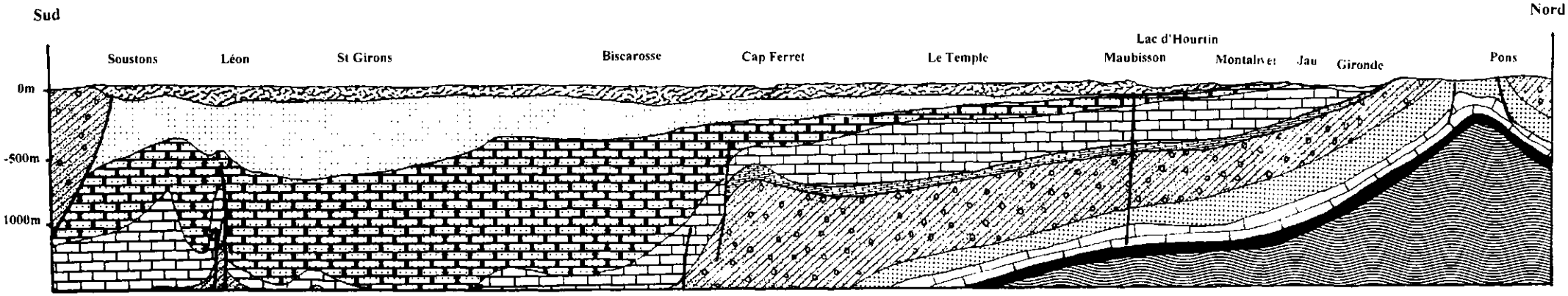
S.A n° 231 — Sénonien : calcaires et dolomies ...

S.A n° 215 — Cénomanien: séries de grès/dolomies/ calcaires gréseux

S.A n° 217 — Dogger : Calcaires fissurés plus ou moins oolithiques

S.A n° 232 — Lias : Dolomies et grès (surmontés par des argiles)

Terrains Anté-Jurrassiques



STRATIGRAPHIE DU BASSIN D'AQUITAINE ET SYSTEMES AQUIFERES PROTEGES

LEGENDE

formation aquifère :

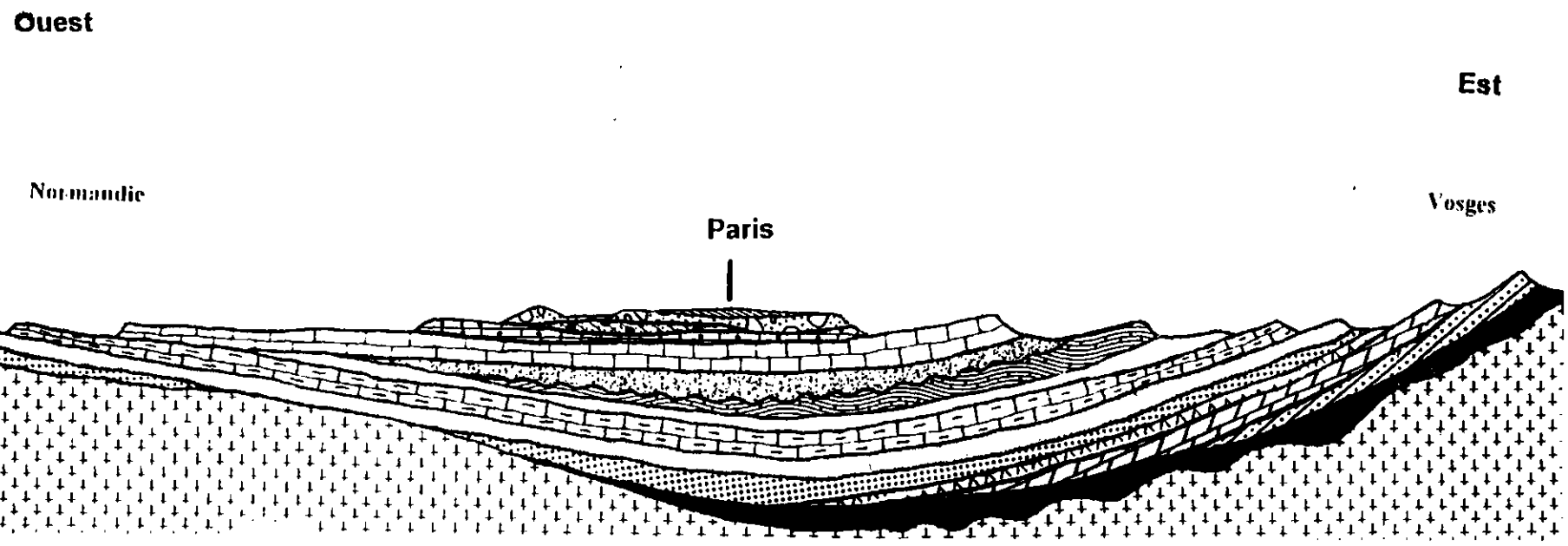
- **à dominante calcaire ou dolomie**
- **à dominante gréseuse**

formation protectrice

SYSTEME	SERIE	ETAGE		N°	FACIES DES FORMATIONS	EPAISSEURS MAXIMALES APPROCHEES
NEOGENE	Pliocène			234	sable et gravier d'Aquitaine (sable des Landes)	100 m
	Miocène	Burdigalien		235	grès et sables miocène d'Aquitaine (sables fauves)	100 m
		Aquitanien				
PALEOGENE	Oligocène	Stampien		230	calcaires et grès	500 m
	Eocène	supérieur			marnes à faciès pélagique	
		moyen		214	calcaires de type plate forme	
					molasse	500 m
		inférieur		214	sables infra-mollassique	
					marnes à faciès pélagique	
	Paléocène	Thanétien			calcaire (WNW); grès et calaires (ESE)	300 m
		Danien		233	dolomies et calcaires des Landes	
					argiles,marnes	
CRETACE	supérieur	Sénonien sup (Mastrichtien - Campanien)		231	calcaires /dolomies	200 m
		Sénonien moyen & inférieur			Passage de marnes à calcaires plus ou moins argileux de l'Ouest vers l'Est	
		Cénomanien		215	séries complexes de grès/dolomies/calcaires gréseux	
	Inférieur	Albien			Marnes et calaires de plate-forme & récifaux	
		Aptien sup.				
		Aptien inf.			Séries à alternances complexes de couches calcaires, marnes et molasses	
		Barrémien				
		Néocomien				
JURASSIQUE	Malm	Portlandien				
		Kimm. sup.			Calcaires de type plate-forme assez fortement dolomitisés vers le centre du bassin; de marnes et calcaires plus ou moins argileux au Nord et au Sud et de dolomies à l'Est	
		Kimm. inférieur				
		Oxfordien moyen et supérieur				
		Oxfordien inférieur				
	Dogger	Callovien				
		Bathonien			calcaires fissurés (karstifiés au Nord) plus ou moins oolitiques	500 m
		Bajocien		217		
		Aalénien				
	Lias	Lias sup.			argiles/marnes	
		Lias moyen			barre calcaire argileuse, suivie d'un calcaire de porosité réduite et de calcaires dolomitiques	
					épaisse série d'anhydrite à la base du lias moy.	
		Lias inf.		232	dolomies (de Carcans) et grès	200 m
		Lias inf. : Hettangien			épaisses séries argileuses	
TRIAS					Formations grèseuses de plus en plus épaisses et argileuses vers le Sud	

BASSIN PARISIEN

COUPE SCHEMATIQUE DU BASSIN PARISIEN



Systèmes aquifères	*Formations* Légende de la coupe	*Protections* ne figurent pas sur la coupe
	Plio-Quaternaire (Formations peu perméables)	**Plio-Quaternaire** (argiles...)
S.A. 199	**Pliocène**(calcaires, marnes vertes; sables .)	**Miocène** (marnes, molasses...)
S.A. 13-25	**Eocène** (calcaires, sables..)	**Eocène inf.**(argiles du Sparnacien) (**Yprésien**)
S.A. 203	**Paléocène** (craie et sables)	**Paléocène** (argiles du Landénien) (**Thanétien**)
S.A. 001	**Crétacé sup.**(craie & calcaires, sables, argiles...)	**Crét. inf.** (argiles du Gault) (**Albien**)
S.A. 204	**Crétacé inf.** (argiles du Gault, sables verts, grès...)	
	Kimm. Sup - Portlandien (marnes, calcaires compacts, niveaux oolithiques...)	**Jur. sup.**(marnes, argiles) (**Kimméridgien sup.**)
S.A. 206	**Callovien - Lusitanien** (calcaires oolithiques, marnes, grès & sables, argiles...)	**Jur. moy./Jur. sup.** (marnes, argiles) (**Callo.-Oxfo.**)
S.A. 207	**Dogger** (calcaires & marnes)	**Lias moy.-sup.**(marnes, argiles)(**Carixien-Toar.**)
S.A. 208	**Lias** (calcaires,argiles, grès, marnes, dolomies...)	**Trias sup.- Lias inf.** (argiles,marnes...)
S.A. 209	**Rhétien** (grès)	**Trias sup.**(argiles, évaporites...)
	Keuper (argiles, sels...)	**Trias moy.**(argiles...) (**Lettenkhole**)
S.A. 210	**Muschelkalk** (dolomie,grès,sels...)	**Trias inf.** (argiles..) (**Muschelkalk**)
S.A. 210-211	**Trias inférieur** (grès bigarré)	
	Permien (grès & argiles)	
	Socle	

STRATIGRAPHIE DU BASSIN PARISIEN ET SYSTEMES AQUIFERES PROTEGES

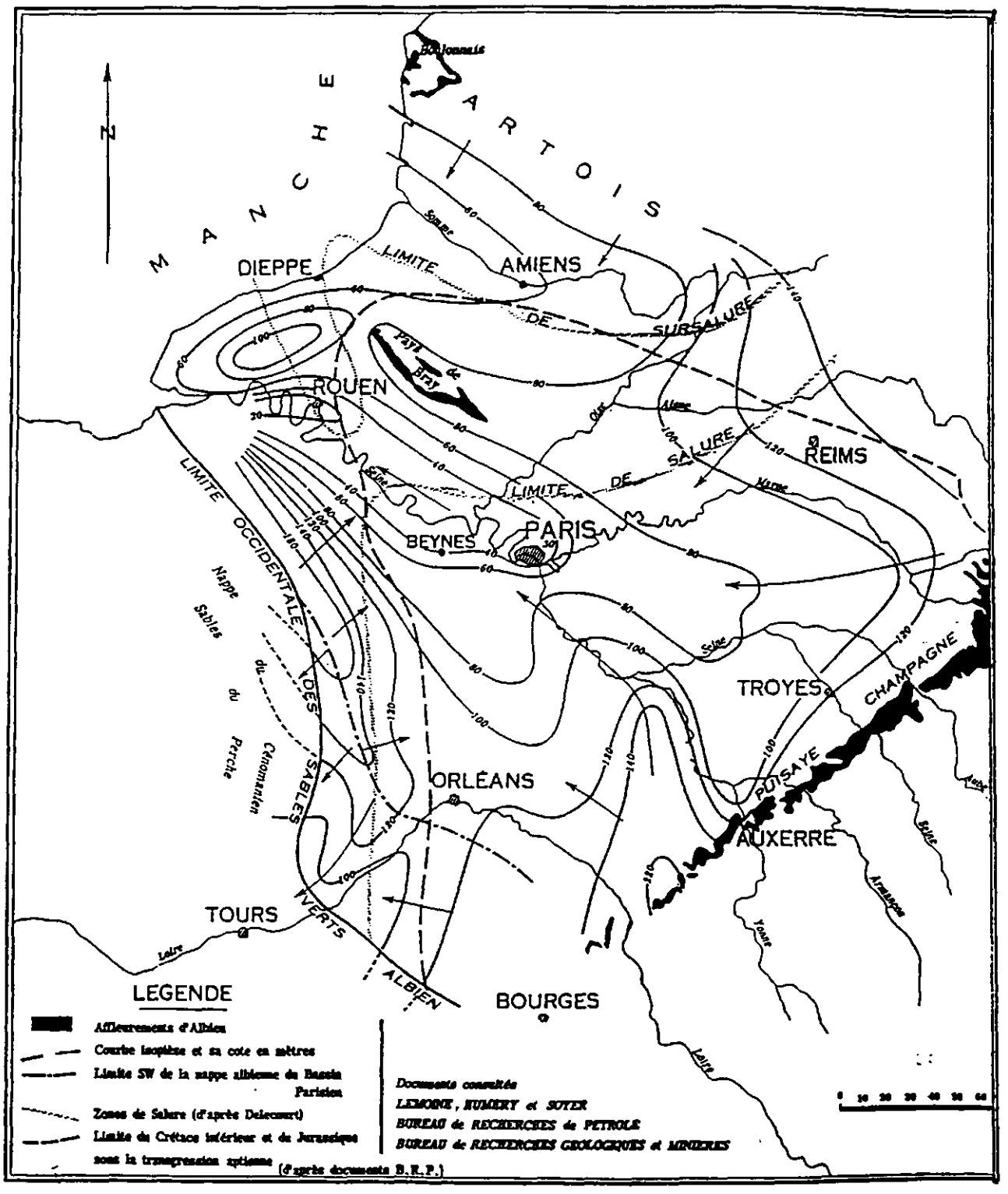
LEGENDE

formation aquifère :

- **à dominante calcaire**
- **à dominante gréseuse**

formation protectrice

SYSTEME	SERIE	ETAGE		N°	FACIES DES FORMATIONS	EPAISSEURS MAXIMALES APPROCHEES
NEOGENE	Pliocène			199	sables du Cotentin / graviers,sables, argiles à l'Est	
	Miocène	Burdigalien			sables de Sologne / argiles et molasse calc. à l'Est	
		Aquitanien		25	calcaires de Beauce	
PALEOGENE	Oligocène	Stampien			calcaires de Brie / sables de Fontainebleau	
					marnes vertes et supragypseuses	
	Eocène	supérieur : Bartonien			gypse	
				25	calcaires de Chateau Landon et Champigny (Beauce)	
		moyen: Lutétien			calcaires grossiers	
		inférieur : Yprésien		13	sables de Cuise	
					argiles du sparnacien	
	Paléocène	Thanétien		201	sables landénien des Flandres et de Bracheux	
				203	craie et sables d'Ile de France	
					argiles landéniennes (Nord) ; série salifère (Est)	
CRETACE	supérieur	Sénonien		1	craie et calcaires	
		Turonien			sables dans le SW	800 m
		Cénomanien			argiles et sables à l'Est. Gaize de l'Argonne	
	Inférieur	Albien			argiles du Gault	
				204a	sables verts au centre du BP	200 m
		Aptien			marnes, argiles, grès,sables argileux et argiles à l'Est	150 m
		Barrémien			argiles ou argiles et grès, sables	
		Hauterivien	Wealdien			
		Valanginien	ou	204b	grès ou calcaires,	100 m
		Berriasien	Néocomien			
JURASSIQUE	Malm	Portlandien / Thitonien			calcaires compacts ou fissurésà l'Est;	
					argiles, marnes et calcaires marneux	300 m
		Kimm inférieur	Lusitanien	206	calc. oolithiques séquanien/ marnes/ grès et sables	500 m
		Oxfordien moyen et supérieur			calcaire rauracien de l'Est	
		Oxfordien inférieur			argiles, marnes	250 m
	Dogger	Callovien				
		Bathonien		207		
		Bajocien			calcaires fissurés karstifiés à l'Est	300 m
		Aalénien			marnes et calcaires	
	Lias	Lias sup. :	Toarcien		argiles et calcaires argileux	500 m
		Lias moyen :	Pliensbachien		argiles ; quelques passées de grès	
			Domérien			
			Carixien		marnes	
		Lias inf. :	Sinémurien	208	grès ; argiles ; calcaires (à l'Est) Champagne et	200 m
			Hettangien		grès,sables, dolomies (à l'Ouest) Luxembourg	
TRIAS	supérieur	Rhétien		209	grès, sables	30 m
		Keuper / lettenkohle			argiles / calcaires gréseux, dolomies	150 m
	moyen				grès au centre et à l'Ouest	
		Muschelkalk (à l'Est)			calcaires fissurés karstiques	250 m
					base : marnes et argiles	
				210		
	Inférieur	Scythien (Bundsandstein)			grès bigarrés et conglomérats,	400 m
				211	grès du Sud du BP	
PERMIEN	Permien et Permo-Trias				grès et argiles, formations assez compactes	1 500 m



Carte en courbes isopièzes de la nappe des sables verts du Bassin Parisien
(d'après BRGM, Méthodes d'étude et de recherche des nappes aquifères)

BRGM

L'ENTREPRISE AU SERVICE DE LA TERRE

document public

NAPPE DE L'ALBIEN
ETUDE DE L'EVOLUTION PIEZOMETRIQUE DE 1981 A 1993
INCIDENCE DES PRELEVEMENTS

G. BERGER
P. BLUMERE

Mars 1994
94 DSGR 001 IDF

numéro de référence P05201200

Ministère de l'Industrie,
des Postes et Télécommunications
et du Commerce extérieur
Direction Régionale de l'Industrie, de
la Recherche et de l'Environnement
d'Ile de France

BRGM
SERVICE GEOLOGIQUE REGIONAL
ILE DE FRANCE
Z.I. La Haie Griselle - Boîte 206 -
94478 BOISSY SAINT LEGER CEDEX
Tél. : 45.10.06.63 - Fax. : 45.69.23.35

2. RAPPEL DU RAPPORT DE LA DRIRE DE FEVRIER 1979

A la suite de l'étude réalisée par le BRGM, la DRIRE Ile de France a "redéfini sa politique" vis à vis de la nappe albienne dans le rapport intitulé : "Définition d'une gestion rationnelle de la nappe albienne".

Dans ce rapport, il est notamment écrit :

- "L'expérience atteste que la stabilisation du niveau moyen de la nappe au voisinage du niveau actuel implique que le débit global prélevé se situe aux environs de 18 millions de mètres cube pas an",

- ... "En première approximation, et de manière générale, la cote à laquelle la nappe est maintenant stabilisée (1978), donne satisfaction aux exploitants : elle est suffisamment haute pour que les coûts d'exploitation soient extrêmement faibles ; elle est suffisamment basse pour éviter tous les problèmes techniques que poserait un retour généralisé à l'artésianisme".

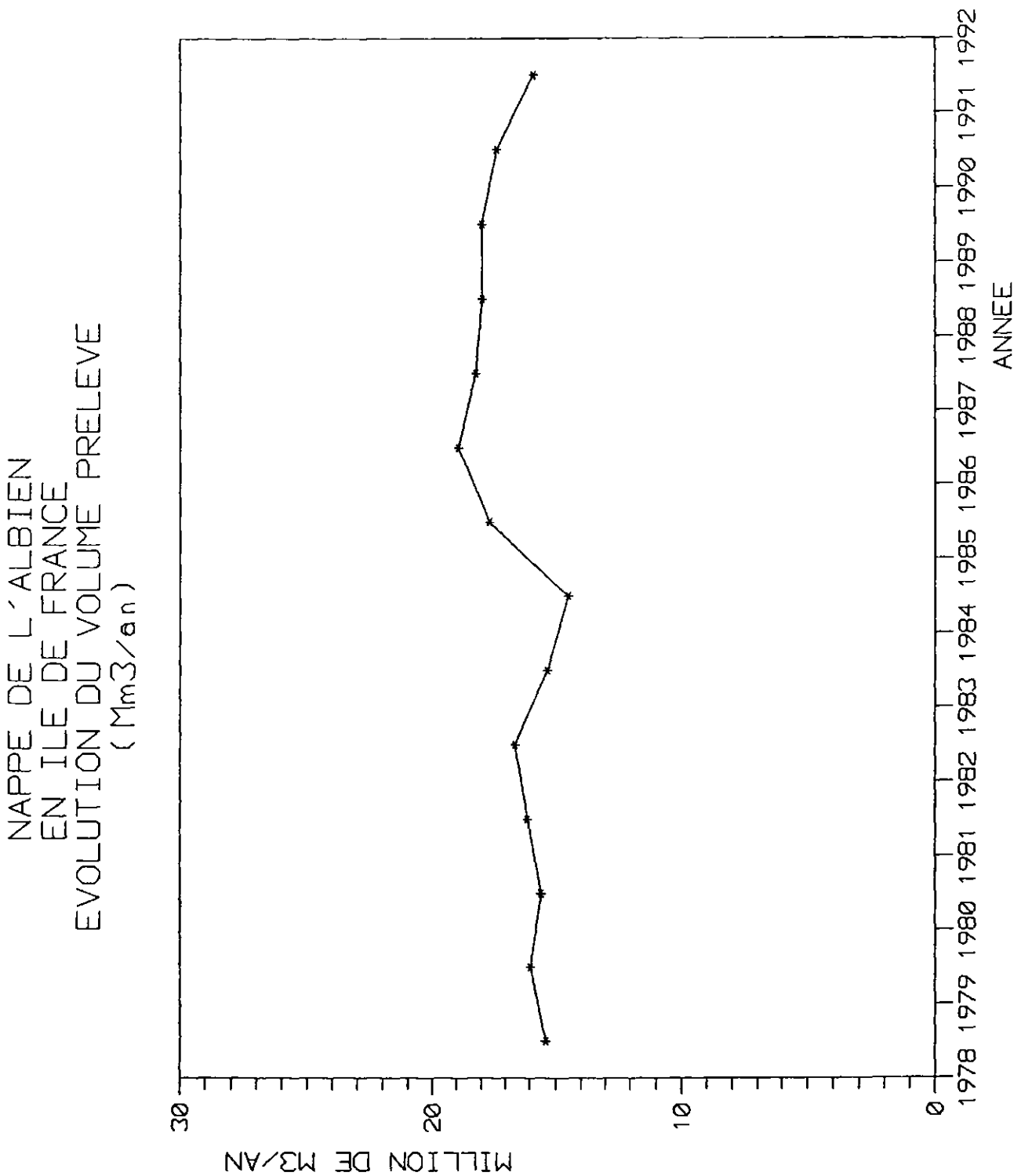


Figure 1. - Nappe de l'Albien en Ile de France - Evolution du volume prélevé (Mm^3/an)

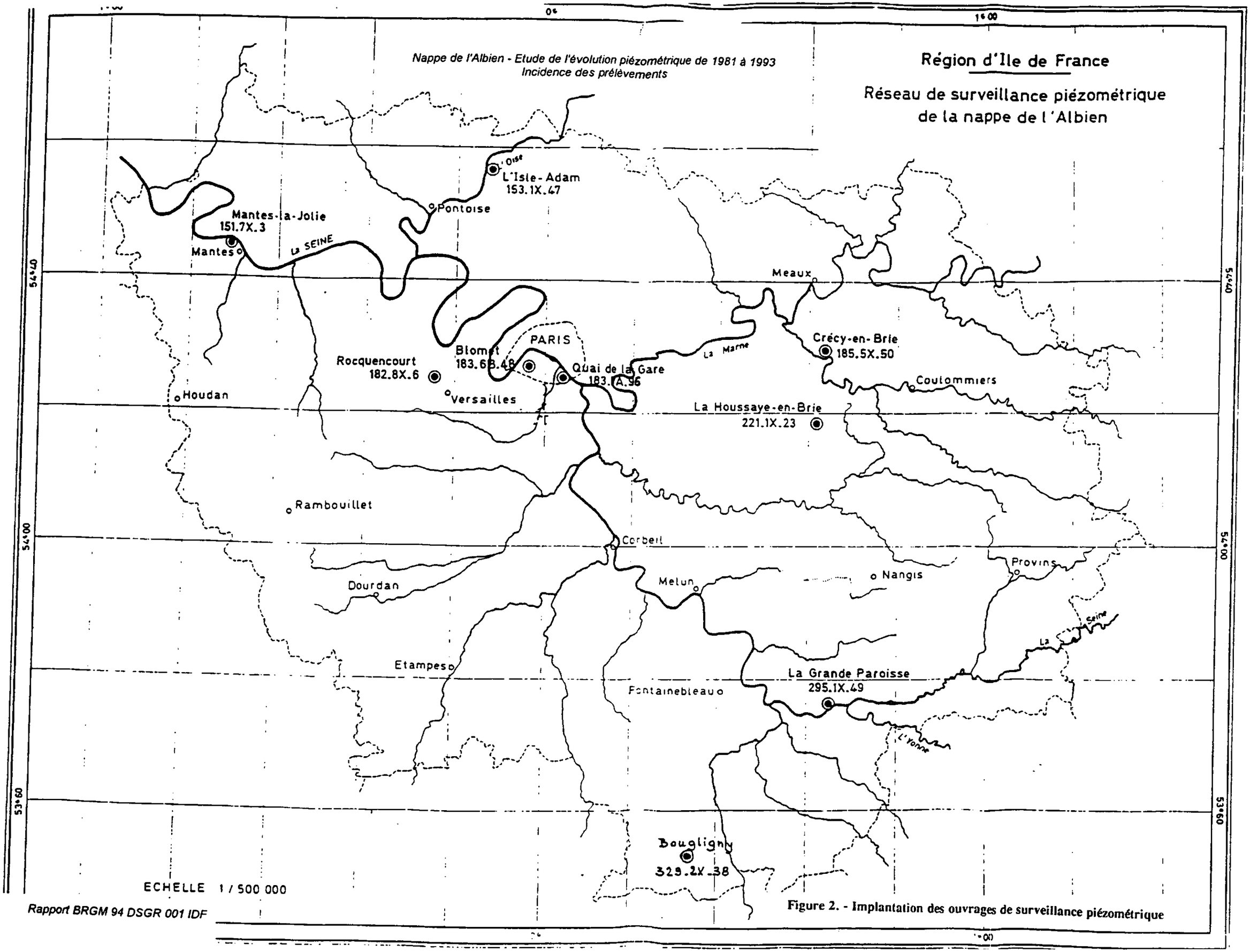
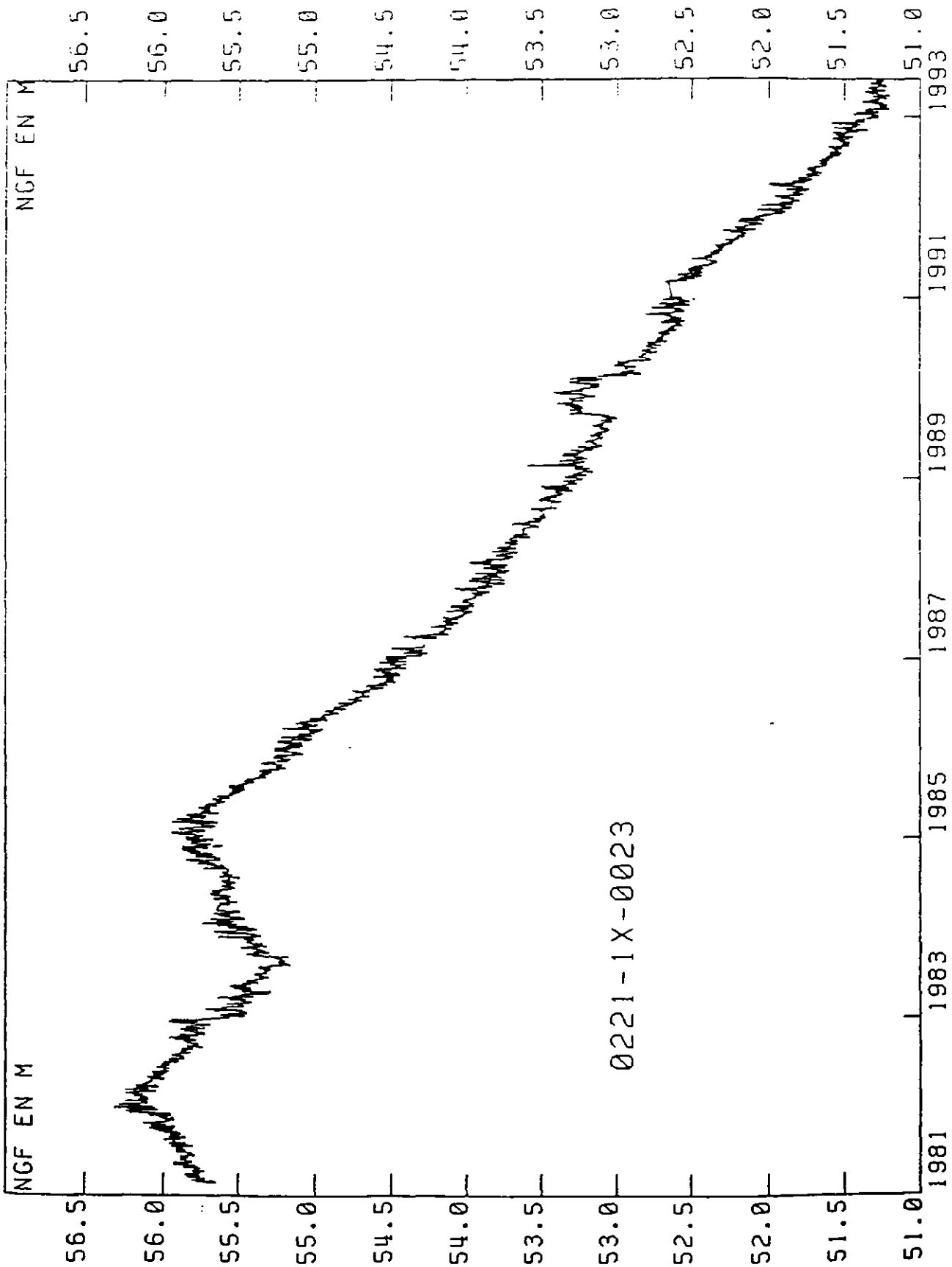


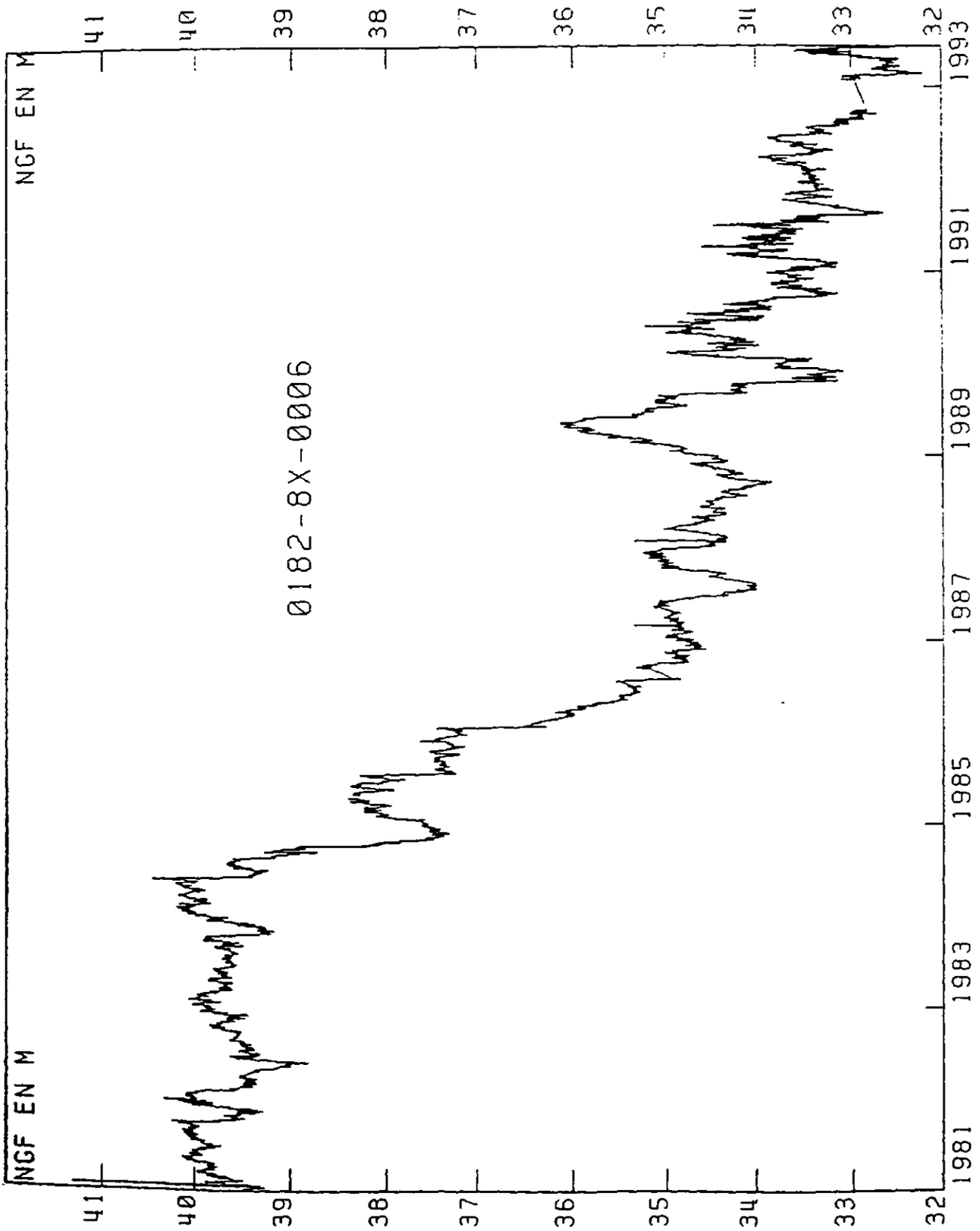
Figure 2. - Implantation des ouvrages de surveillance piézométrique

NAPPE DE L'ALBIEN - ETUDE DE L'EVOLUTION PIEZOMETRIQUE DE 1981 à 1993
INCIDENCE DES PRELEVEMENTS
S.A. n° 204 a



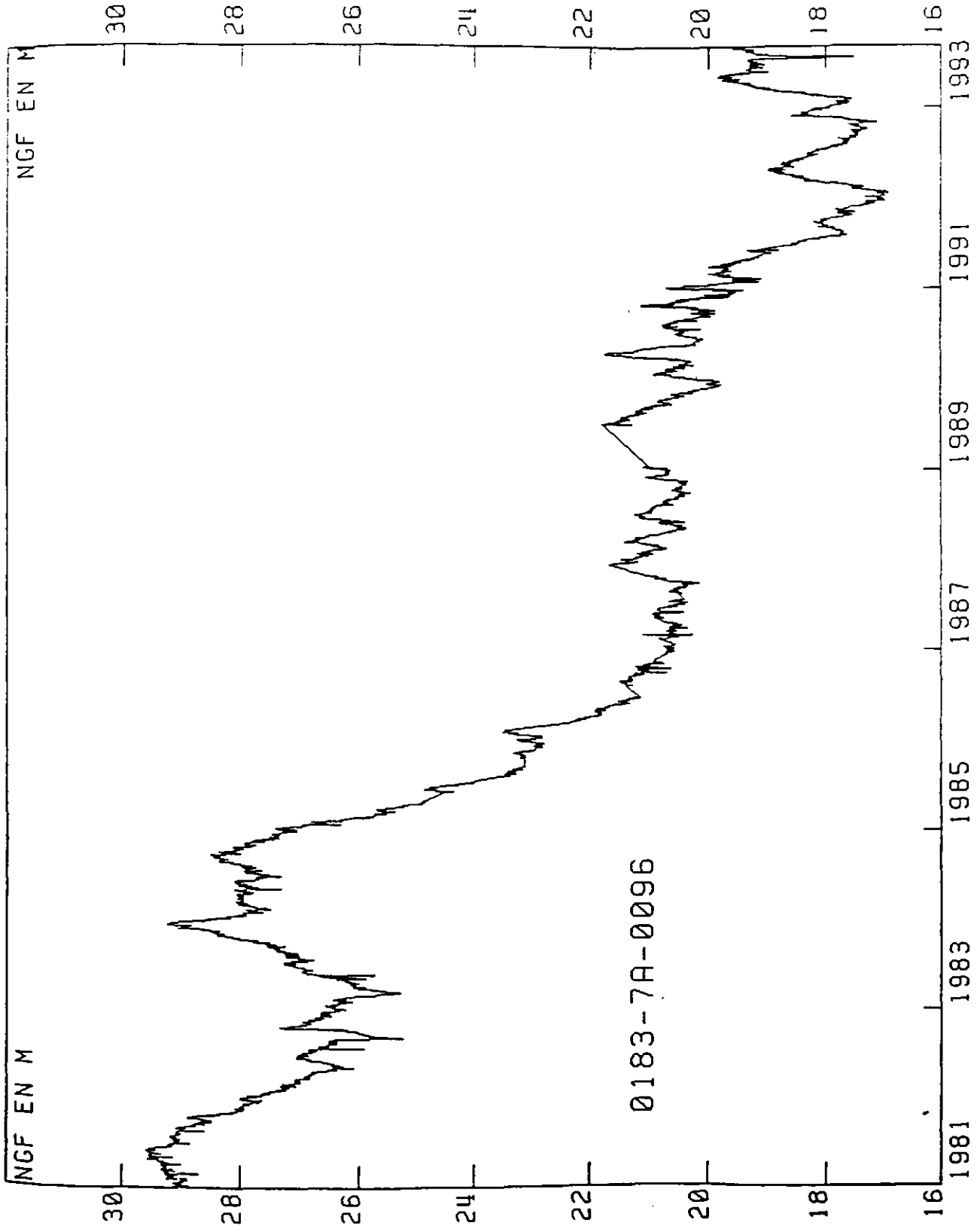
221.1X.0023 - La Houssaye en Brie

NAPPE DE L'ALBIEN - ETUDE DE L'EVOLUTION PIEZOMETRIQUE DE 1981 à 1993
INCIDENCE DES PRELEVEMENTS
S.A. n° 204 a



0182.8X.0006 - Rocquencourt

NAPPE DE L'ALBIEN - ETUDE DE L'EVOLUTION PIEZOMETRIQUE DE 1981 à 1993
INCIDENCE DES PRELEVEMENTS
S.A. n° 204 a



0183.7A.0096 - Paris 13 ème - Boulevard de la Gare

CONCLUSION

Les calculs effectués à l'aide du programme IMAGE en tenant compte des historiques des prélèvements de 1982 à 1991 montrent qu'au pourcentage d'erreur près, il est possible d'obtenir des valeurs de rabattement du niveau piézométrique de la nappe albienne identiques aux valeurs observées dans les piézomètres de contrôle.

L'aquifère albien est un aquifère très nerveux et très diffusif (10 m^2/s) si bien que toute modification de prélèvement, si petite soit-elle, se répercutera rapidement dans le temps et à grande distance.

De 1978 à 1984, les prélèvements qui oscillaient entre 15,4 et 16 millions de mètres cube par an avaient instauré un état de régime semi-permanent, les fluctuations maximales du niveau piézométrique à l'aplomb de Paris n'excédant pas 3 mètres.

De 1985 à 1990 inclus, les prélèvements se sont accentués dans l'ouest parisien oscillant au total entre 17,5 et 18 millions de mètres cube, ce qui a eu pour effet immédiat de faire chuter le niveau piézométrique (8 mètres à Paris).

Néanmoins, tout comme pour les prélèvements à 16 millions de mètres cube par an, il y a eu à l'aplomb de Paris, dès 1987-1988, une pseudo-stabilisation du niveau dynamique pour 18 millions de mètres cube par an de prélèvement.

Par contre, en périphérie (Seine-et-Marne, Yvelines), le niveau a continué de baisser et il est vraisemblable qu'il baisse encore quelque temps avant de se stabiliser.

Il faut donc en conclure qu'assez rapidement, l'alimentation par drainance provenant des aquifères sus et sous-jacents est susceptible de compenser l'abaissement piézométrique dû à l'accroissement brutal des prélèvements.

Cependant, les phénomènes de drainance sont difficilement quantifiables et la prudence voudrait que les prélèvements totaux soient limités à 18 millions de mètres cube pas an comme le préconisait la DRIRE en février 1979.

Mais de nouveaux forages ont été réalisés et vont être réalisés dans les régions limitrophes à l'Ile de France : Haute-Normandie, Champagne, Bourgogne et Centre.

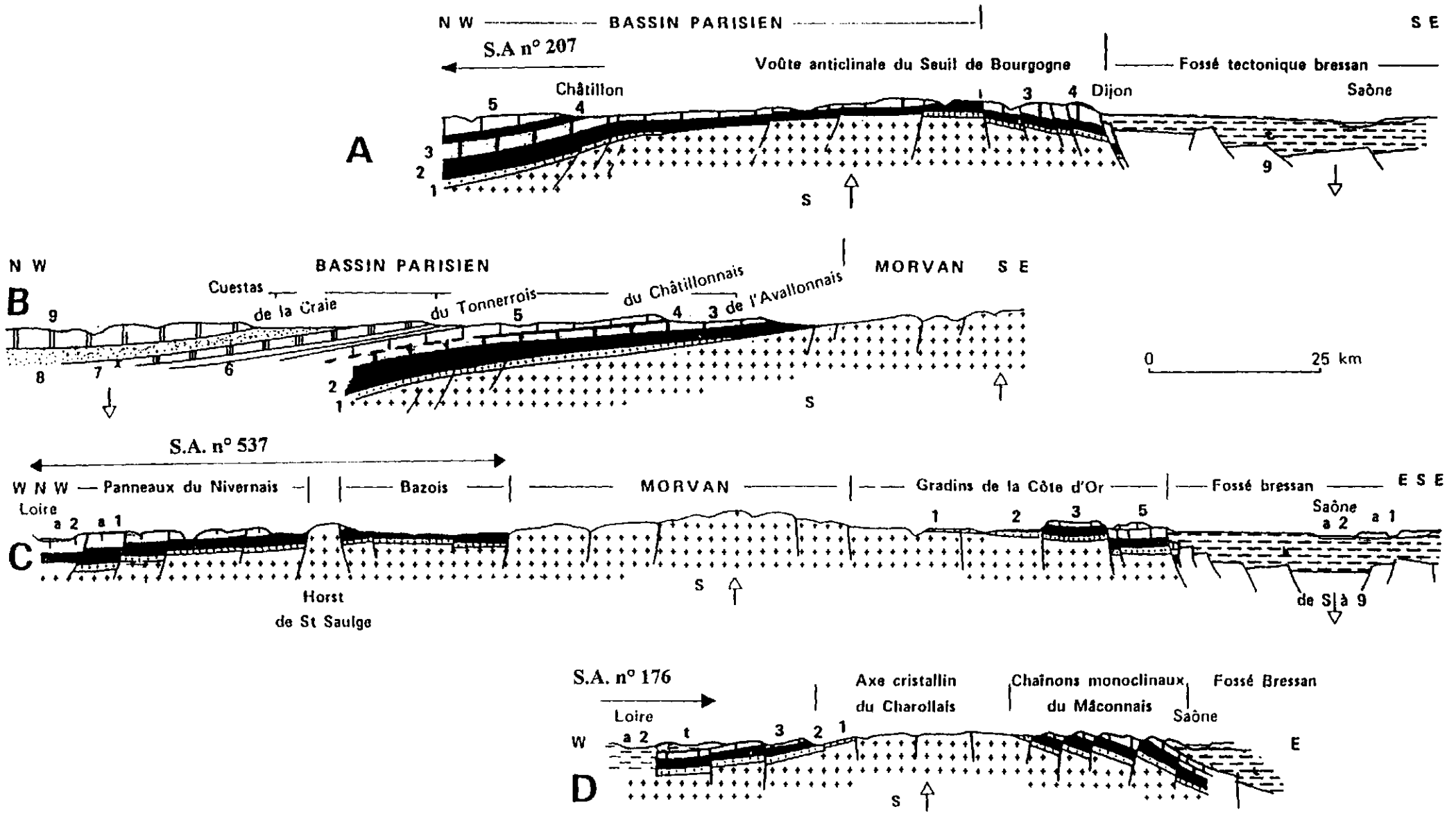
Les prélèvements effectués en périphérie de l'aquifère, entre 50 et 150 kilomètres de Paris créeront obligatoirement une incidence au centre du Bassin.

Il s'avère donc nécessaire de repenser à un modèle global de l'aquifère albien en vue d'une gestion rationnelle aussi bien pour les besoins actuels que pour les besoins futurs, alimentation de substitution et alimentation sécuritaire en particulier.

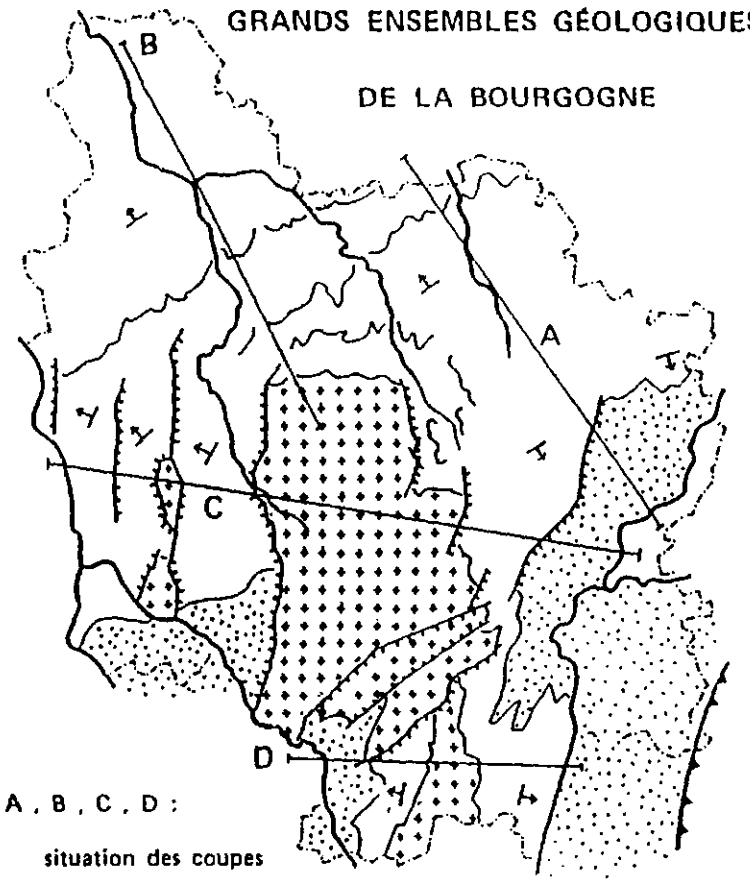
BOURGOGNE

COUPES STRUCTURALES SCHEMATIQUES BOURGOGNE

(d'après Atlas de la Bourgogne - Atlas régionaux de la DATAR - Université de Bourgogne)



GRANDS ENSEMBLES GÉOLOGIQUES DE LA BOURGOGNE



A , B , C , D :
situation des coupes

plaines argilo-sableuses (sédiments continentaux de l'Ere Tertiaire et du Quaternaire)

plateaux calcaires et dépressions marneuses ou argilo-sableuses (sédiments marins de l'Ere Secondaire)

affleurements du socle décapé de sa couverture secondaire (Massifs granitiques et bassins houillers de l'Ere Primaire) .

LÉGENDE DES COUPES

Quaternaire

- a 2 alluvions récentes post-glaciaires (plaines alluviales)
- a 1 alluvions anciennes (terrasses)

Tertiaire et Quaternaire ancien **S.A. n° 176** **S.A. n° 212**

- t argiles et marnes , sables , graviers (calcaires ou siliceux) déposés en milieu continental (fluviatile, lacustre, marécageux)

Secondaire : Séries déposées en milieu marin

Crétacé

- 9 crétacé supérieur : craie de Sens
- 8 crétacé moyen et inférieur : sables et argiles de la Puisaye . **S.A.n° 213**

Jurassique

- 7 portlandien : calcaires du Tonnerrois
- **S.A. n° 206** 6 kimméridgien : marnes de Chablis et de Pouilly-sur-Loire
- 5 oxfordien et kimméridgien : calcaires du Saussois et de la Côte du Châtillonnais
- 4 oxfordien marno-calcaire : marnes et calcaires argileux de la « Vallée » de Châtillon
- **S.A. n° 207** 3 jurassique moyen : calcaires du Seuil de Bourgogne , de la Côte de Nuits (de Comblanchien) .... calcaires et marno-calcaires du Nivernais
- 2 lias : marnes de l'Auxois, du Bazois ...

Trias

- 1 argiles à gypse, grès arkoses **S.A. n° 537**

Primaire

- S socle hercynien

Maquette : P. Rat Cartographie : F. Tainturier

BRETAGNE

FORAGES EXPLOITANT DES RESSOURCES IDENTIFIEES D'INTERET LOCAL A PROTECTION TEMPORAIRE

N°	Code minier	Commune	Dept.	Debit Max. (m	Prof. ouvrage (m)	Géologie	Prof. 1ère eau	Haut. alt. (m)	Haut Ciment	Rapport	Prof. (m) arrivée d'eau principale
1	31340003	Mur de Bretagne	22	42	59	Grès primaires			15	75-19	>9
2	24440024	Plancoët	22	14		Granite			Oui	91-06/92-40	>19
3	27930031	Plémy	22	60	102	Granite			Oui	DDAF 22	>53
4	20410020	Ploézal Runan	22	52	52	Volcanites du Trégor			Oui	DDAF 22	>50
5	27920044	Ploeuc sur Lié	22	27	131	Grès Primaires			Oui	DDAF 22	>25
6	20330023	Rospez	22	70	66	Tufs de Trégier			Oui	DDAF 22	>20
7	34750018	Concarneau	29	24	148	Granite	16	16	27	89-24	>16
8	31080028	Landudal	29	28	119	Micasshistes et Granite	1	17	19	88-10/89-03	>71
9	23980010	Locmélar	29	15	109	Gneiss	13	7	16	86-18/92-18	>13
10	31040017	Lothey	29	12	107	Schistes et Grès Primaires				86-26	>17
11	23860038	Milizac	29	39	127	Granite			20	89-06	>13
12	20260018	Morlaix	29	25	150	Schiste et Granite		10	11	88-03	>40
13	23810020	Ploudalmezeau	29	30	54	Granite			oui	84-N17	>20
14	23840020	Ploudaniel	29	25	84	Gneiss de Lesneven			20	84-R01,84-R0	>30
15	23840023	Ploudaniel	29	23	94	Gneiss de Lesneven			20	84-R01,84-R0	>30
16	23840028	Ploudaniel	29	37	73	Gneiss de Lesneven			20	84-R01,84-R0	>20
17	23840025	Ploudaniel	29	27	86	Gneiss de Lesneven			25	84-R03,84-R0	>40
18	23840026	Ploudaniel	29	18	85	Gneiss de Lesneven			25	84-R03,84-R0	>35
19	20180031	Plouénan	29	32	103	Gneiss		10	23	86-15	>30
20	20180041	Plouénan	29	27	94	Granite	7	13	23	86-15	>7
21	23740016	Plourin	29	70	97	Migmatites			15	89-20	
22	24080015	Scrignac	29	55	94	Schistes et Quartzites Primaires	13	22	18	89-04	
23	20250024	Taule	29	26	91	Micaschistes et Gneiss			28	86-15	>12
24	27340027	Trebabu	29	54	97	Gneiss			oui	84-N17	>20
25	28370008	Bille	35	44	56	Cornéennes (Briovérien)			7	79-05	
26	28330022	Javene	35	51	80	Schistes et Grès Briovériens		11	oui	77-149	
27	28450007	La Chapelle Janson	35	22	70	Cornéennes	5	9	16	90-28	>10
28	2480064	Meillac	35	80	80	Cornéennes (Briovérien)	10	17	8	91-51	
29	35140032	Paimpont	35	36	91	Grès et Quartzites Primaires			oui	*	>13
30	3514005	Paimpont	35	36	78	Grès et Quartzites Primaires			oui	76-82	>20
31	35140020	Paimpont	35	41	64	Grès et Quartzites Primaires			oui	83-15	>10
32	35210024	Paimpont	35	120	79	Grès et Quartzites Primaires			oui	91-	>35
33	28360028	Saint Georges de Chesne	35	30	65	Silstones Primaires	5	10	11	87-07	>10
34	38360044	Ploemeur	56	100	110	Micaschistes			oui	DDAF6	>30
35	31320059	Sainte Brigitte	56	56	73	Schistes et Grès	10	19	21	91-02	>20

(source BRGM - Banque du Sous-Sol)

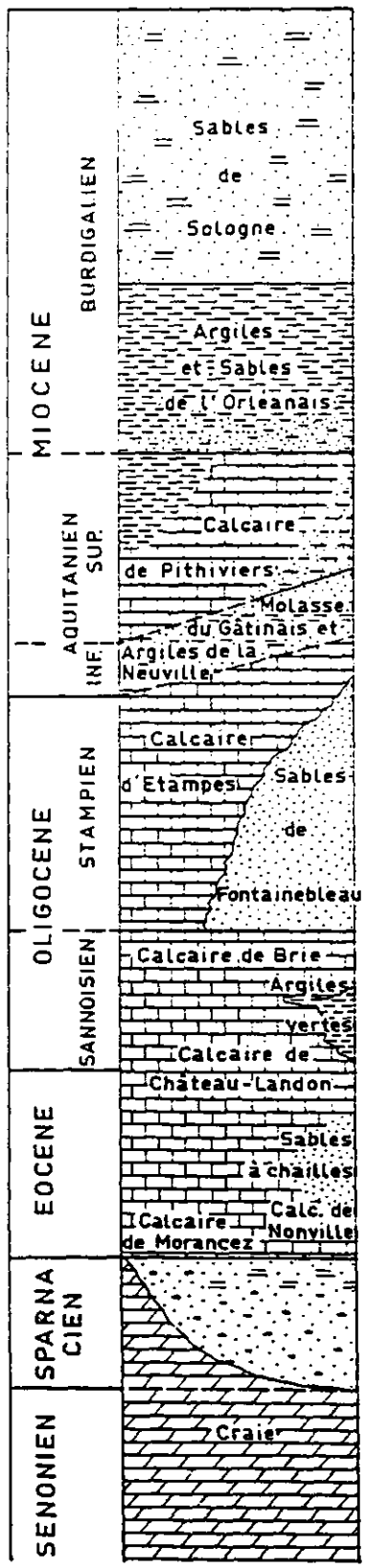
FORAGES EXPLOITANT DES RESSOURCES IDENTIFIEES D'INTERET LOCAL A PROTECTION A VERIFIER OU AMENAGER

N°	Code minier	Commune	Dept.	Debit Max. (m	Prof. ouvrage (m)	Géologie	Prof. 1ère eau	Haut. alt. (m)	Haut Ciment	Rapport	Prof. (m) arrivée d'eau principale
36	27730059	Callac	22	35	79	Shiste et Grès Briovérien			?	DDAF22	>37
37	20340034	Camlez	22	50	65	Tuf de Treguier			?	DDAF22	>37
38	20330027	Caouennec	22	250	100	Granite			?	DDAF22	>16
39	20410023	Hengoat	22	180	52	Spilites de Paimpol			?	DDAF22	>25
40	20340043	Minihy Treguier	22	200	63	Spilites de Paimpol			?	DDAF22	>14
41	20480024	Pleguin	22	54	95	Diorite			?	DDAF22	>20
42	34680039	Fouesnant	29	60	90	Micashistes	10	11	non	86-23	>50
43	24040012	Plouigneau	29	72	52	Shistes et Grès	7	8	non	81-01	>17
44	28380012	Dompierre du Chemin	35	60	65	Cornéennes (Briovérien)		4	non	78-08	>10
45	38850015	Grand Fougeray	35	102	58	Shistes Primaires		6	non	78-02	
46	38850013	Grand Fougeray	35	42	61	Shistes et Grès primaires		8	non	78-02/77-508	
47	28330087	Lecousse	35	90	97	Cornéennes (Briovérien)	8	16	non	91-05	>10
48	28360023	Saint georges de chesne	35	25	75	Shistes et Grès Briovériens			?	79-101	>6
49	34950008	Inguiniel	56	21	52	Granite	17		?	DDAF56	>17
50	31220049	Langonnet	56	27	65	Grès	18		?	DDAF56	>20
51	34880013	Plouay	56	64	52	Micashistes	7	7	?	DDAF56	>10
52	31170003	Roudouallec	56	6	57	Poudingue de gourin	24	20	?	DDAF56	>24
53	31450002	Saint Gonnery	56	27	38	Shistes	11	10	?	DDAF56	>10
54	31320049	Silfiac	56	33	43	Shistes et Grès	6	7	?	DDAF56	>6

(source BRGM - Banque du Sous-Sol)

CENTRE

SERIE STRATIGRAPHIQUE SCHEMATIQUE DU TERTIAIRE DE LA BEAUCE



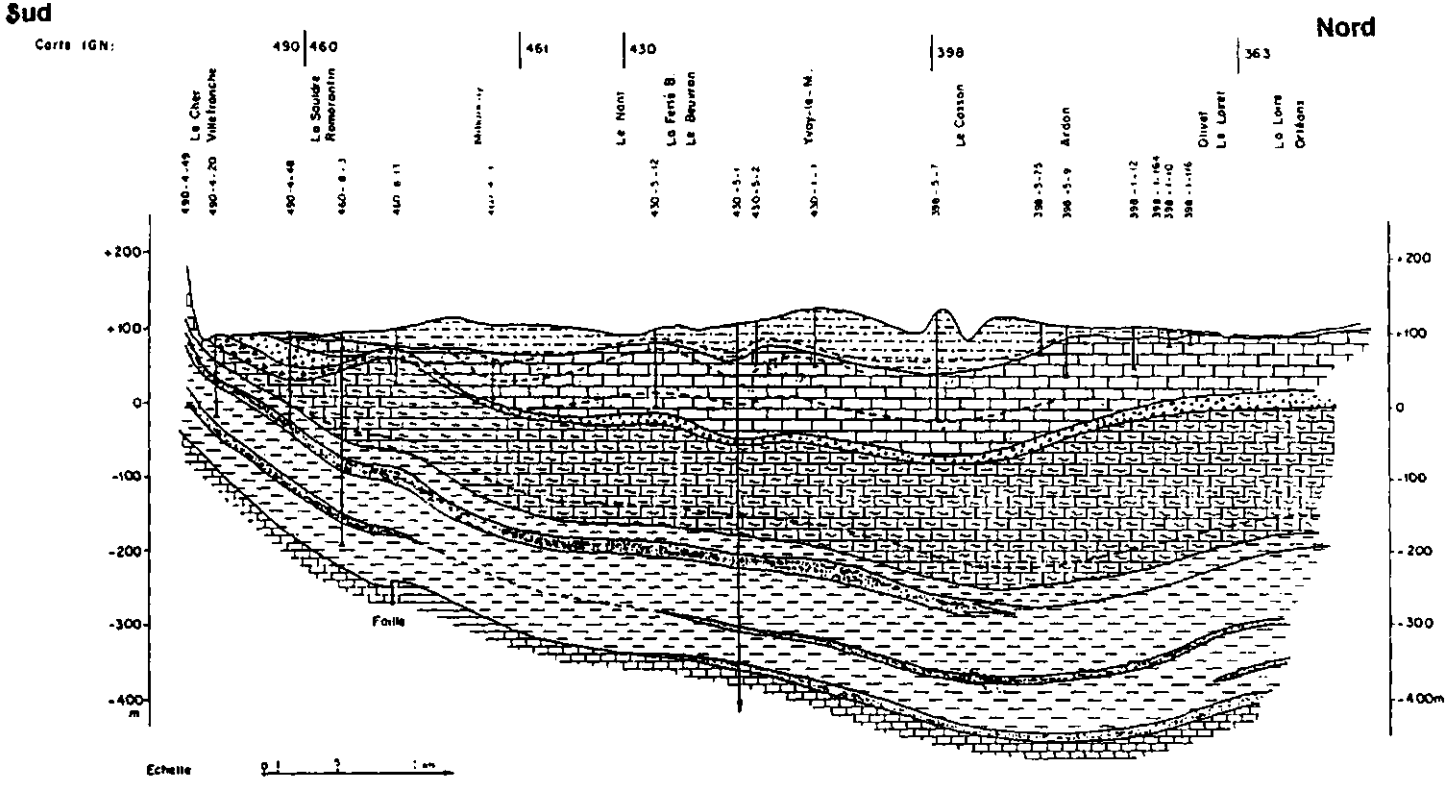
S.A. n° 25

S.A. n° 27

S.A. n° 44 à 49

(source BRGM)

SOLOGNE
IDENTIFICATION DES NAPPES



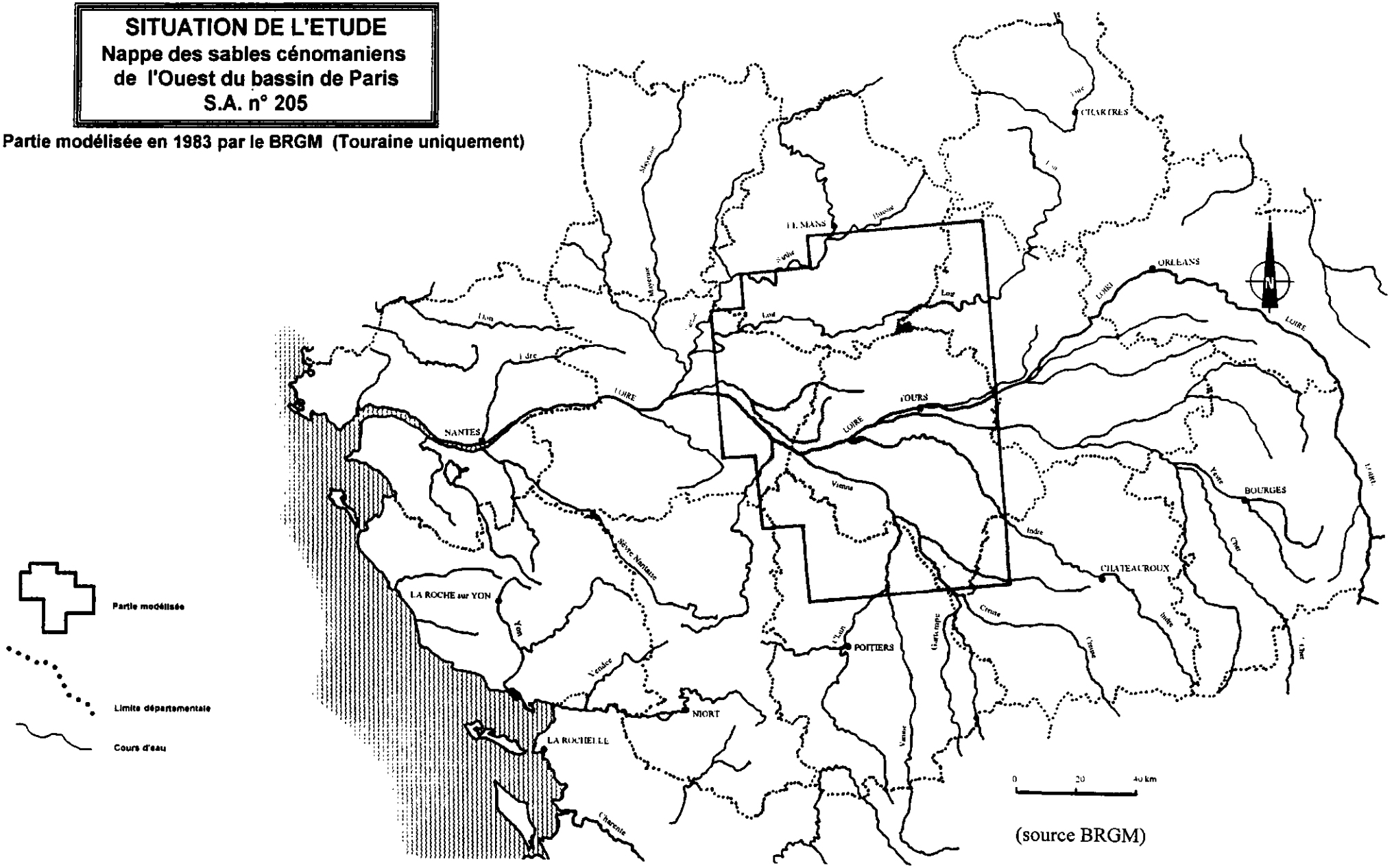
Désignation	Lithologie	Stratigraphie
Alluvions récentes	Sable, argile	QUATERNAIRE
Terrasses anciennes *Faluns de Touraine* *Sable du Plésois* *Formation de Sologne*	Sable, argile	HELVETIEN BURDIGALIEN
Formation de Beauce	Calcaire, marne	AQUITANIEN
Sidérolithique *Poudingue de Gien*	Sable, gravier cailloux	EOCENE
Argile à silex	Argile, silex	POST CRETACE
Craie	Craie à silex Craie marneuse Marne	SENONIEN TURONIEN CENOMANIEN
Marnes à Ostracées	Marnes	
Sable de Vierzon *Sable de la Puisaye*	Sable fin et Argile	ALBIEN
Sable de Griselle	Argile et sable	CRETACE INF.
	Calcaire et marne	PORTLANDIEN
	Marne	KIMMERIDGIEN
Limite strati.		
Limite de faciès		

(d'après BRGM, rapport 87 SGN 110 CEN)

SITUATION DE L'ETUDE

Nappe des sables cénomaniens de l'Ouest du bassin de Paris
S.A. n° 205

Partie modélisée en 1983 par le BRGM (Touraine uniquement)



MIDI-PYRENEES

AQUIFERE PROFOND NORD-PYRENEEN DANS LA REGION MIDI-PYRENNEES

CHIMIE DE L'EAU
Carte des faciès chimiques et des résidus secs

0 10 20 30 km

Classification des forages :

FORAGE D' EAU :

- Forage minier ou pétrolier avec des informations hydrogéologiques
- Exploité
- Abandonné

PIEZOMETRE :

- BRGM
- SNEA
- Abandonné

N

Sulfatée ou chlorurée fortement minéralisée souvent non potable

Bicarbonatée calcique potable

Bicarbonatée sodique parfois minéralisée, potable

Bicarbonatée calcique potable

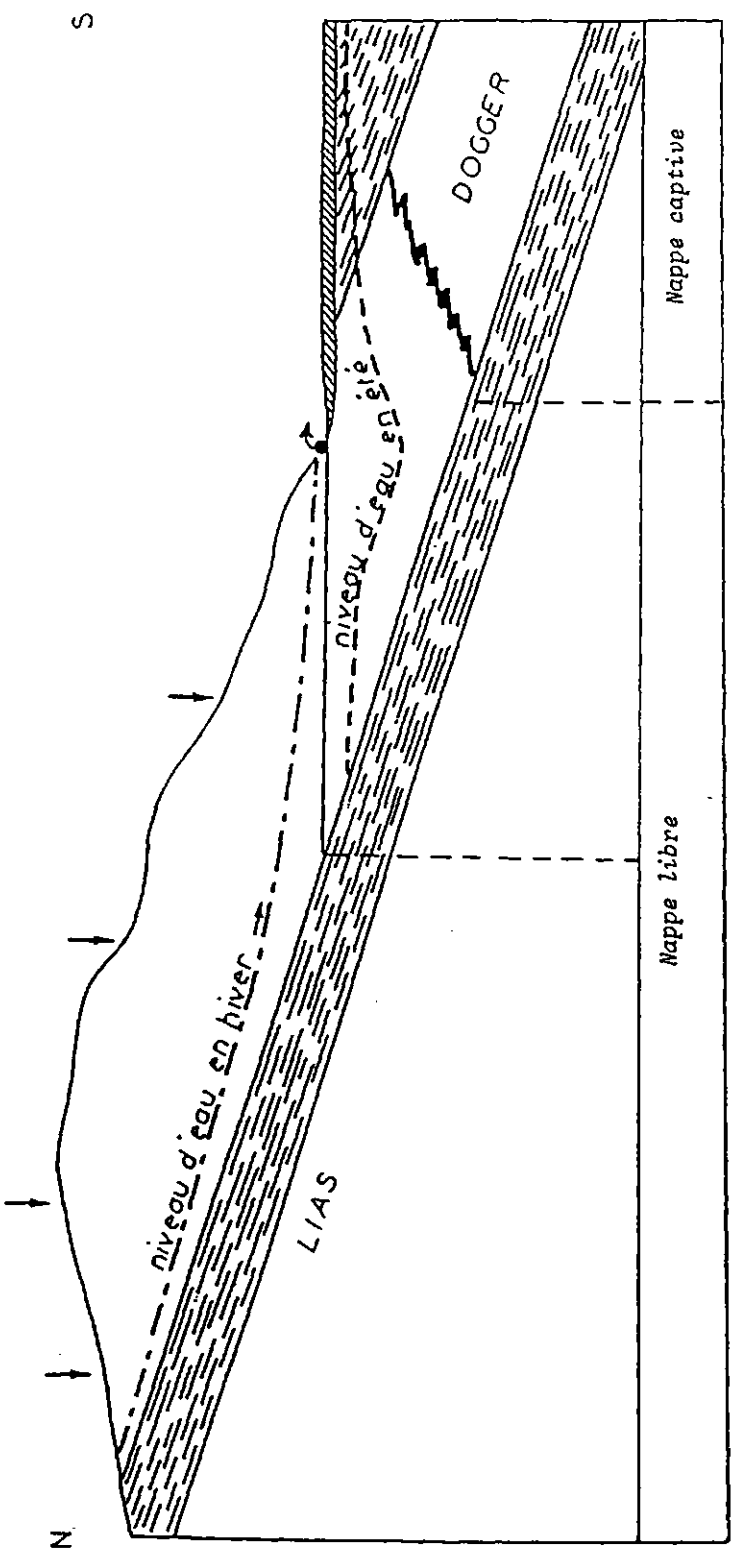
CAHORS
FIGEAC
RODEZ
CASTELSARRASIN
MONTAUBAN
GONDOM
ALBI
AUCH
MIRANDE
TOULOUSE
CASTRES
MURET
TARBES
BAGNERES DE BIGORRE
ARGELES -GAZOST
SAINT-GAUDENS
SAINT-GIRONS
PAMIERS
FOIX

BRGM
DIRECTION REGIONALE SUD-OUEST
AGENCE DE TOULOUSE

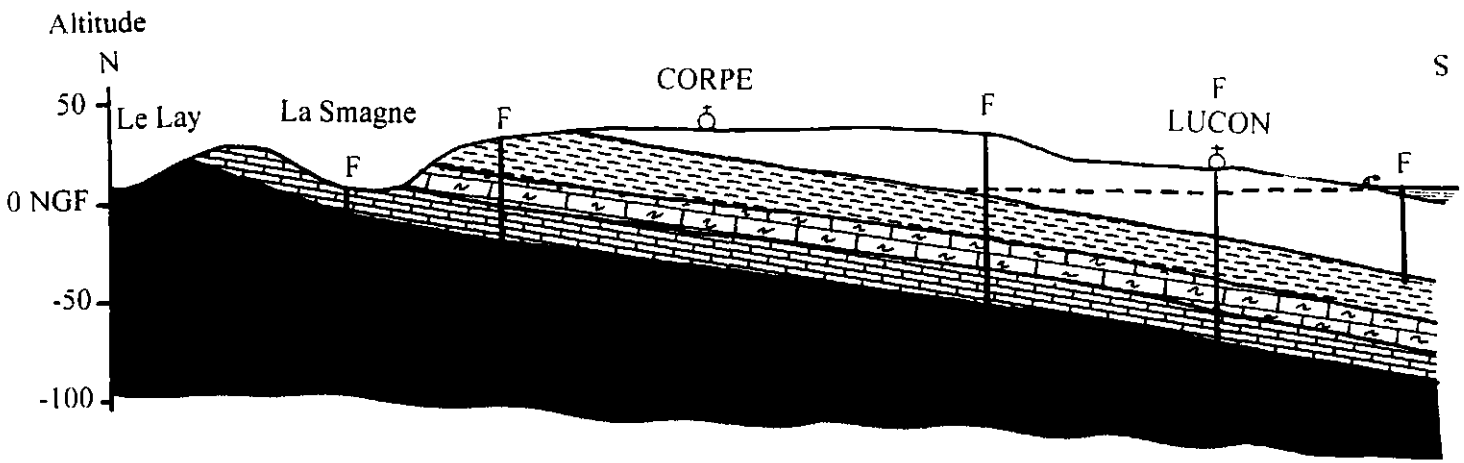
PAYS DE LA LOIRE

NIVEAUX DE LA NAPPE DU DOGGER
EN HIVER ET EN ETE

(d'après Service d'Hydrogéologie - Conseil Général de la Vendée)



PROFIL HYDROGEOLOGIQUE DE LA PLAINE DE LUCON



Alluvions argileuses flandriennes (bri)

S.A. n°207 — Calcaires blancs du dogger (Jurassique moyen)

Marnes du Toarcien (Lias Supérieur)

Calcaires marneux du Pliensbachien (Lias moyen)

S.A. n°576d1 — Calcaires dolomitiques et gréseux du Lias inférieur
Nappe aquifère

Jurrassique Inférieur

Socle hercynien

Source

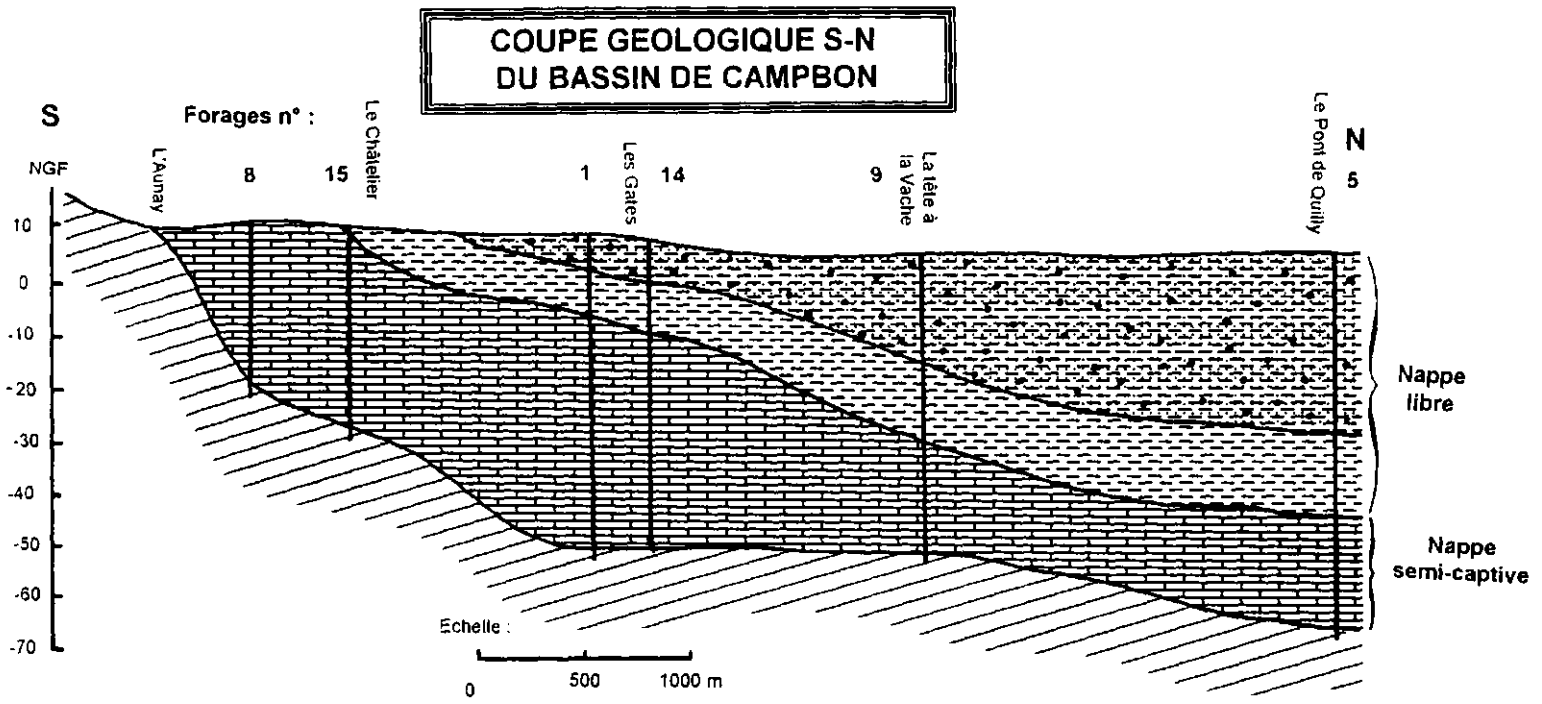
limite d'exploitabilité de la nappe du Dogger

F — Forage de reconnaissance hydrogéologique

(d'après Service d'Hydrogéologie - Conseil Général de la Vendée)

ECHELLE : 1 km

COUPE GEOLOGIQUE S-N DU BASSIN DE CAMPBON



Argile et Sable du complexe Supérieur

Couche argileuse du complexe Supérieur (Lutécien Sup. et Moyen)

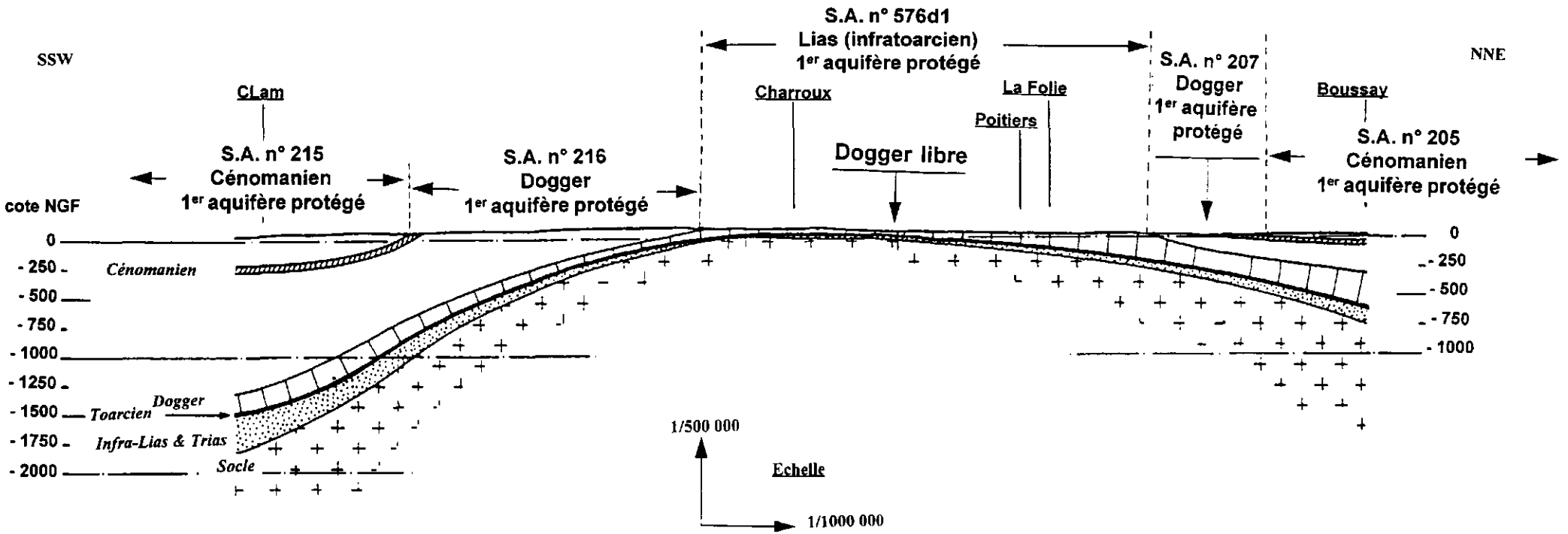
Calcaire inférieur (Lutécien Inférieur)

Substratum

(Conseil Général /DIREN Loire - Atlantique)

POITOU-CHARENTE

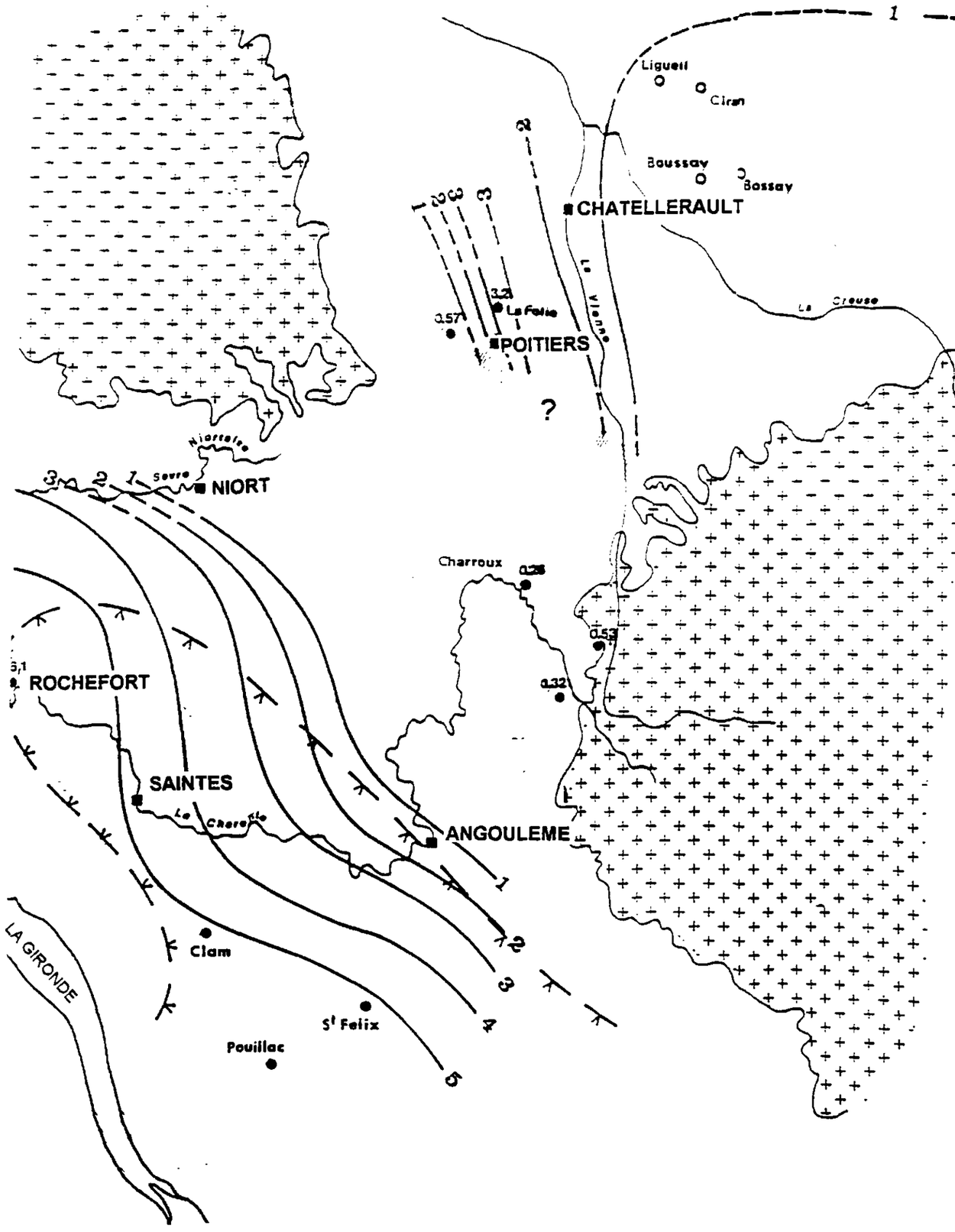
COUPE HYDROGEOLOGIQUE SCHEMATIQUE DU SEUIL DU POITOU



(d'après BRGM, Potentiel en ressources géothermiques de la région Poitou-Charente, rapport 79 SGN 615 POC)

Légende

- Réservoir du Cénomanien
- Réservoir du Dogger
- Réservoir de l'Infra-Lias et du Trias
- Socle



HYDROCHIMIE DE LA NAPPE DU LIAS INFERIEUR ET DU TRIAS

4 — Salinité totale en grammes de sels/litre

● Forage ayant fournis une valeur de salinité

○ Valeur polluée

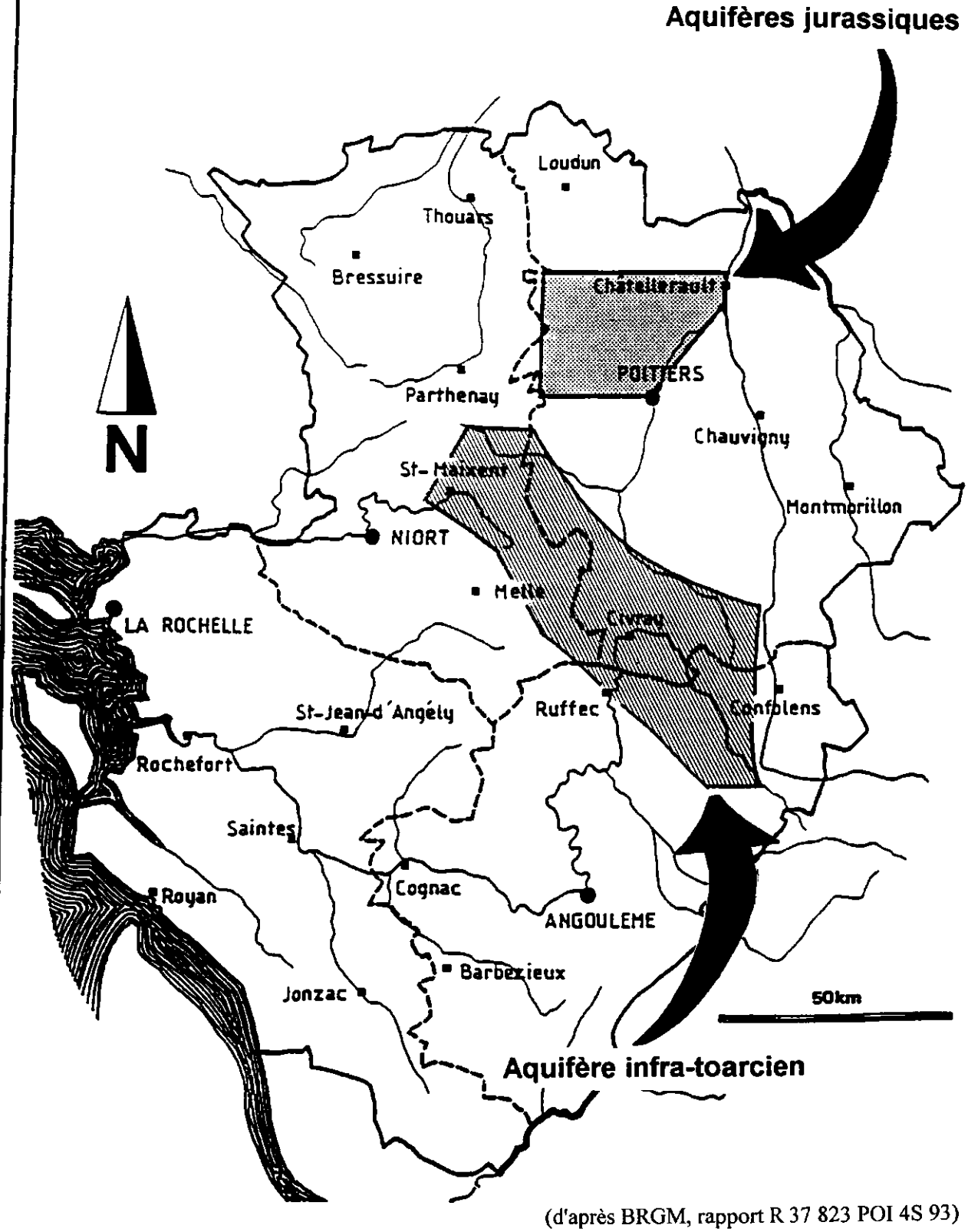
Limite supposée de la zone à anhydrite du lias inférieur

Ligne de partage induite par le seuil Poitevin

Socle

(d'après BRGM, Potentiel en ressources géothermiques de la région Poitou-Charente, rapport 79 SGN 615 POC)

Modélisation des aquifères jurassiques (région de Civray-Vienne)
et
infra-toarcien (région du Neuvillois-Vienne)



(d'après BRGM, rapport R 37 823 POI 4S 93)

ANNEXE 2

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT

DOCUMENT PUBLIC

ressources en eau souterraine protégées dites "d'ultime recours"

phase I
inventaire national

qualité de l'eau : analyses chimiques

octobre 1994

R 38142

BRGM
L'ENTREPRISE AU SERVICE DE LA TERRE

Étude réalisée dans le cadre des actions de service public du BRGM

ANNEXE 2

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT

DOCUMENT PUBLIC

ressources en eau souterraine protégées dites "d'ultime recours"

phase I
inventaire national

---

qualité de l'eau : analyses chimiques

octobre 1994

R 38142

BRGM
L'ENTREPRISE AU SERVICE DE LA TERRE

Étude réalisée dans le cadre des actions de service public du BRGM

BRGM - Centre Thématique EAU
1039 rue de Pinville - 34000 MONTPELLIER - France
Tél : 67.65.81.13 - Télécopie : 67.64.58.51

ANNEXE 2

QUALITE DE L'EAU

ANALYSES CHIMIQUES DE L'EAU DES PRINCIPAUX AQUIFERES PROTEGES

15. MAI 2000

ANNEXE 2

LISTE DES REGIONS CONCERNEES

ALSACE ET LORRAINE
AQUITAINE
BOURGOGNE
CHAMPAGNE - ARDENNE
ILE DE FRANCE
LANGUEDOC - ROUSSILLON
MIDI - PYRENEES
NORD - PAS DE CALAIS, PICARDIE
PROVENCE - ALPES - COTE D'AZUR
RHONE - ALPES
PAYS DE LA LOIRE

ALSACE ET LORRAINE

DIAGRAMME de SCHOELLER-BERKALOFF

NAPPE DE LA PLAINE D'ALSACE (alluvions quaternaires)
S.A. n° 91

Norme (Eau potable)	
Norme (Ressource)	
378 6 27	
413 8 149	
378 8 33	
342 7 7	

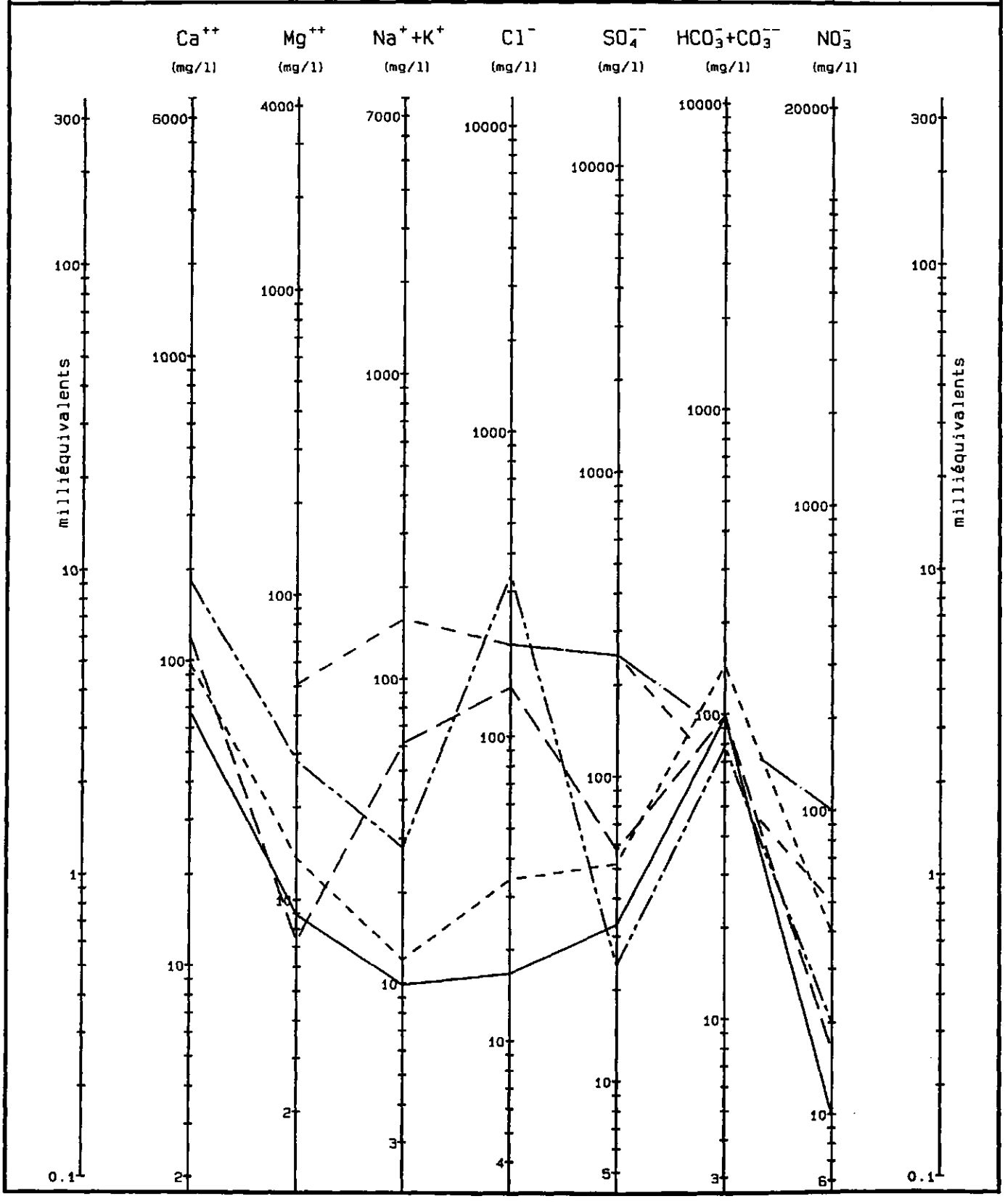


DIAGRAMME de SCHOELLER-BERKALOFF

NAPPE DES MOLASSES ALSACIENNES (Sud de l'Alsace) - S.A. n° 173

Norme (Eau potable)	— — — — —
Norme (Ressource)	——·——·——
476 4 20	——·——·——

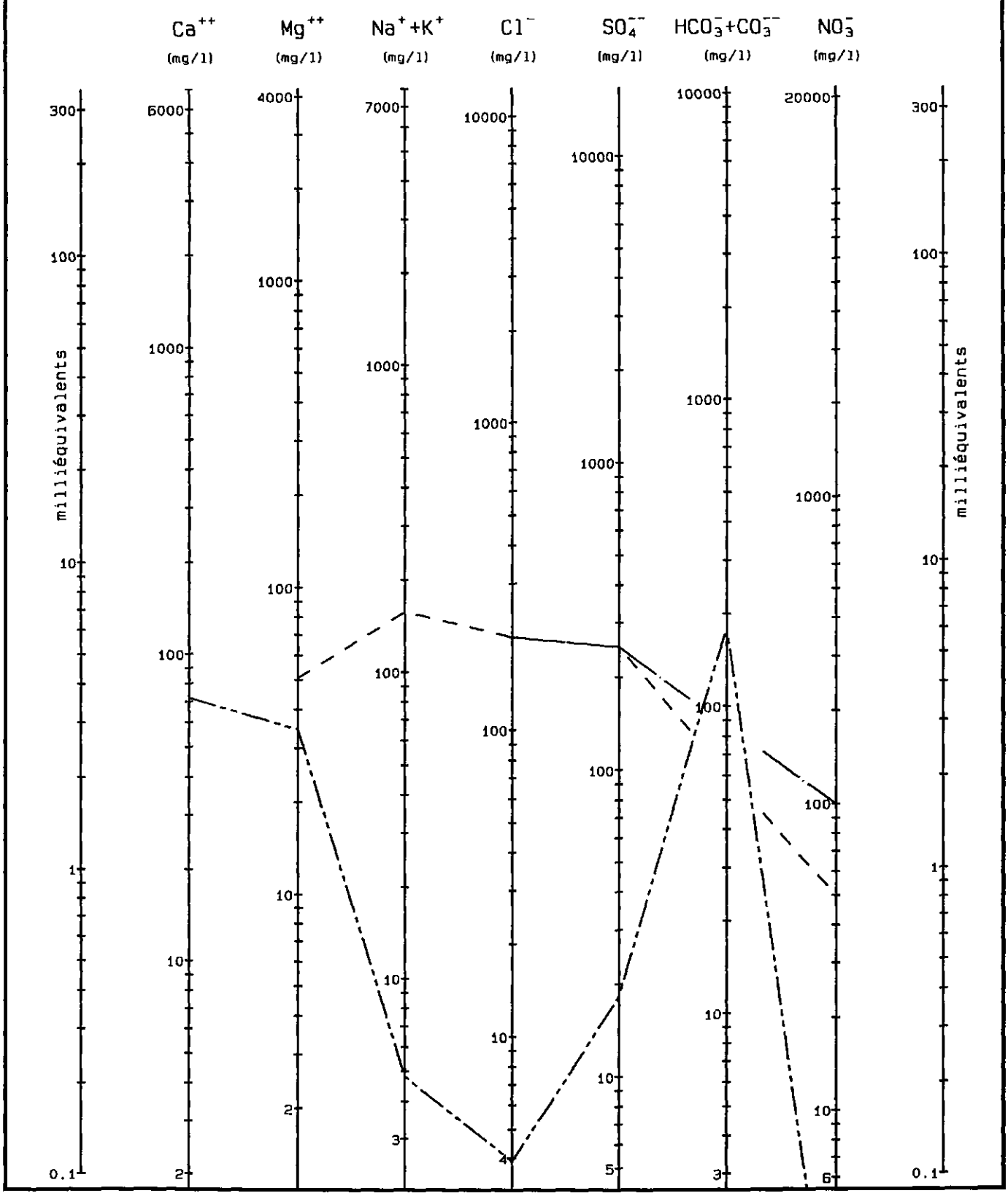


DIAGRAMME de SCHOELLER-BERKALOFF

NAPPE DES ALLUVIONS PLIOCENES DU NORD DE L'ALSACE - S.A. n° 178

Norme (Eau potable)	
Norme (Ressource)	
272 3 460	
308 2 59	
272 2 232	
190 5 2	

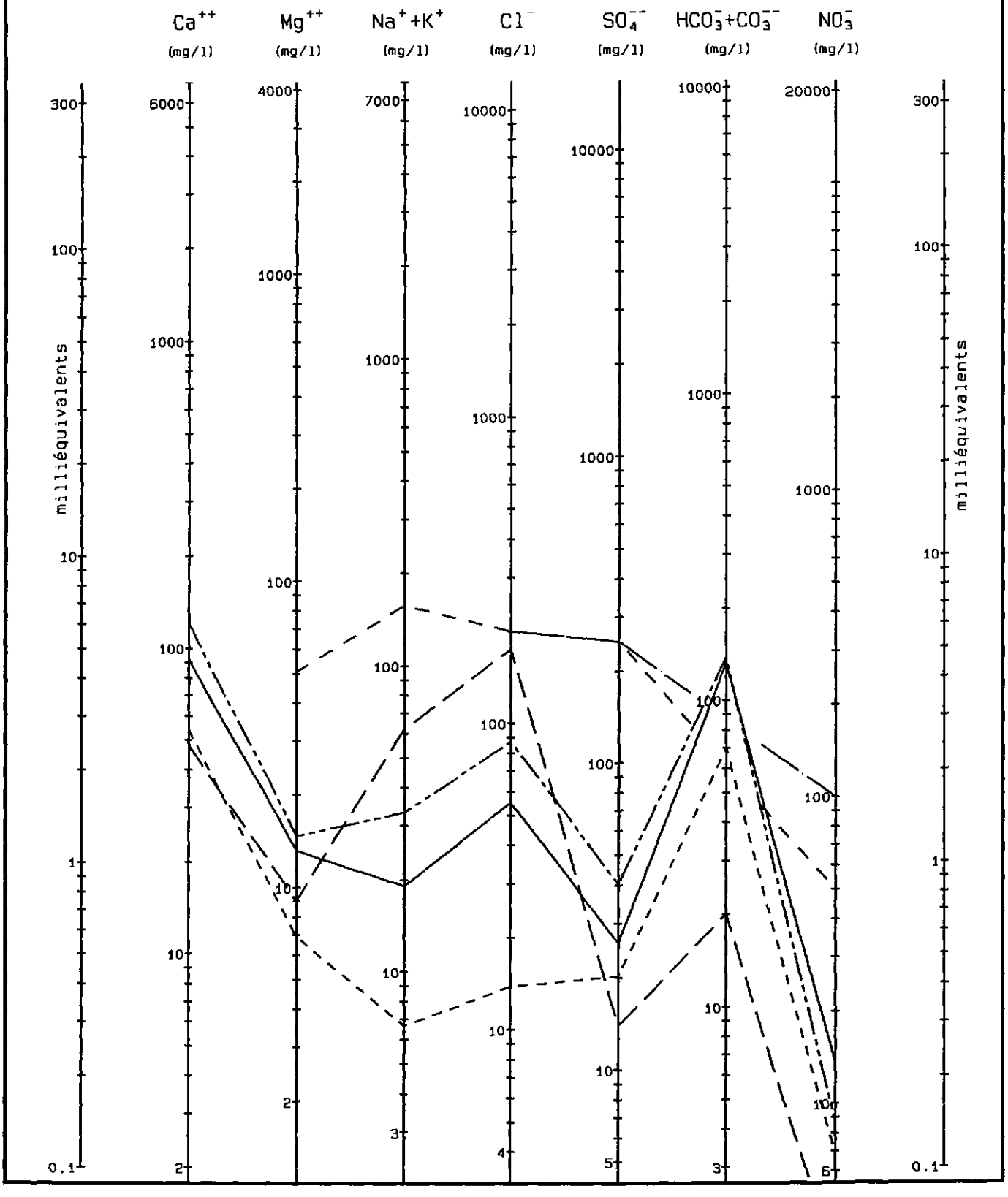


DIAGRAMME de SCHOELLER-BERKALOFF

NAPPE DU JURASSIQUE EN LORRAINE (Oxfordien)

S.A. n° 206

Norme (Eau potable)	— — — —
Norme (Ressource)	—·—·—
162 2 60	—··—··—
192 2 47	———

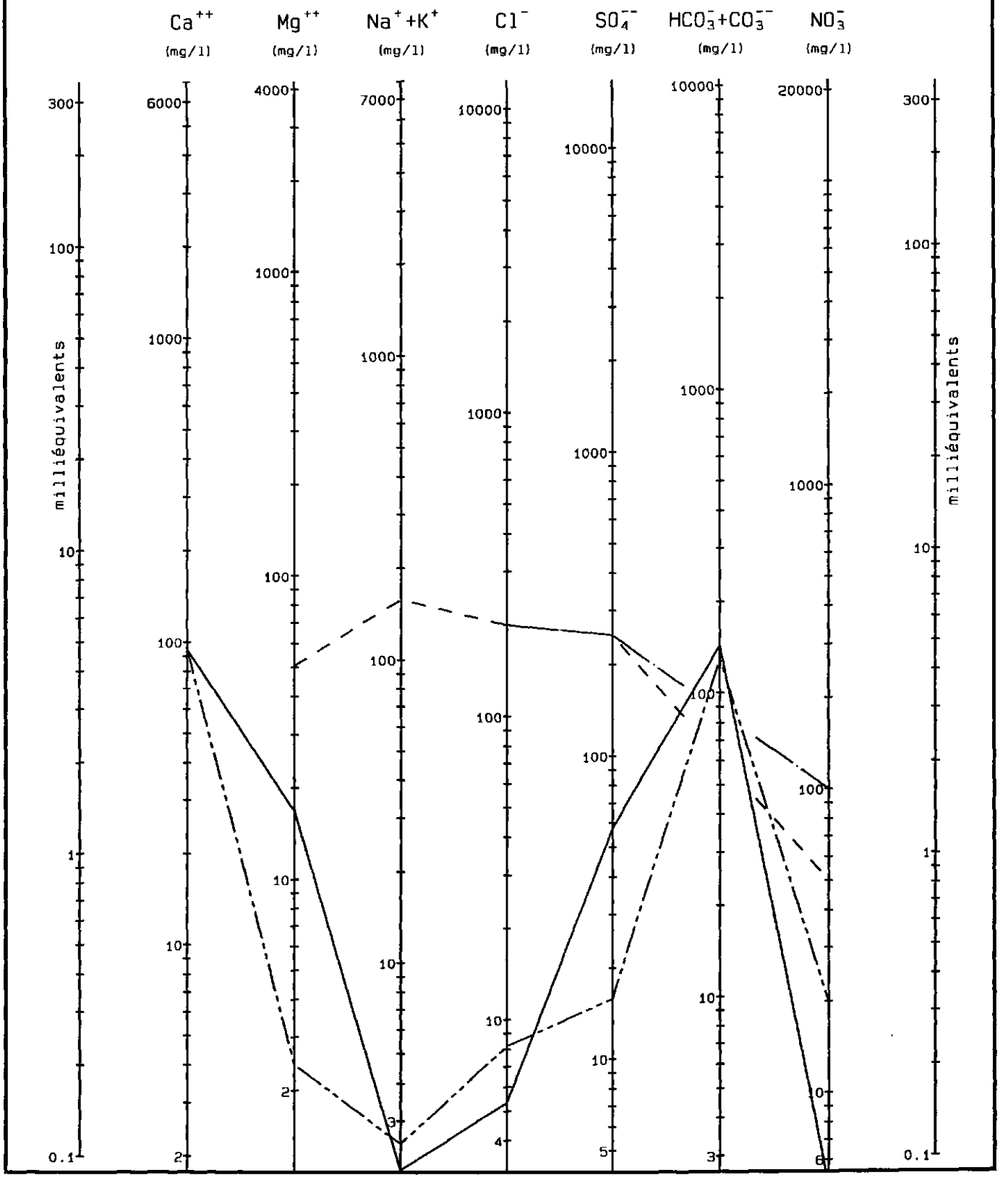


DIAGRAMME de SCHOELLER-BERKALOFF

NAPPE DU JURASSIQUE EN LORRAINE (Dogger)

S.A. n° 207

Norme (Eau potable)	
Norme (Ressource)	
303 1 24	
193 2 36	
163 4 196	

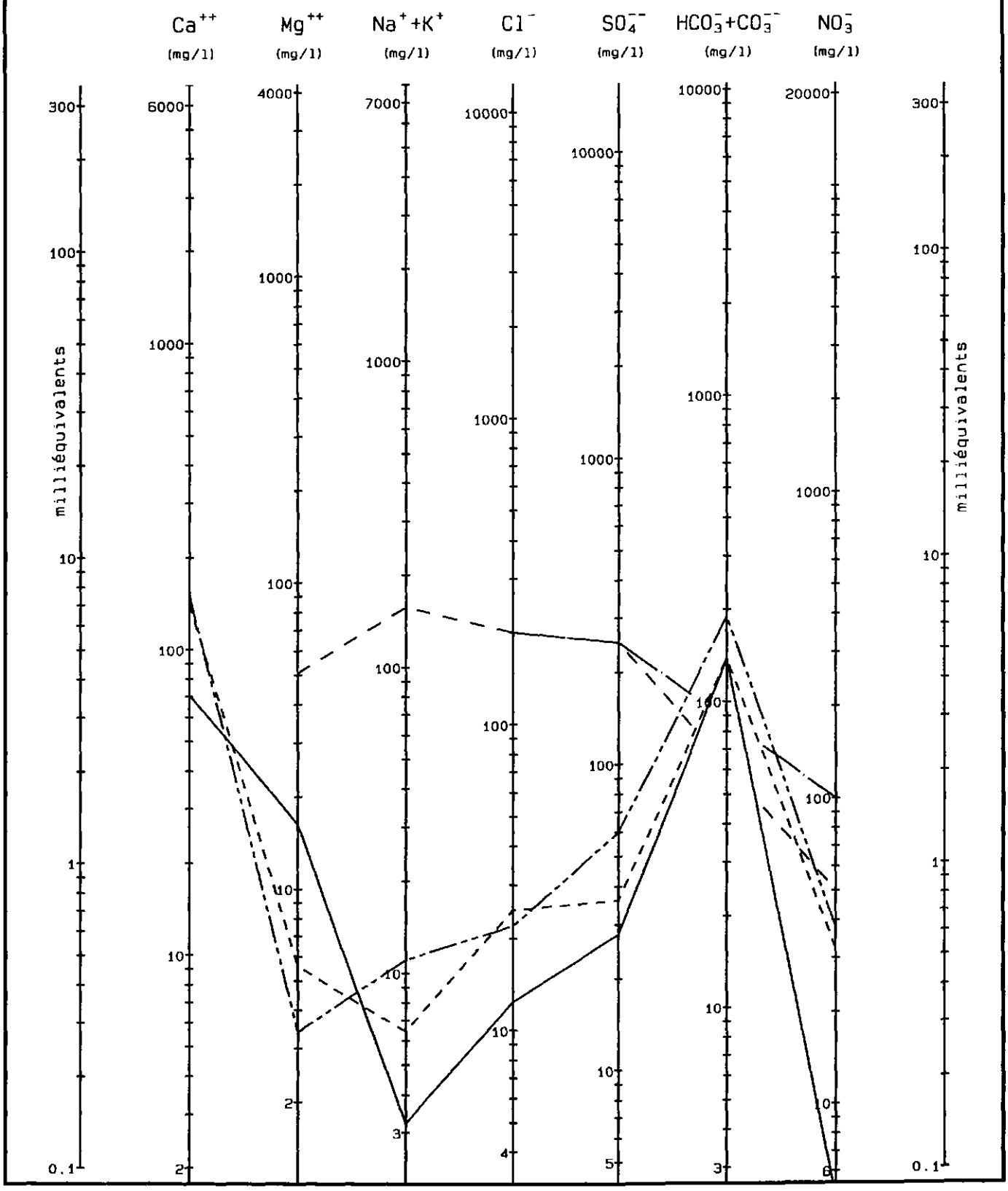


DIAGRAMME de SCHOELLER-BERKALOFF

NAPPE DU JURASSIQUE EN BASSIN RHIN MEUSE
(Hettangien) - S.A. n° 208

Norme (Eau potable)	— — — —
Norme (Ressource)	—— · —— ·
114 1 23	—— - - —— - -

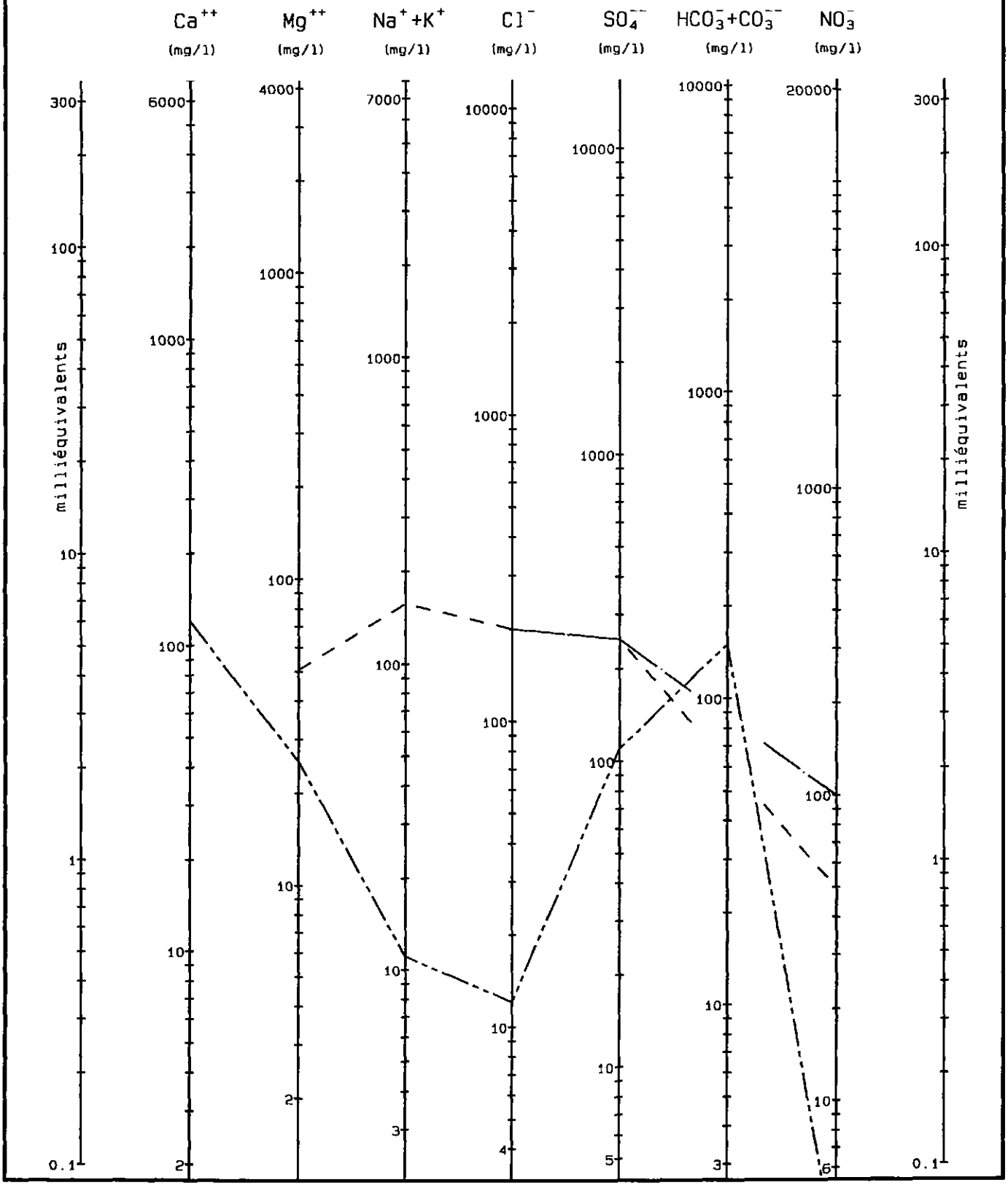


DIAGRAMME de SCHOELLER-BERKALOFF

NAPPE DU JURASSIQUE EN BASSIN RHIN MEUSE
(Rhetien) - S.A. n° 209

Norme (Eau potable)	- - - - -
Norme (Ressource)	—·—·—
138 4 29	—·--·--·

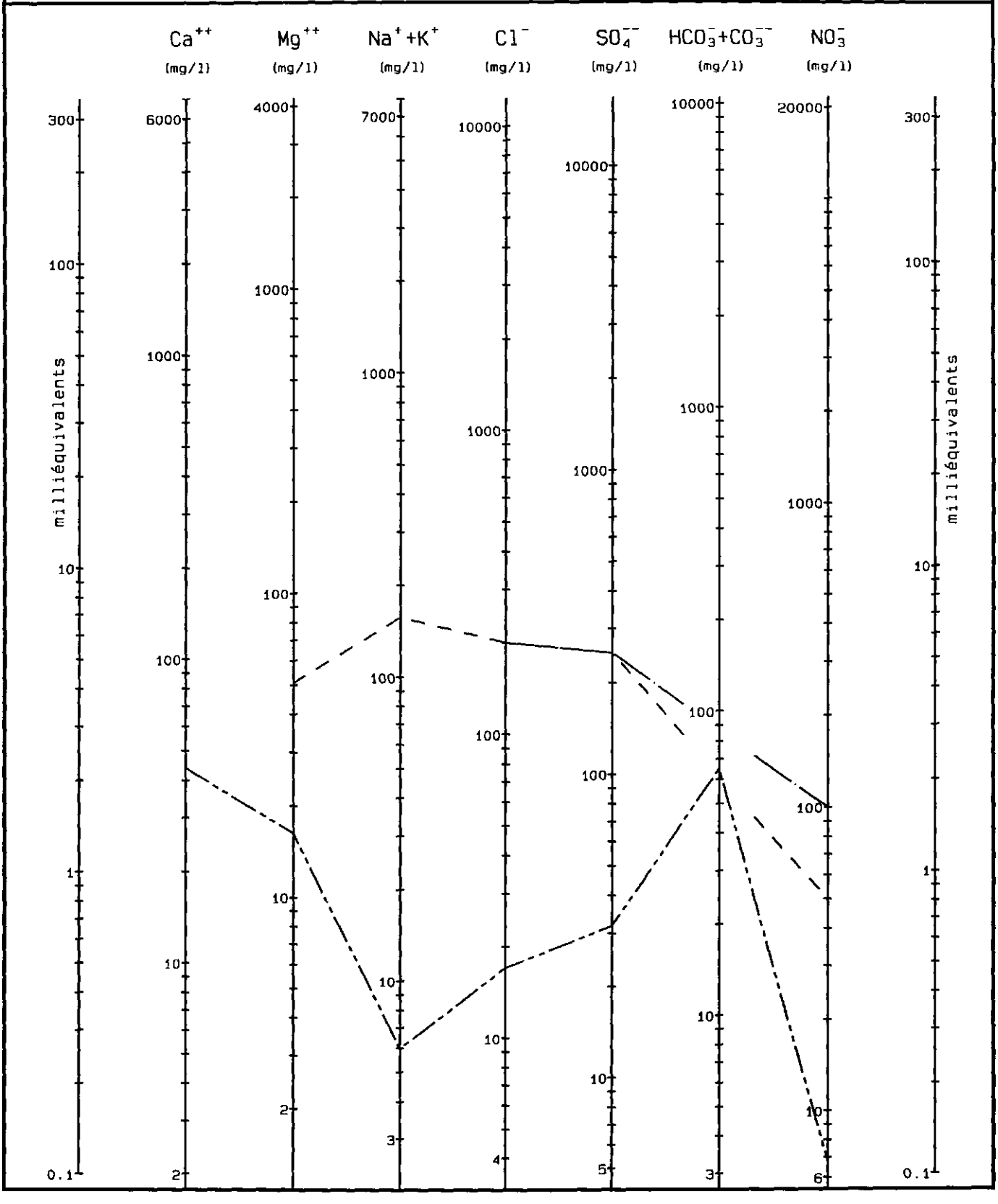


DIAGRAMME de SCHOELLER-BERKALOFF

NAPPE DES GRES INFRATRIASIQUES
S.A. n° 210

Norme (Eau potable)	— — — — ·
Norme (Ressource)	—·—·—
232 2 19	—··—··—
233 5 29	————
165 3 104	- - - - - - -

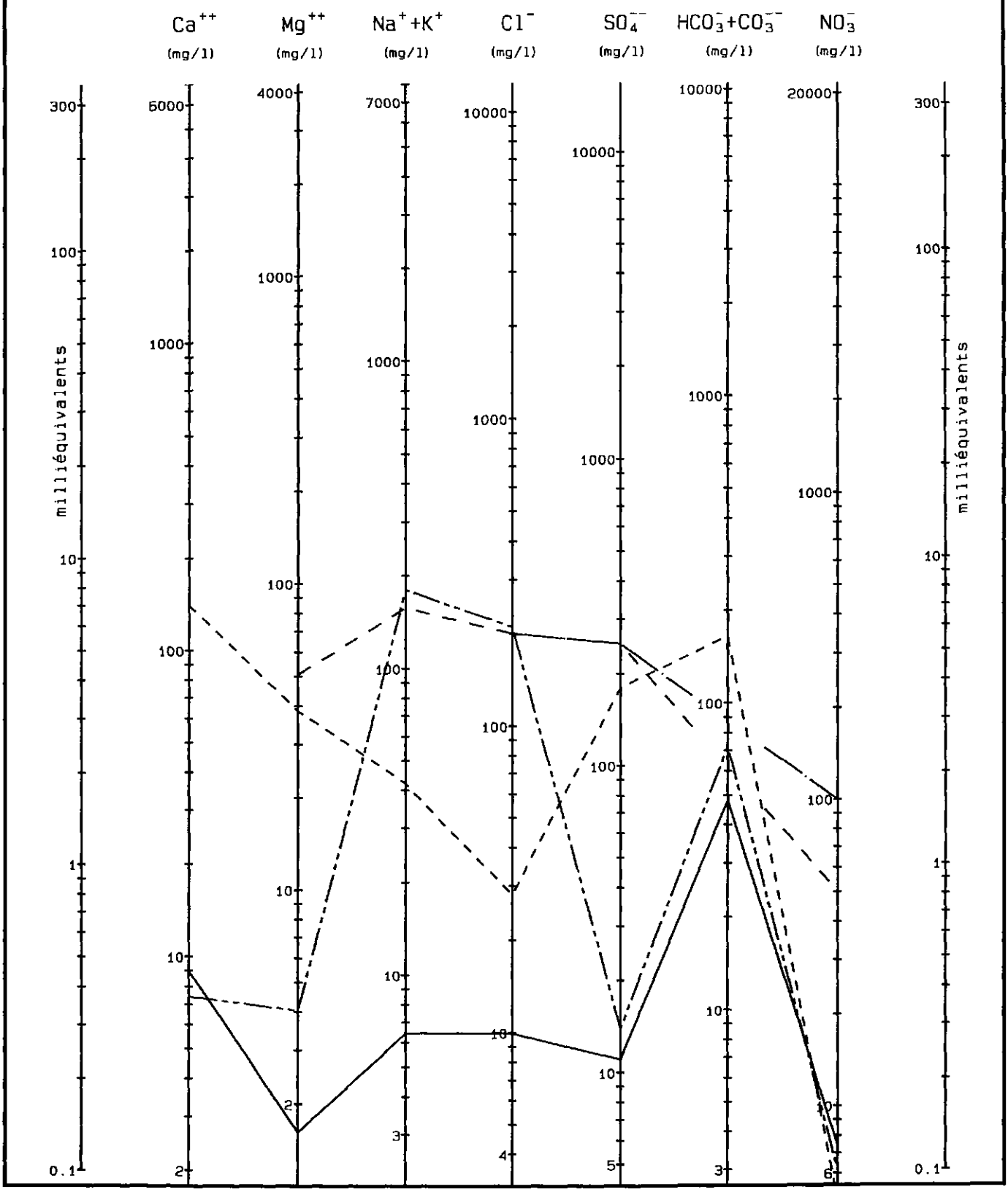


DIAGRAMME de SCHOELLER-BERKALOFF

NAPPE DES GRES VOSGIENS (TRIAS)
S.A. n° 210

Norme (Eau potable)	
Norme (Ressource)	
Faulquemont	
Sarrebourg	
Trois Fontaines	
Moussey	

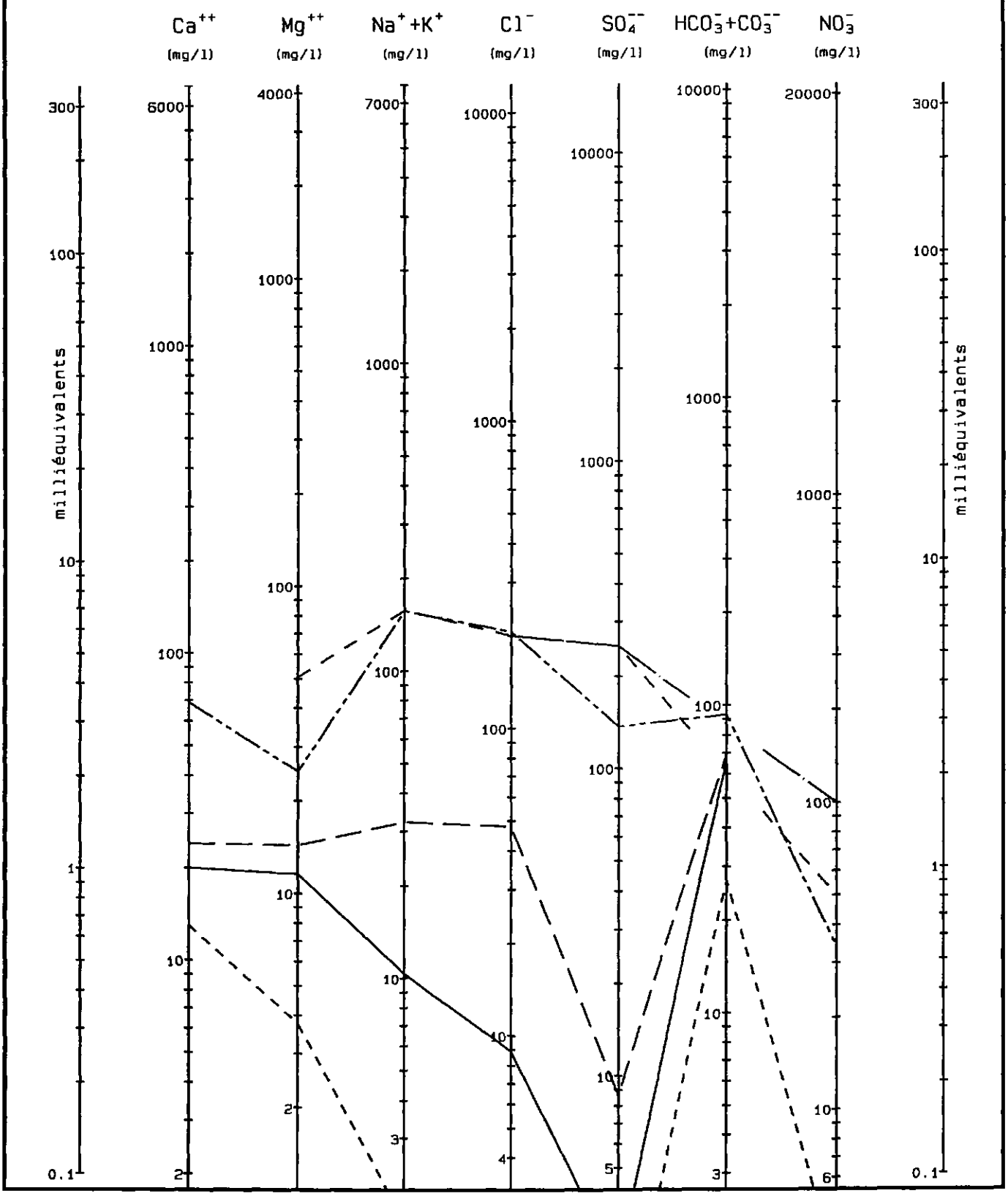


DIAGRAMME de SCHOELLER-BERKALOFF

ETM (Muchelkalk & grès infratriasique)
S.A. n° 210

Norme (Eau potable)	— — — — ·
Norme (Ressource)	——·——··
VITTEL Sce Hépar	—··—··—
VALVERT	————
WATWILLER Sce Arsène	- - - - - - -

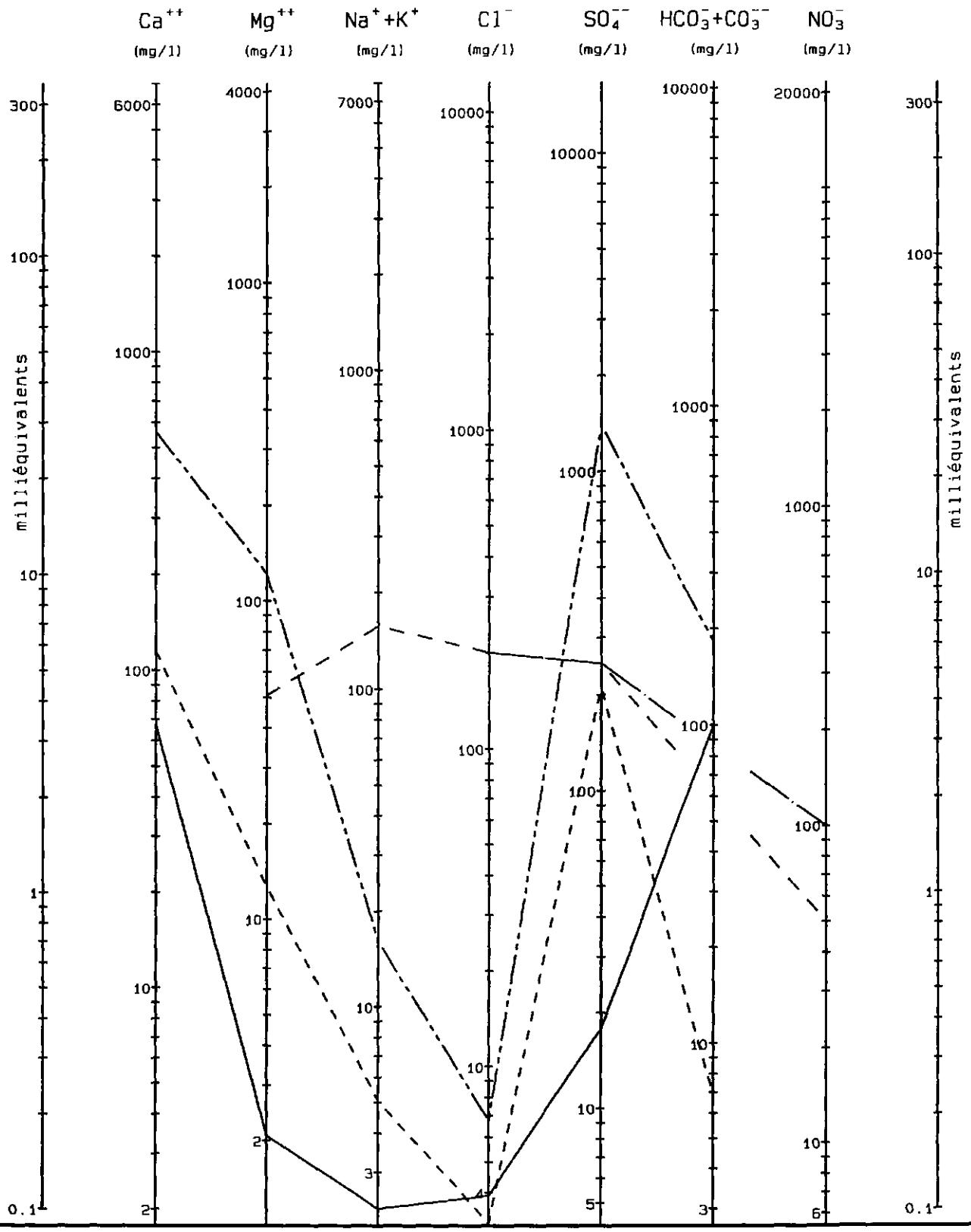


DIAGRAMME de SCHOELLER-BERKALOFF

NAPPE DU JURASSIQUE EN BASSIN RHIN MEUSE
(Muschelkalk) - S.A. n° 210

Norme (Eau potable)	
Norme (Ressource)	
114 3 31	
196 7 2	

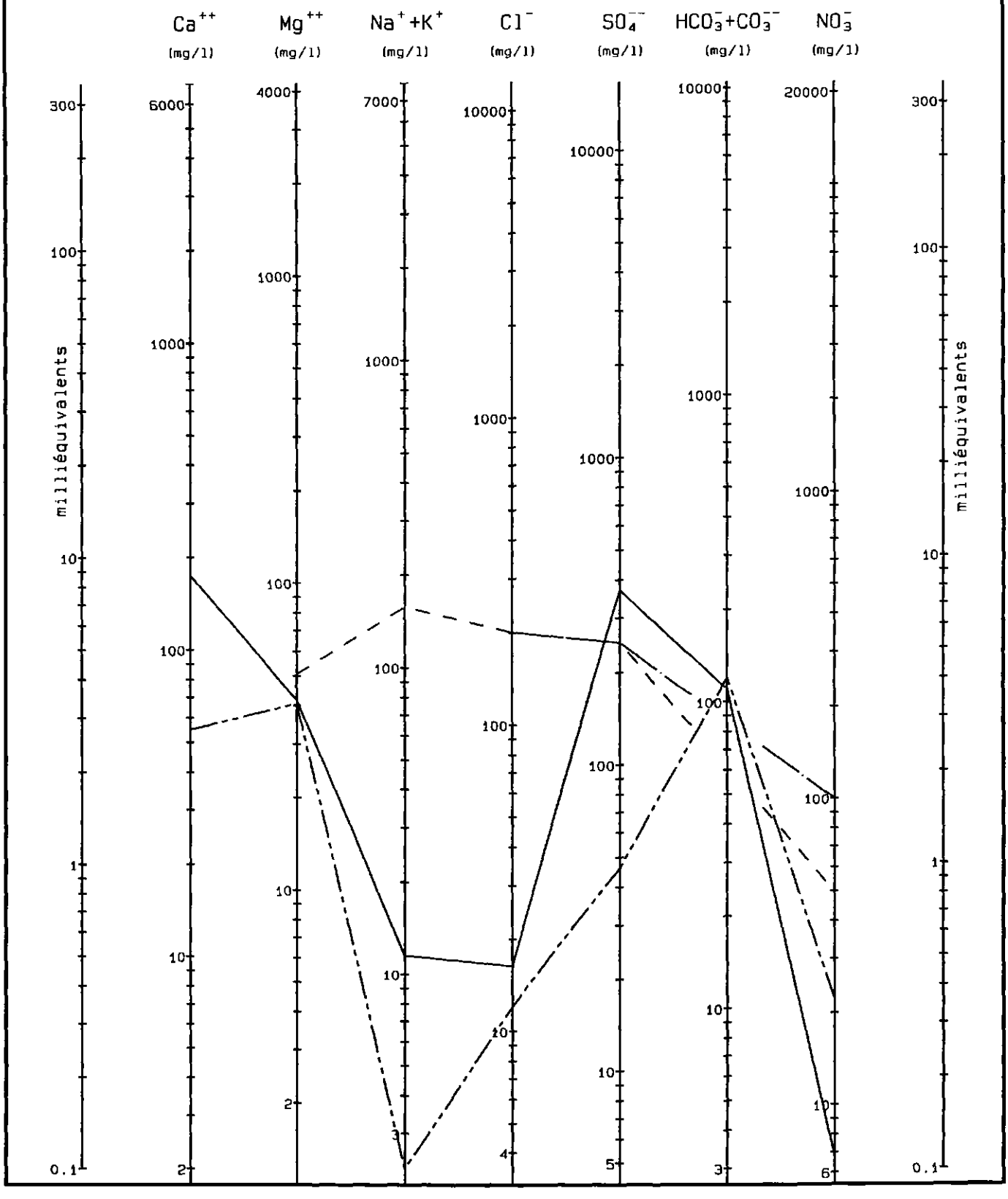


DIAGRAMME de SCHOELLER-BERKALOFF

NAPPE DES GRES VOSGIENS

S.A. n° 210

Norme (Eau potable)	- - - - -
Norme (Ressource)	——·——·——
168 3 036	——··—··——
271 7 058	————————
SAVERNE	- - - - - -

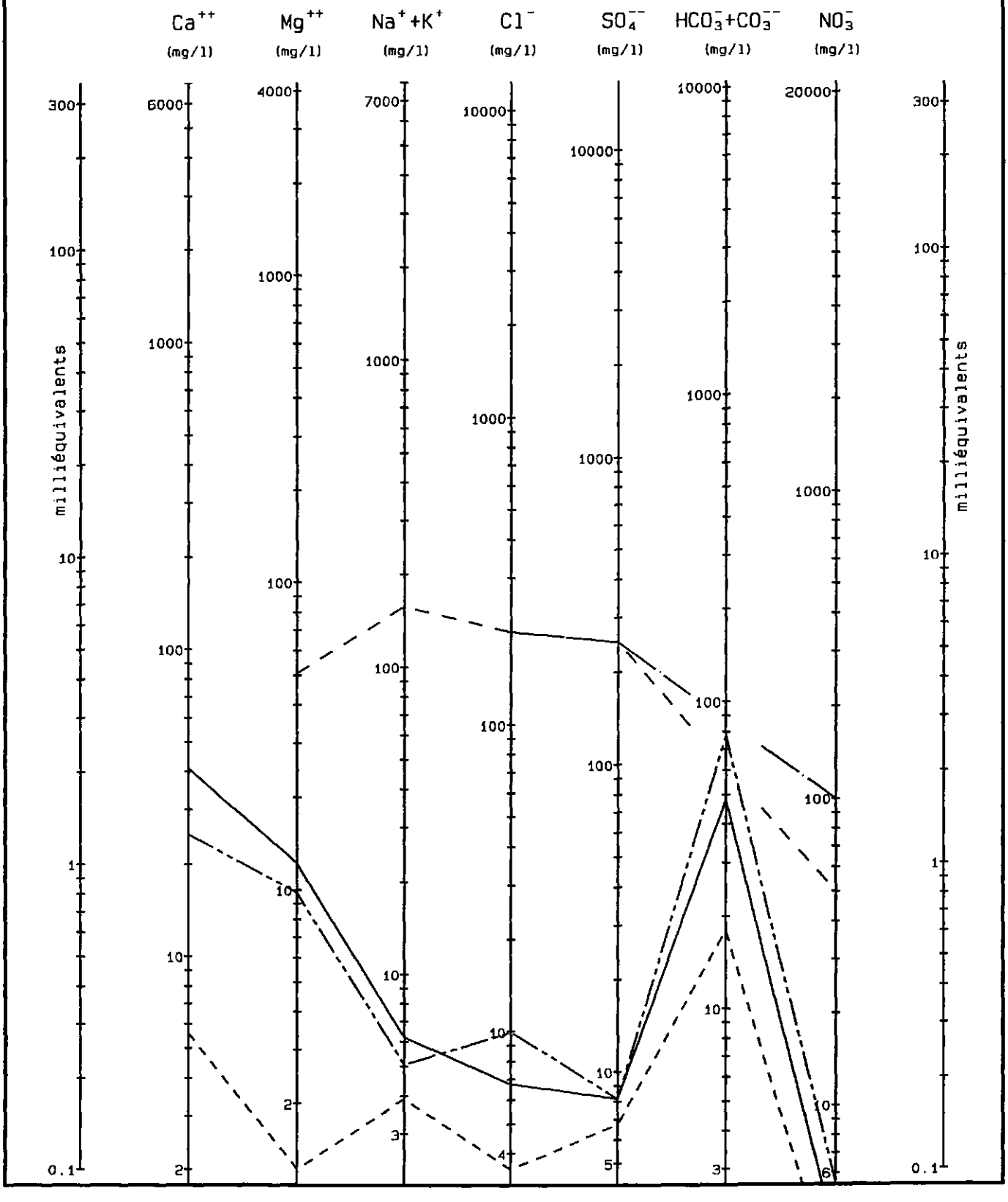
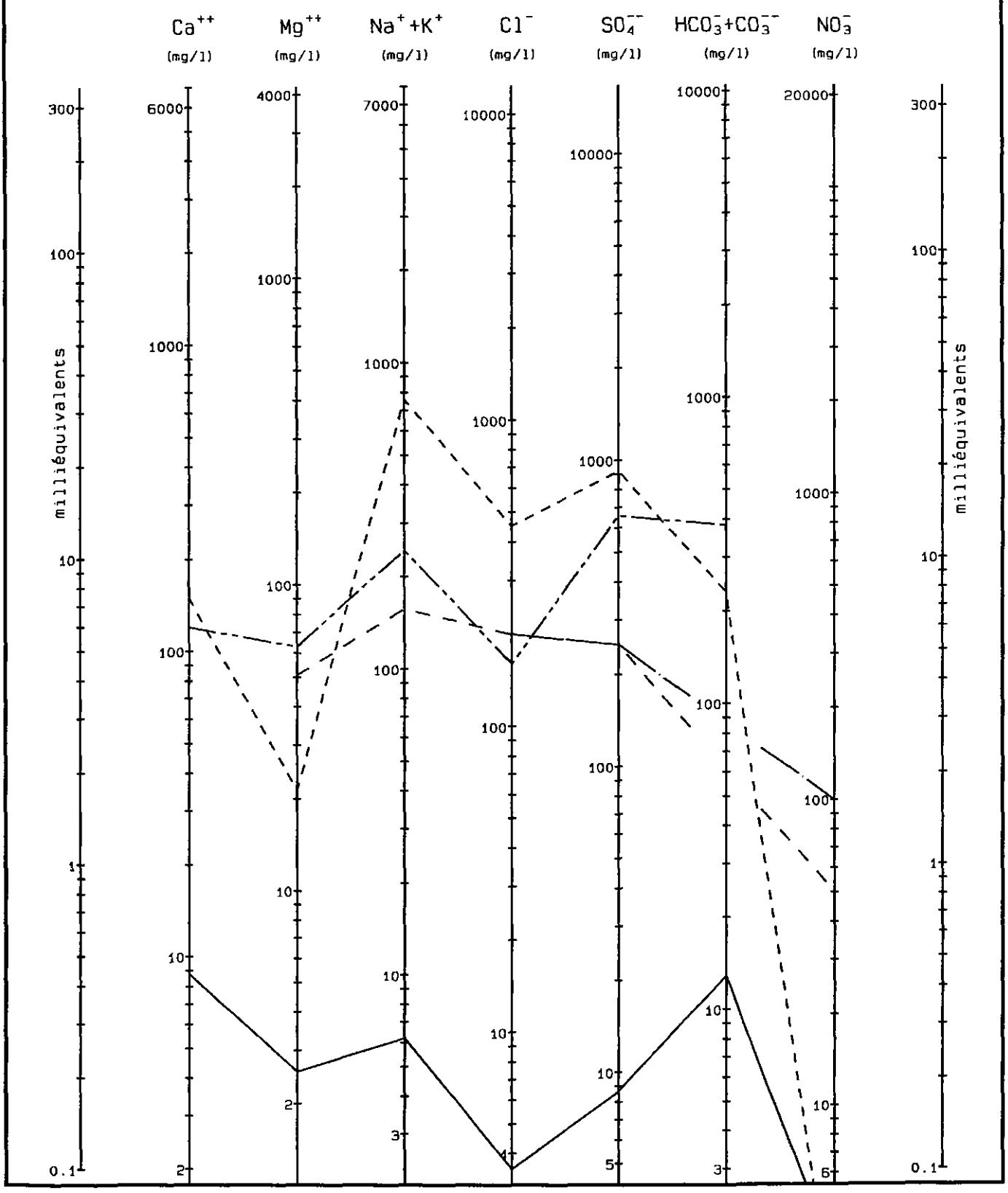


DIAGRAMME de SCHOELLER-BERKALOFF

ETM - grès & calcaires sous vosgien d'Alsace

S.A. n° 533

Norme (Eau potable)	
Norme (Ressource)	
CAROLA	
CELTIQUE	
RIBEAUVILLE	



AQUITAINE

DIAGRAMME de SCHOELLER-BERKALOFF

NAPPES DE L'EOCENE SUPERIEUR
S.A. n° 214

Norme (Eau potable)	
Norme (Ressource)	
827 2 506 Bègles Esso	
730 5 47 Grayan	
804 2 49 Libourne	

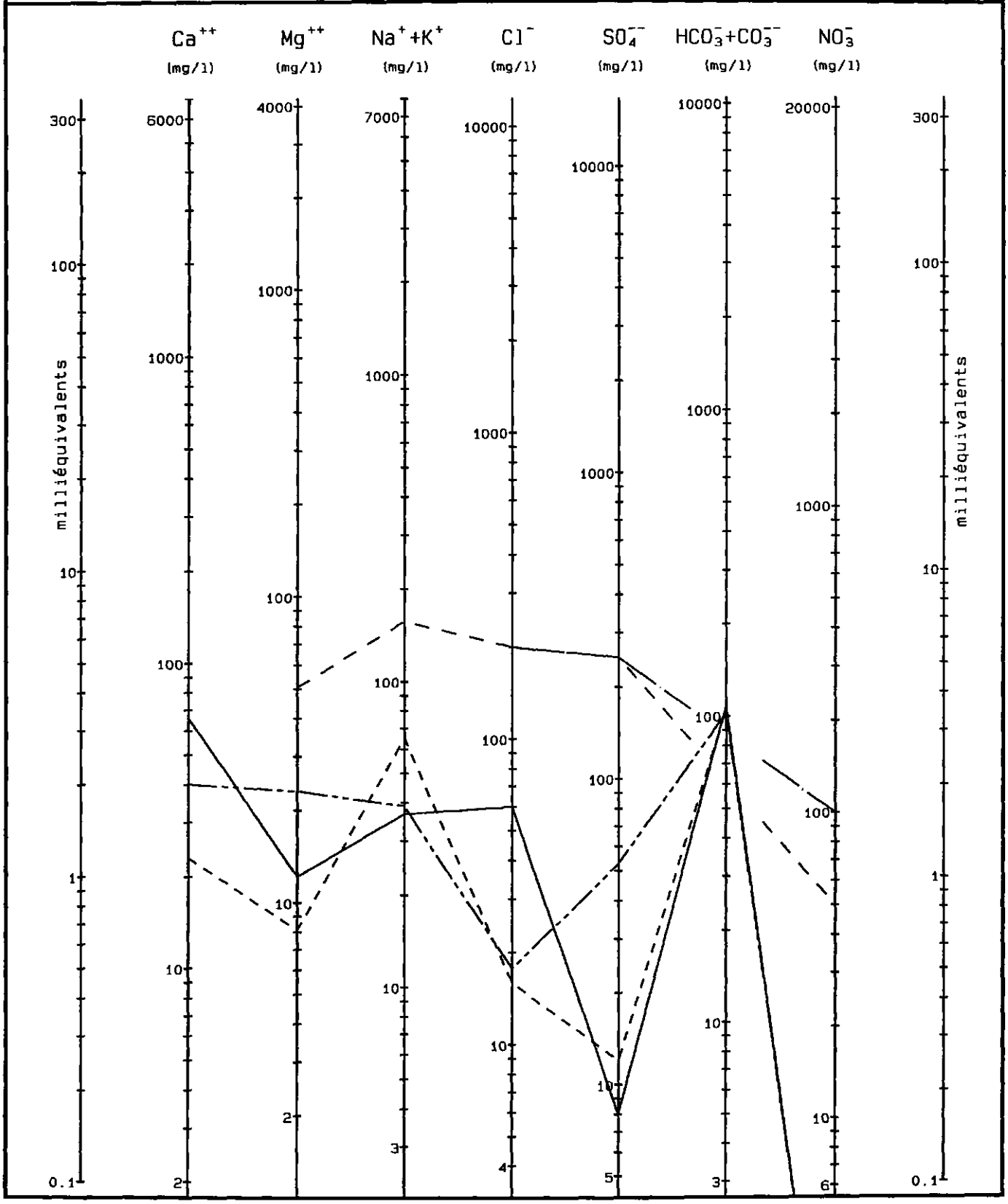


DIAGRAMME de SCHOELLER-BERKALOFF

NAPPES DE LA BASE DU CRETACE SUPERIEUR
S.A. n° 215

Norme (Eau potable)	
Norme (Ressource)	
827 1 255	
803 6 654	
706 3 1 Verdon	
750 5 22	

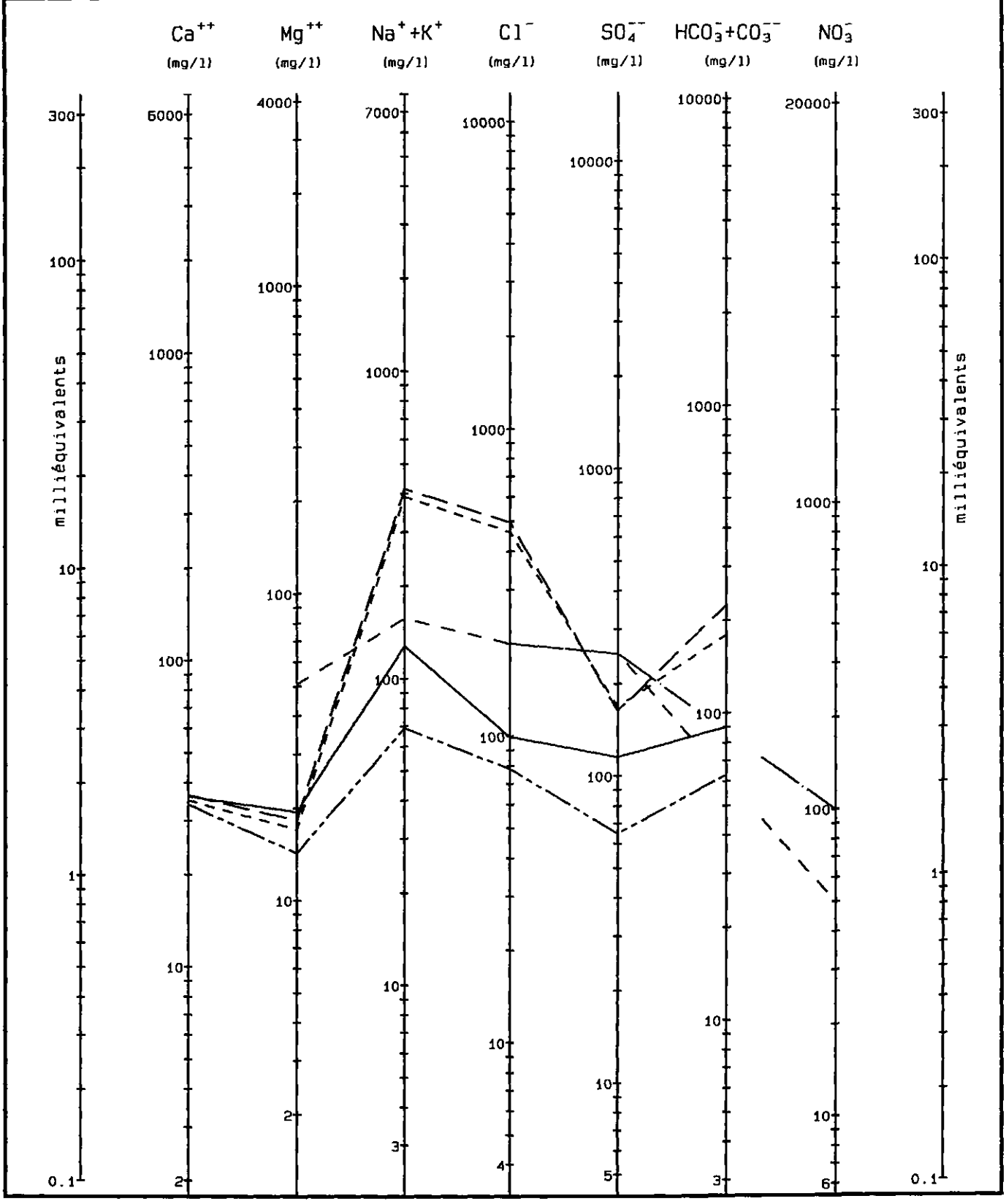


DIAGRAMME de SCHOELLER-BERKALOFF

NAPPES DU SOMMET DU CRETACE SUPERIEUR

S.A. n° 231

Norme (Eau potable)	- - - - - -
Norme (Ressource)	——·——·——
827 7 223 St Selve	——··——
852 1 238 Cerons	————
852 5 29 Sauternes	- - - - - -

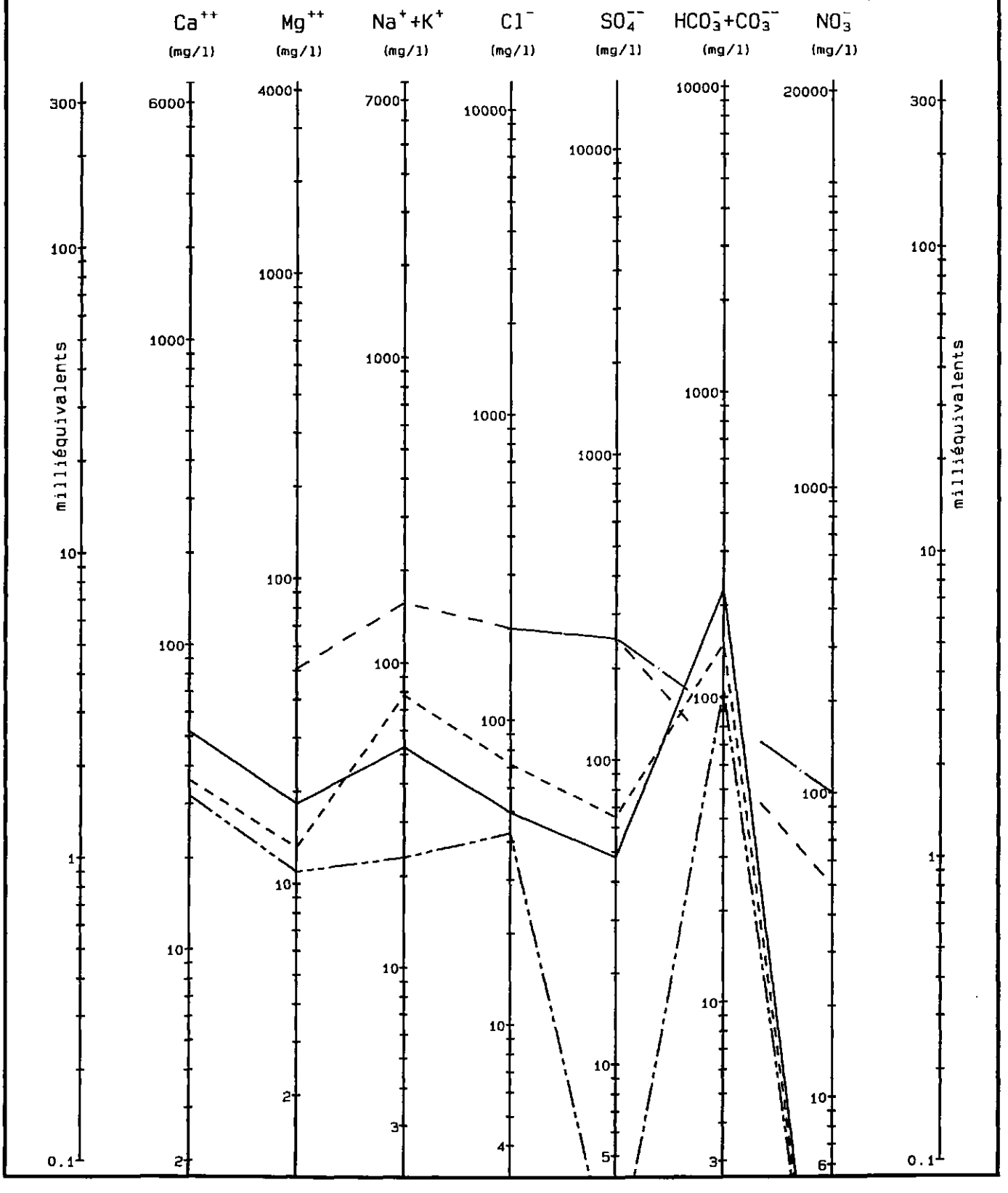


DIAGRAMME de SCHOELLER-BERKALOFF

NAPPE DU SOMMET DU CRETACE SUPERIEUR
S.A. n° 231

Norme (Eau potable)	– – – – –
Norme (Ressource)	——·——·——
755 5 30 Fge A EDF	——··——··——
755 5 70 Fge C EDF	————————
849 4 56 Fge Hume 1	– – – – – – –
850 1 4 Fge Teich	—— —— ——

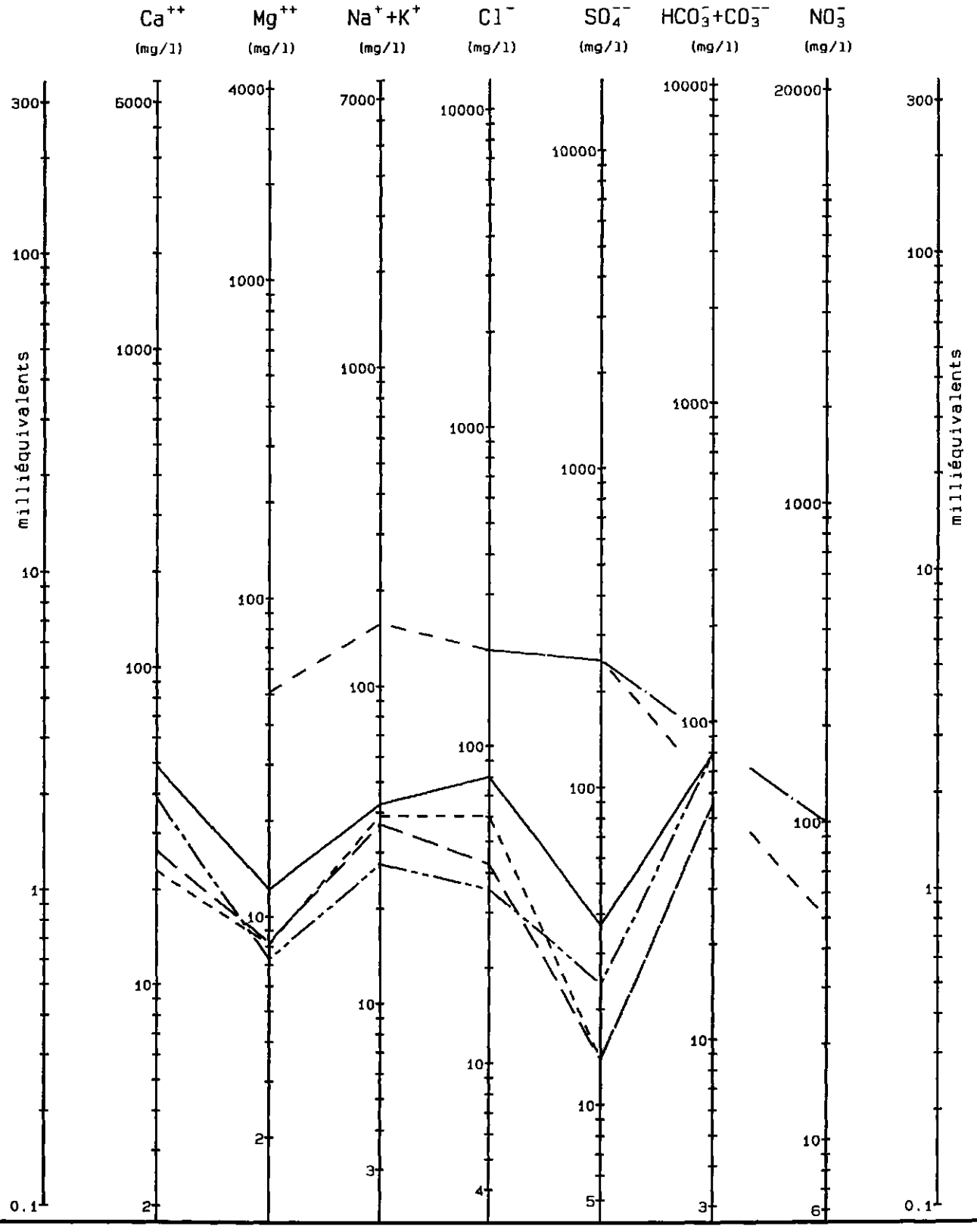


DIAGRAMME de SCHOELLER-BERKALOFF

NAPPES DU LIAS DE DORDOGNE

S.A. n° 232

Norme (Eau potable)	
Norme (Ressource)	
735 7X 0002	

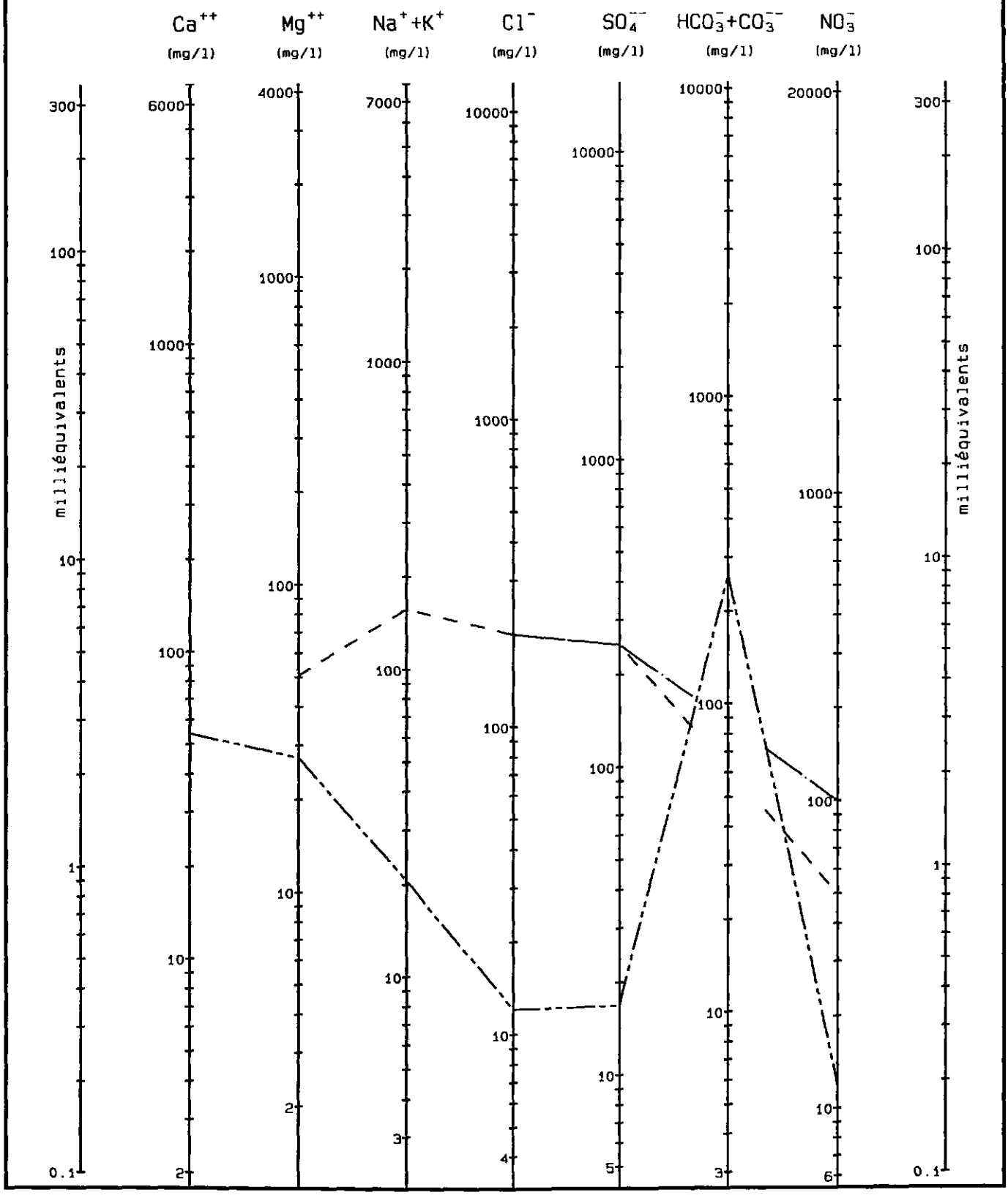


DIAGRAMME de SCHOELLER-BERKALOFF

NAPPES DU PLIO-QUATERNAIRE
S.A. n° 234

Norme (Eau potable)	
Norme (Ressource)	
849 4 1 La Teste	
729 8 33 Grayan	
803 2 193 Blanquefort	
805 5 4 Pessac/Dordo.	

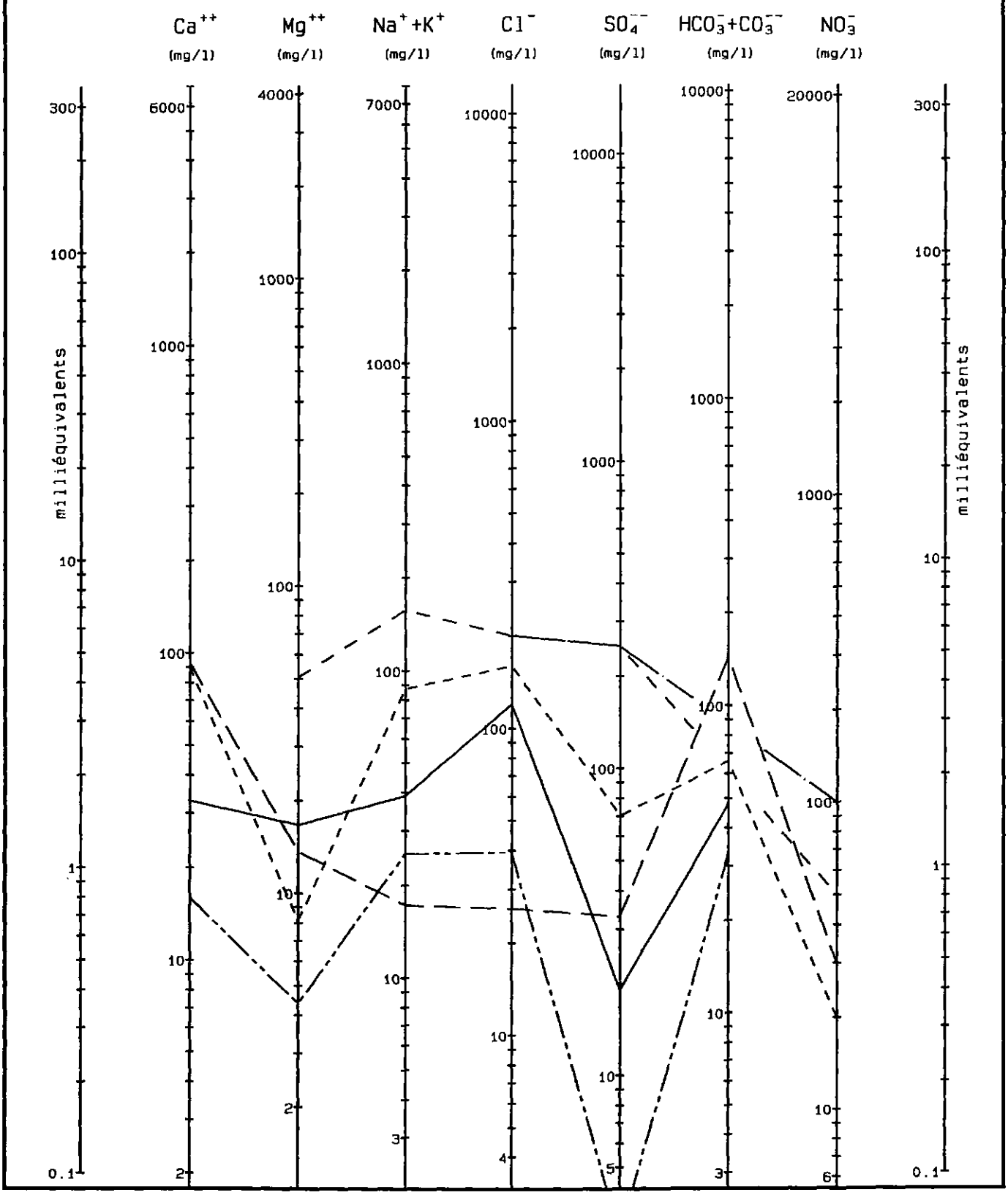


DIAGRAMME de SCHOELLER-BERKALOFF

NAPPES DU MIOCENE DE GIRONDE

S.A. n° 235

Norme (Eau potable)	— — — — ·
Norme (Ressource)	——·——··
802 8 6 St Médard	—··—··—
852 8 68 Savignac	————

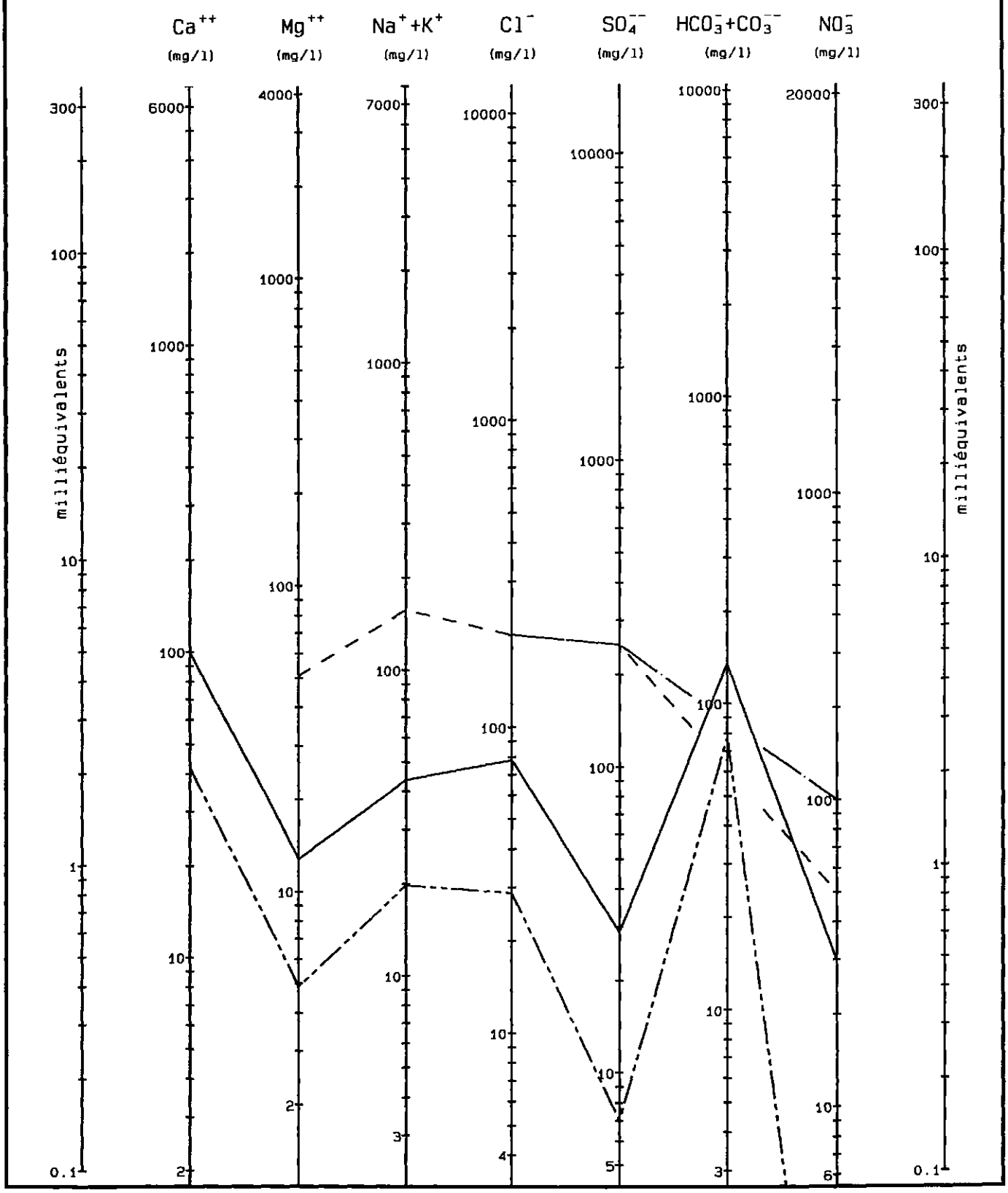
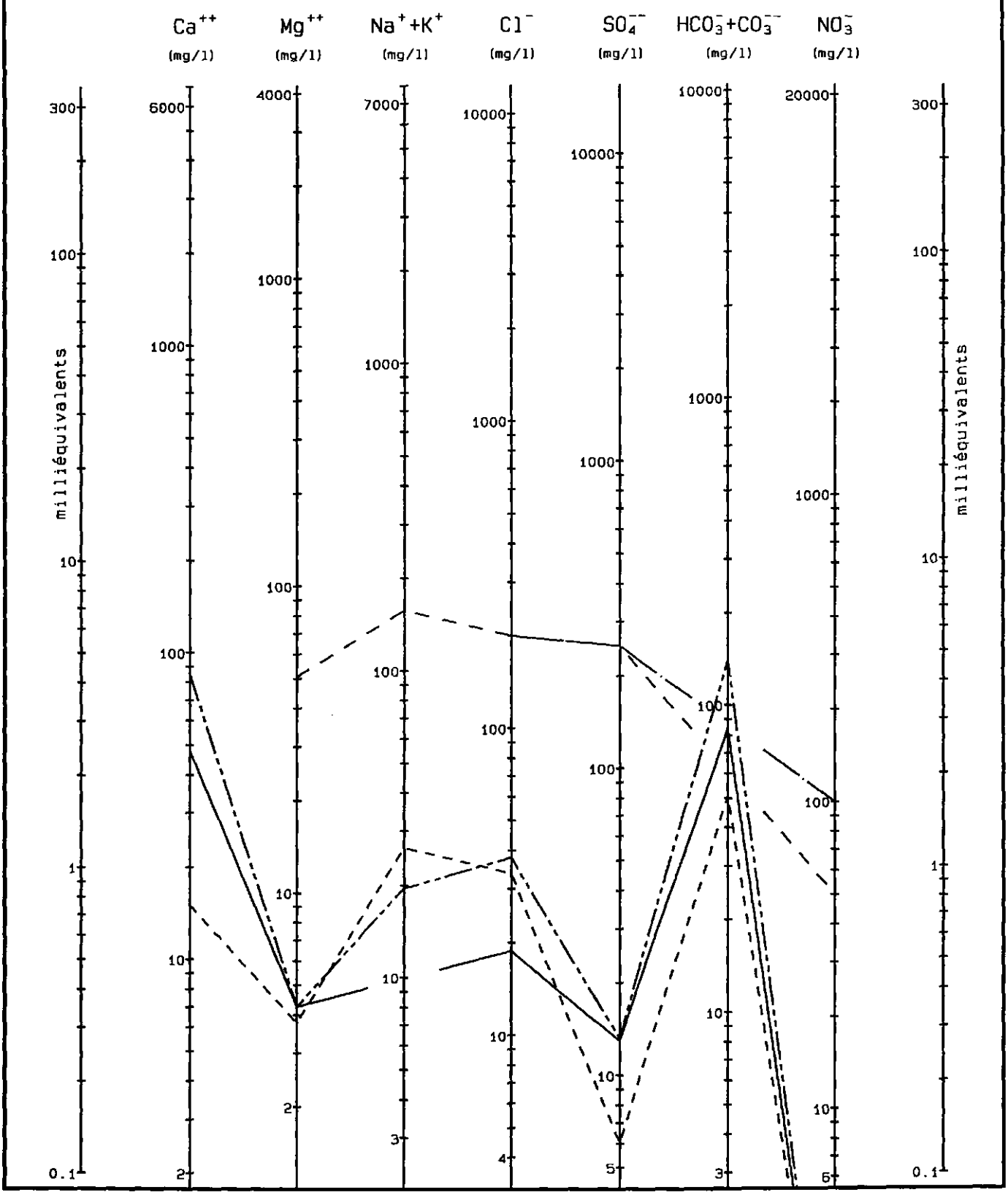


DIAGRAMME de SCHOELLER-BERKALOFF

NAPPES DU MIOCENE DE GIRONDE

S.A. n° 235

Norme (Eau potable)	
Norme (Ressource)	
805 5 312 Le Haillan	
826 8 26 Le Barp	
849 8 53 La Teste	



BOURGOGNE

DIAGRAMME de SCHOELLER-BERKALOFF

NAPPE DES ALLUVIONS QUATERNAIRES

S.A. n° 104

Norme (Eau potable)	— — — — —
Norme (Ressource)	——·——·——
554 5X 0005 COSME	——··——··——

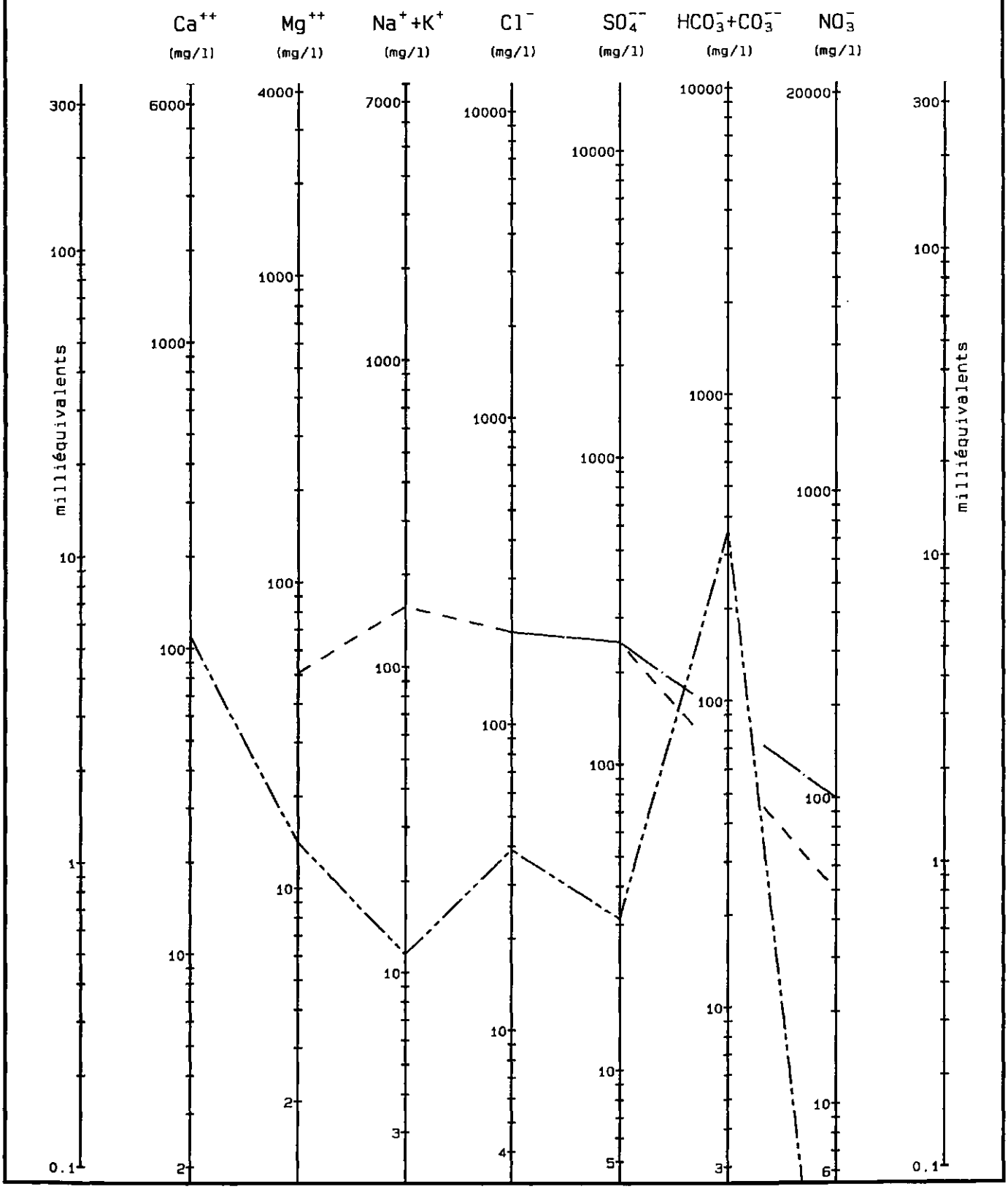


DIAGRAMME de SCHOELLER-BERKALOFF

BRGM

NAPPE DES ALLUVIONS QUATERNAIRES (Bresse Chalonnaise/ St Cosme) - S.A. n° 174

Norme (Eau potable)	– – – –
Norme (Ressource)	—·—··
553 7X 0075 COSME	—·-·-·-

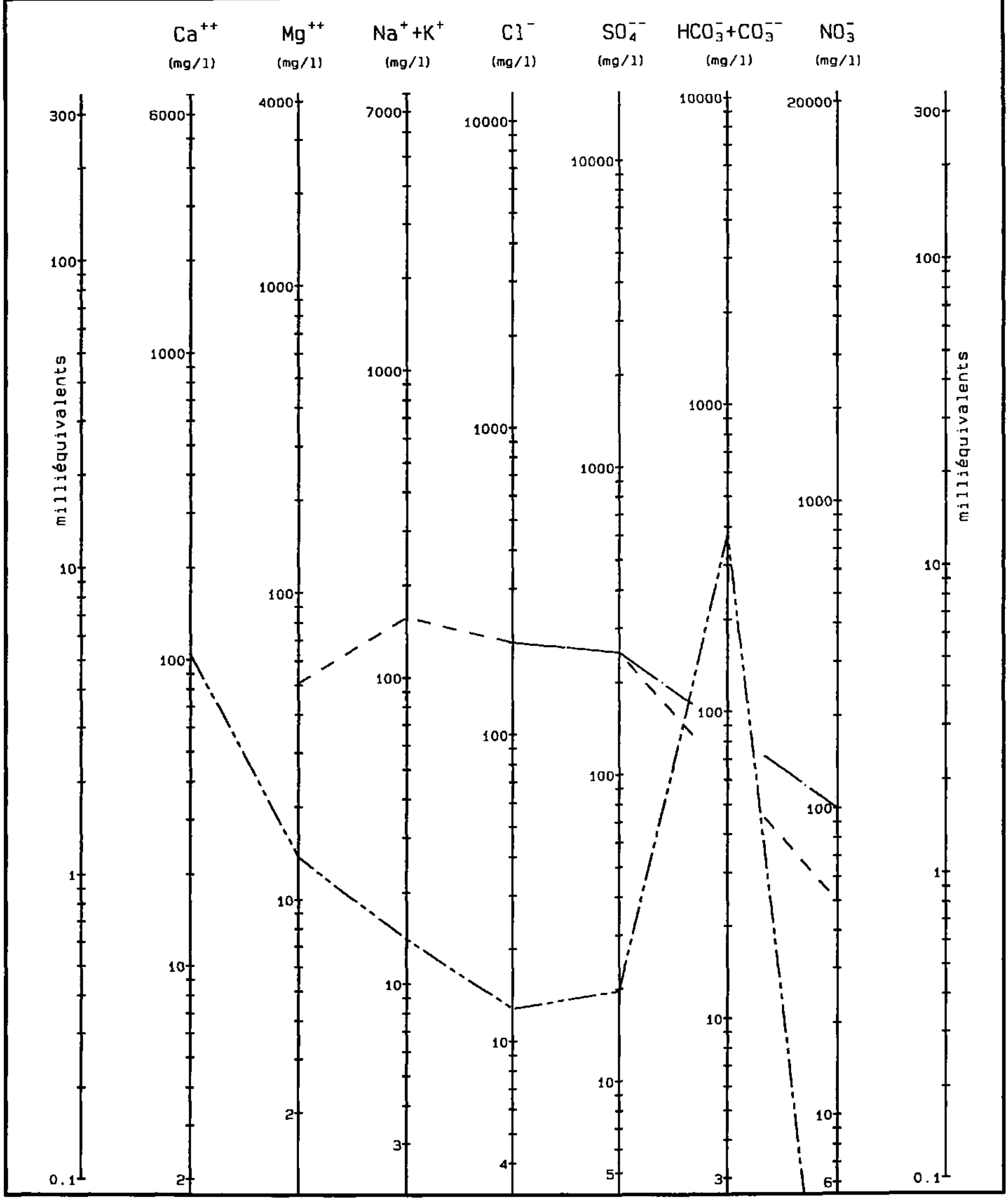


DIAGRAMME de SCHOELLER-BERKALOFF

NAPPE DES SABLES DU BOURBONNAIS/LIMAGNE
S.A. n° 206

Norme (Eau potable)	— — — — —
Norme (Ressource)	——·——·——
600 6X 0024 BOURBO	——·——·——

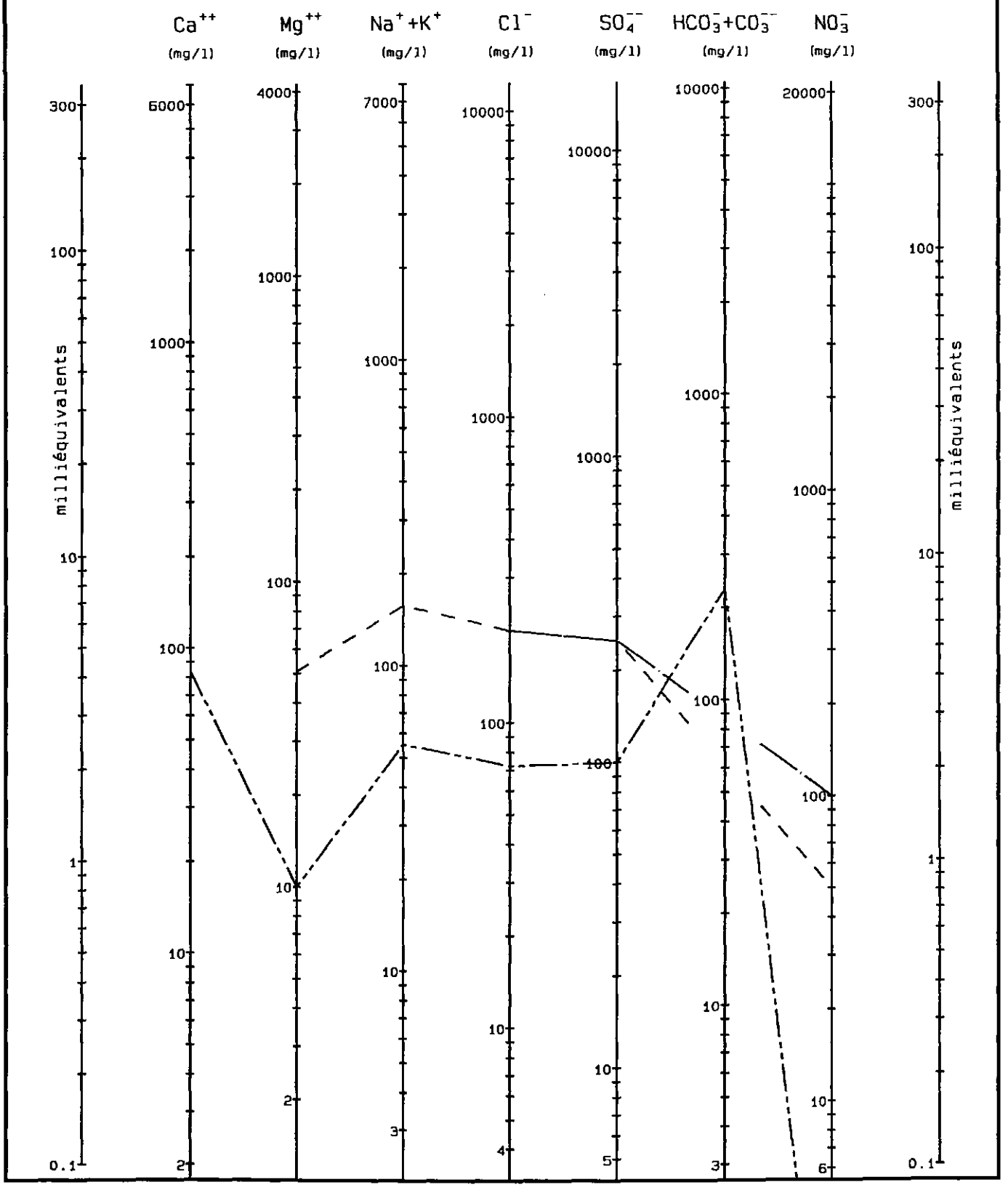


DIAGRAMME de SCHOELLER-BERKALOFF

NAPPE DU JURASSIQUE SUP. DU BASSIN PARISIEN
(Calcaires du Barrois) - S.A. n° 206

Norme (Eau potable)	- - - - -
Norme (Ressource)	——·——
367 3X 0008 ALBIEN	——·——
402 3X 0028 ALBIEN	———

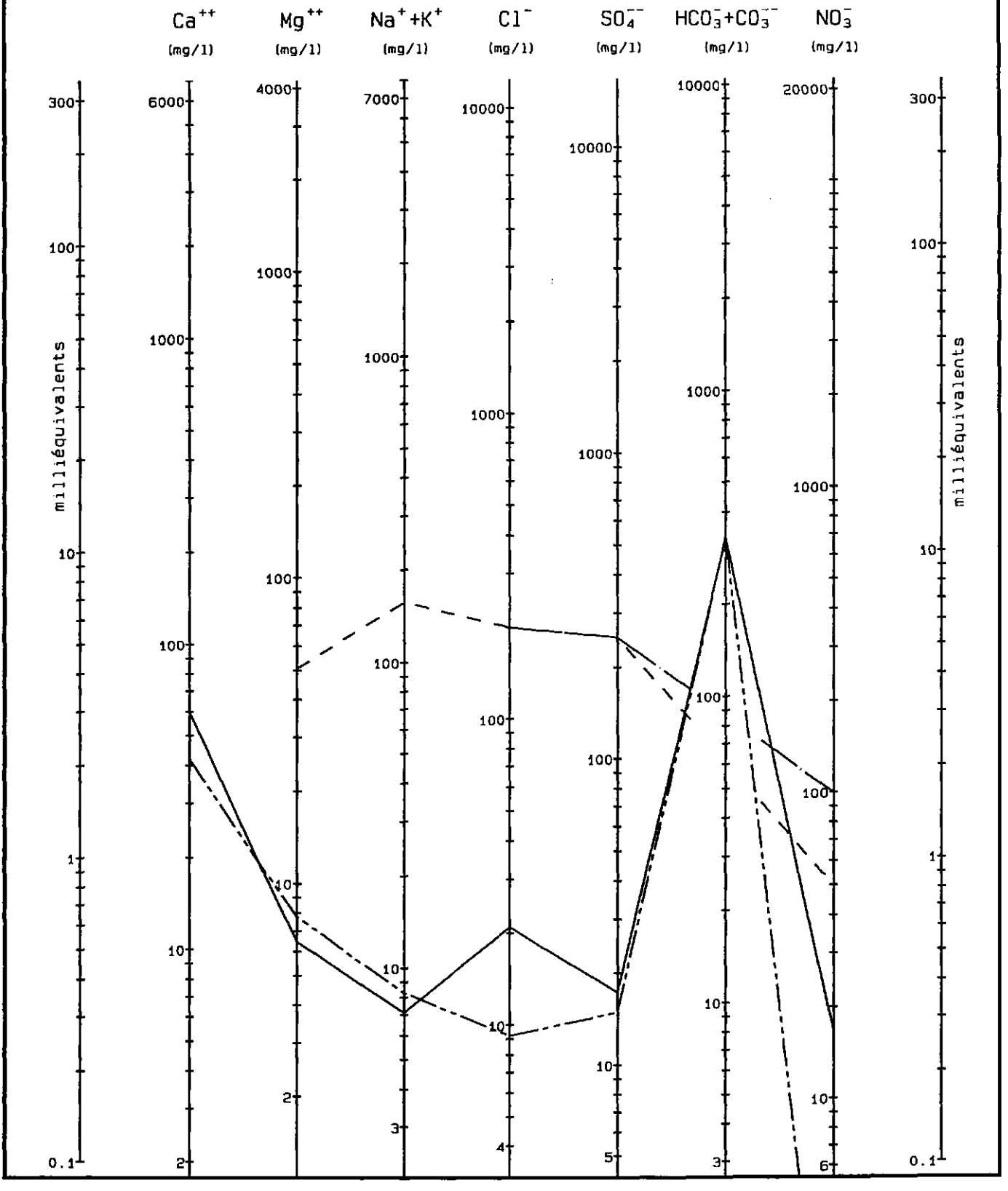


DIAGRAMME de SCHOELLER-BERKALOFF

NAPPE DU DOGGER DU BASSIN PARISIEN

S.A. n° 207

Norme (Eau potable)	
Norme (Ressource)	
404 7X 0034 BATHON	
465 1X 0001 BATHON	

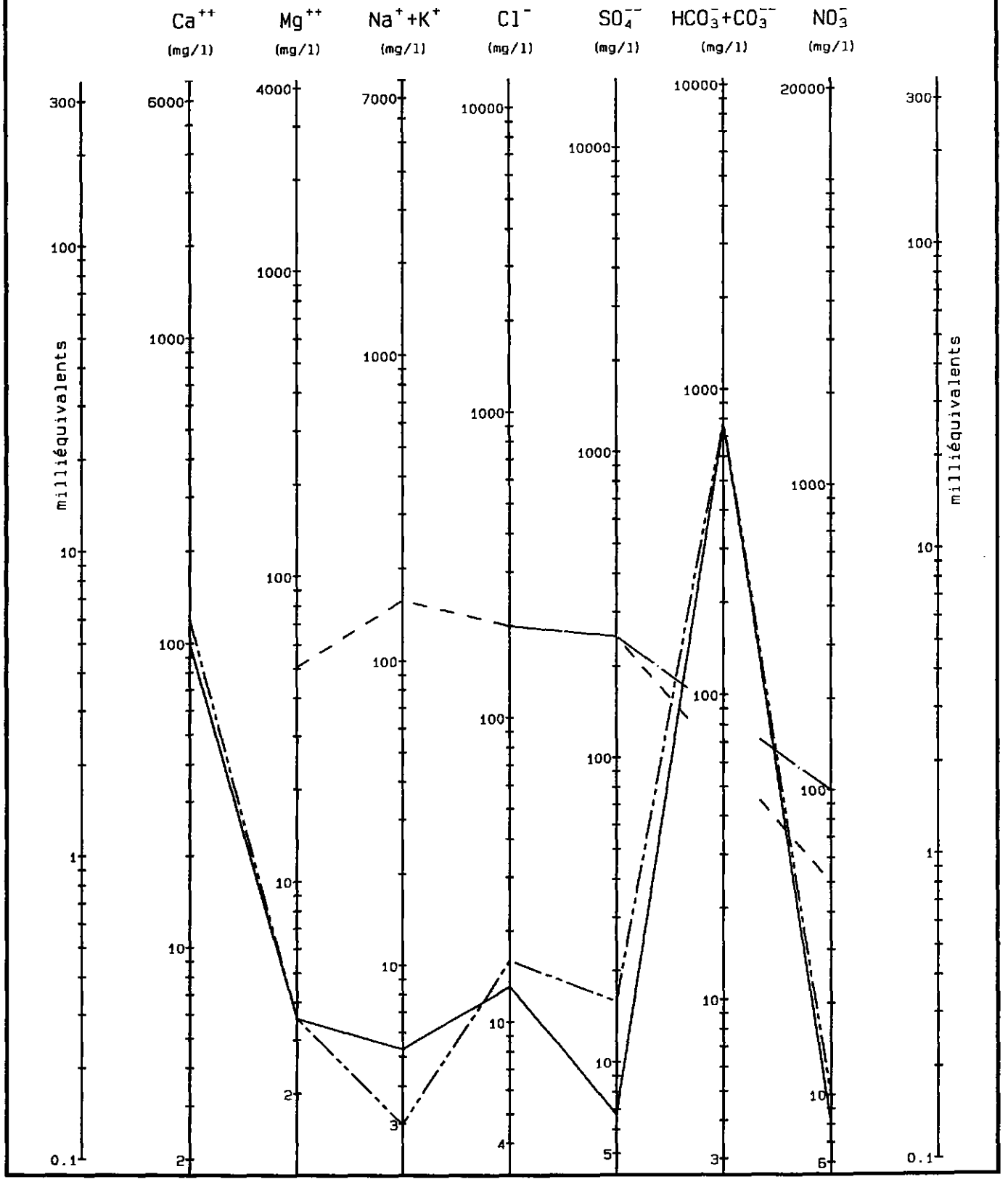


DIAGRAMME de SCHOELLER-BERKALOFF

NAPPE DES SABLES VERTS DE L'ALBIEN (Crétacé)

S.A. n° 213

Norme (Eau potable)	
Norme (Ressource)	
526 7X 0043 OLIGOC	
526 7X 0044 OLIGOC	

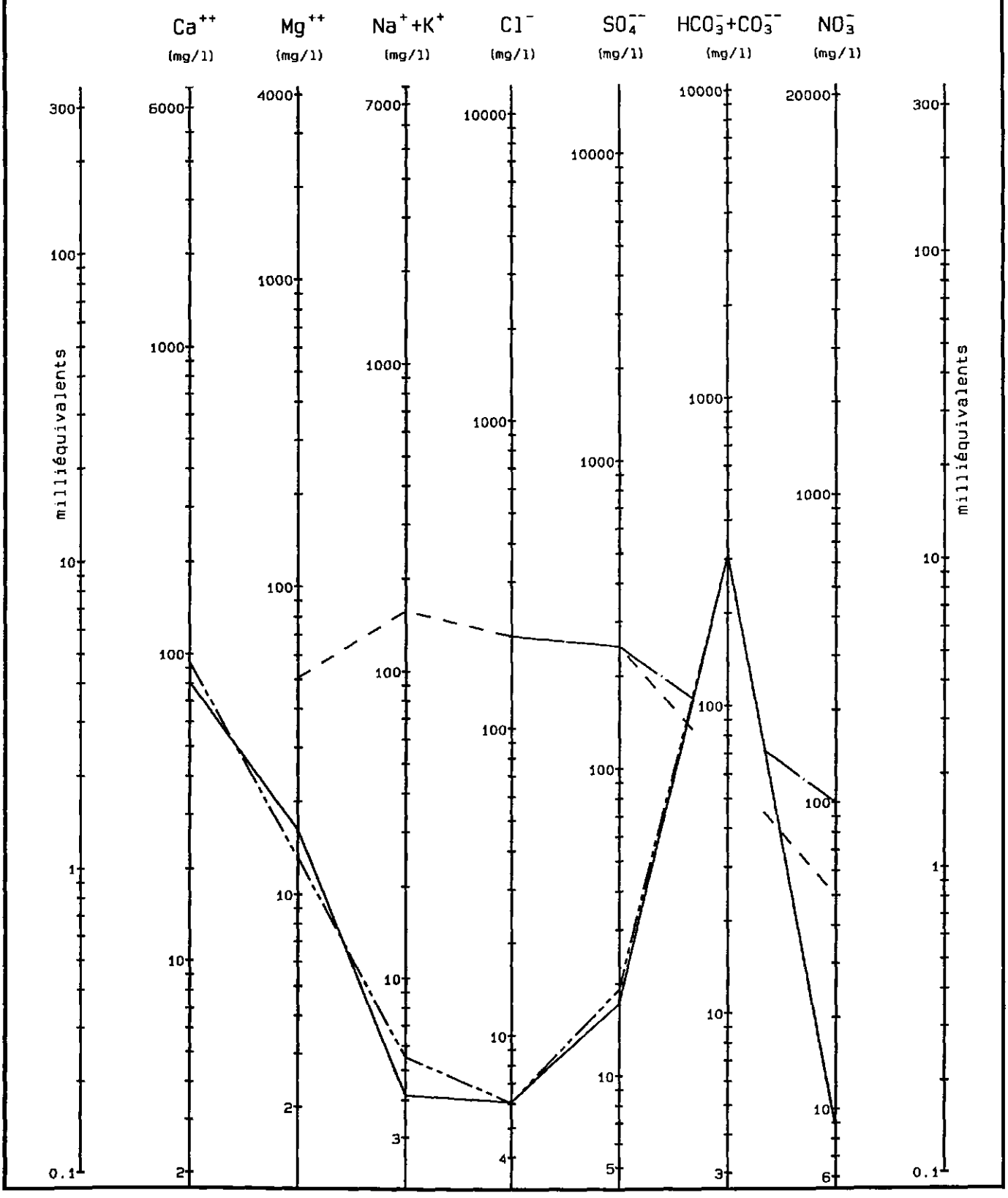
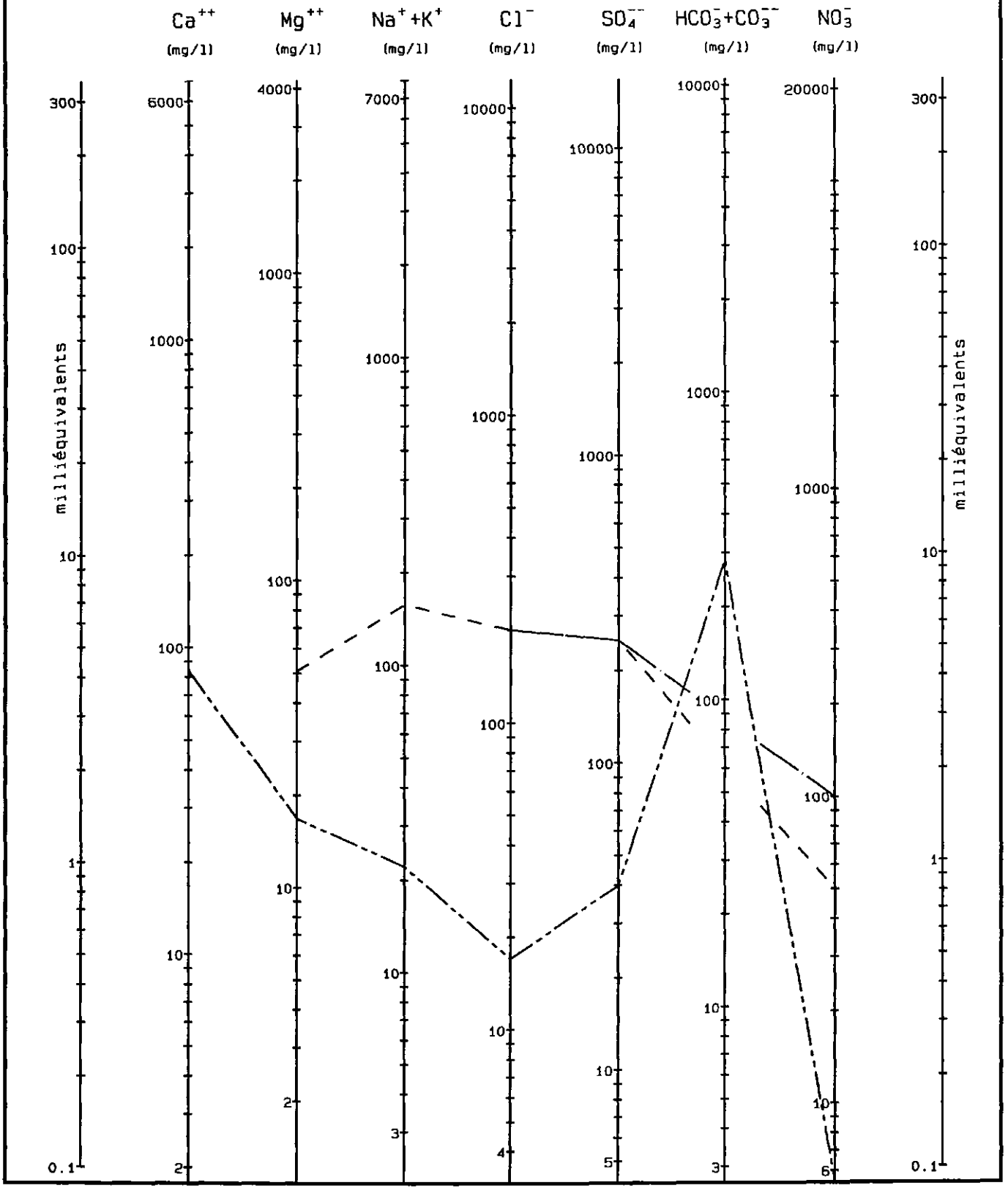


DIAGRAMME de SCHOELLER-BERKALOFF

NAPPE DU TRIAS GRESEUX DU BAZOIS

S.A. n° 537

Norme (Eau potable)	— — — —
Norme (Ressource)	——·——·——
496 1X 0092 SILICI	——·——·——



CHAMPAGNE - ARDENNE

DIAGRAMME de SCHOELLER-BERKALOFF

NAPPE DU CENOMANIEN DU BASSIN DE L'AISNE
S.A. n°17

Norme (Eau potable)	- - - - -
Norme (Ressource)	——·——·——
0134 1X 0001 24/08/82	——··——
0160 2X 0055 19/02/91	———

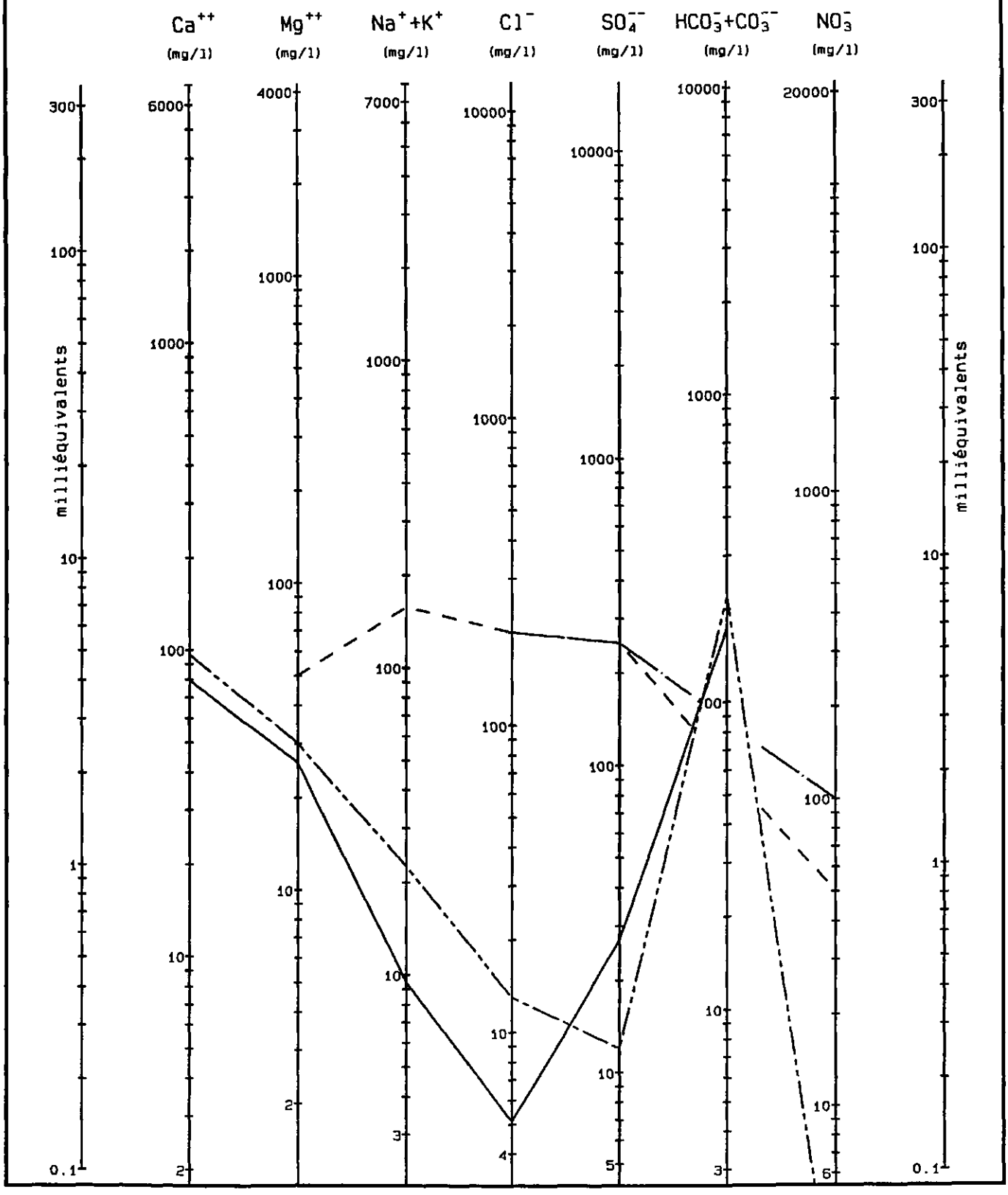
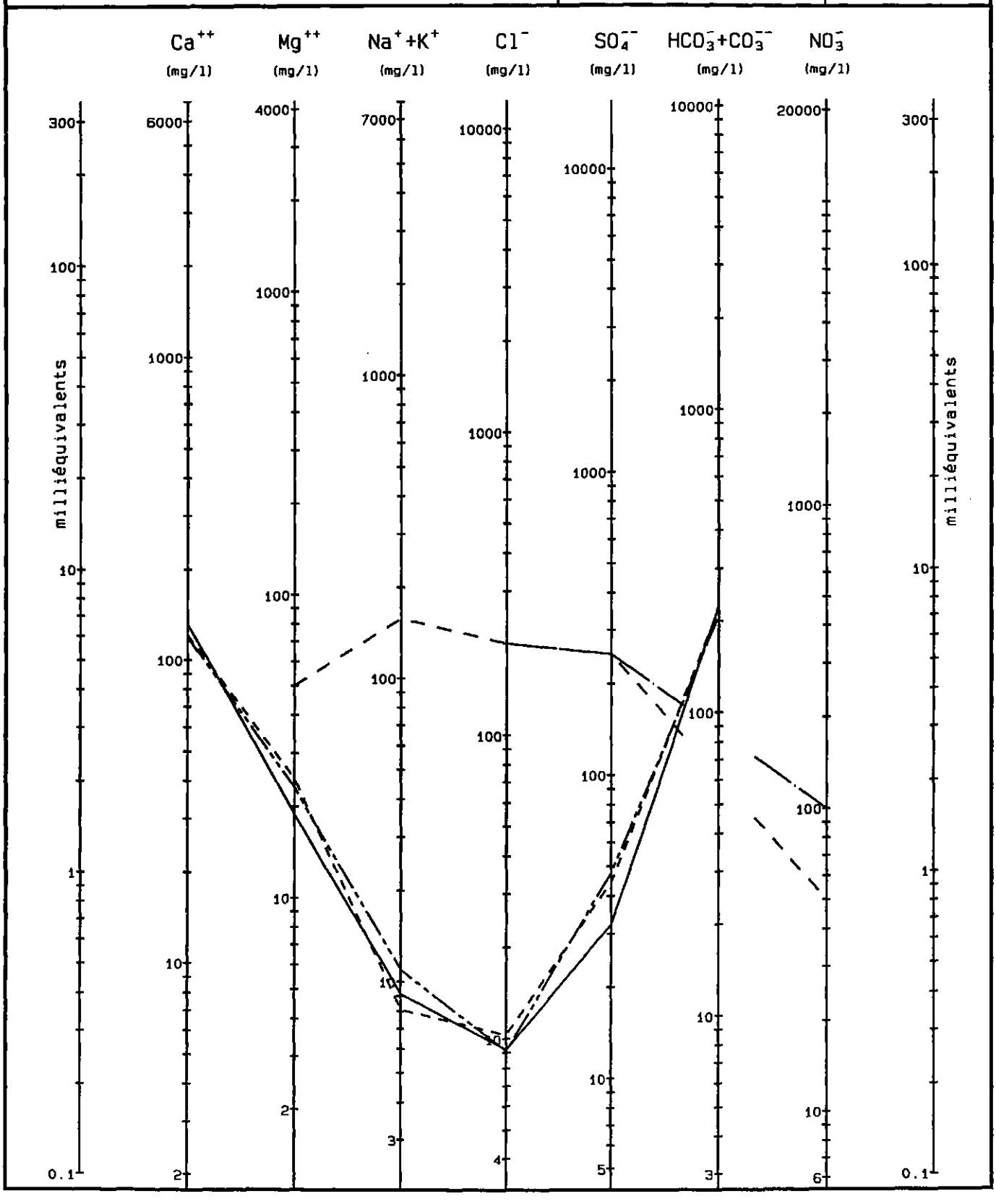


DIAGRAMME de SCHOELLER-BERKALOFF

NAPPE DU THANETIEN
S.A. n° 203

Norme (Eau potable)	
Norme (Ressource)	
0131 1X 1030 14/04/91	
0131 2X 0084 11/09/84	
0131 2X 0086 12/09/90	



BRGM

DIAGRAMME de SCHOELLER-BERKALOFF

NAPPE DE LA CRAIE ET SABLES THANETIEN D'ILE DE FRANCE - S.A. n° 203

Norme (Eau potable)	— — — — .
Norme (Ressource)	——·——·——
131 1 1030 14/04/91	——·——·——

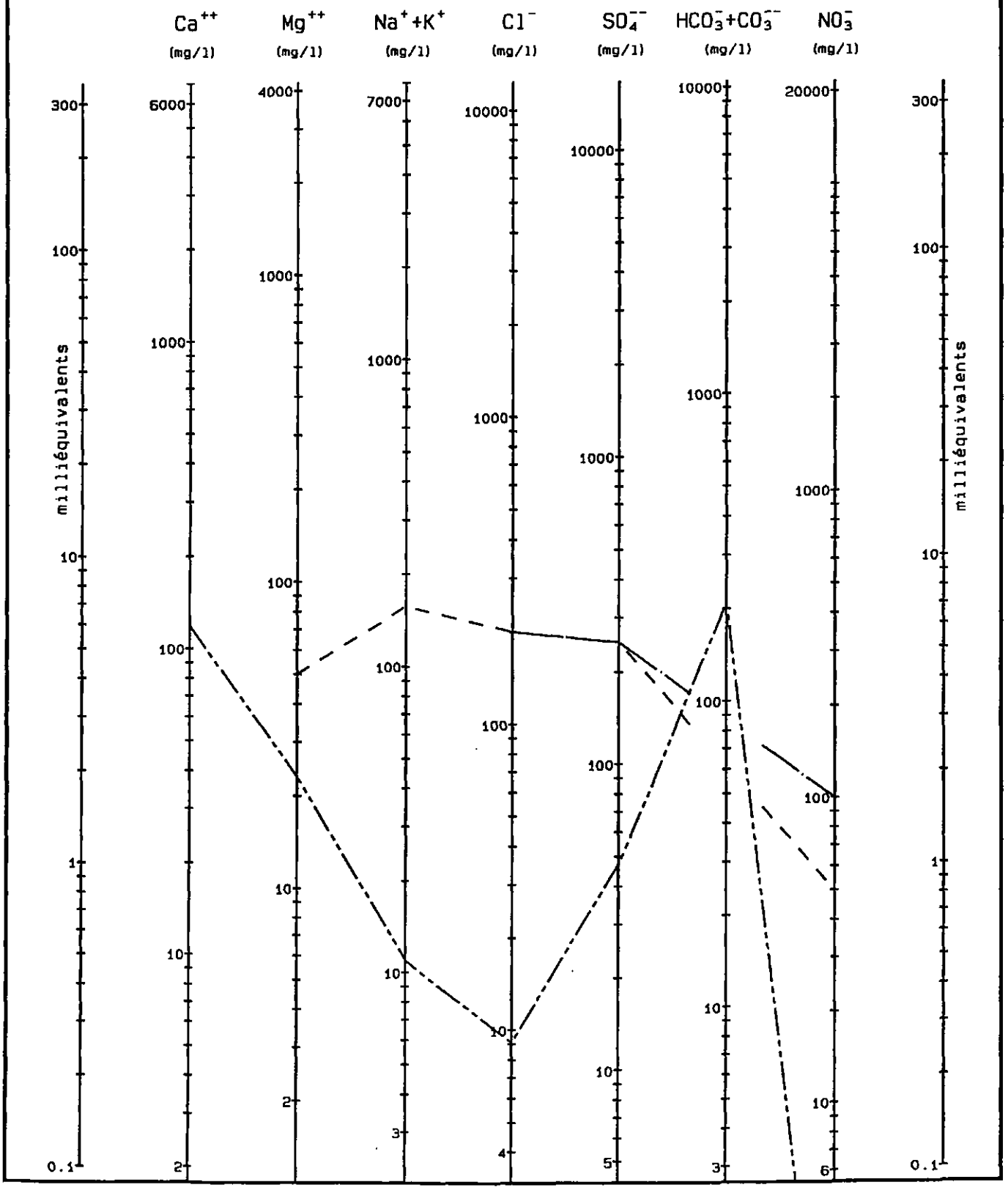


DIAGRAMME de SCHOELLER-BERKALOFF

NAPPE DE L'ALBIEN-INFERIEUR
S.A. n° 204

Norme (Eau potable)	
Norme (Ressource)	
0225 4X 0001 06/09/82	
0226 1X 0060 05/10/89	

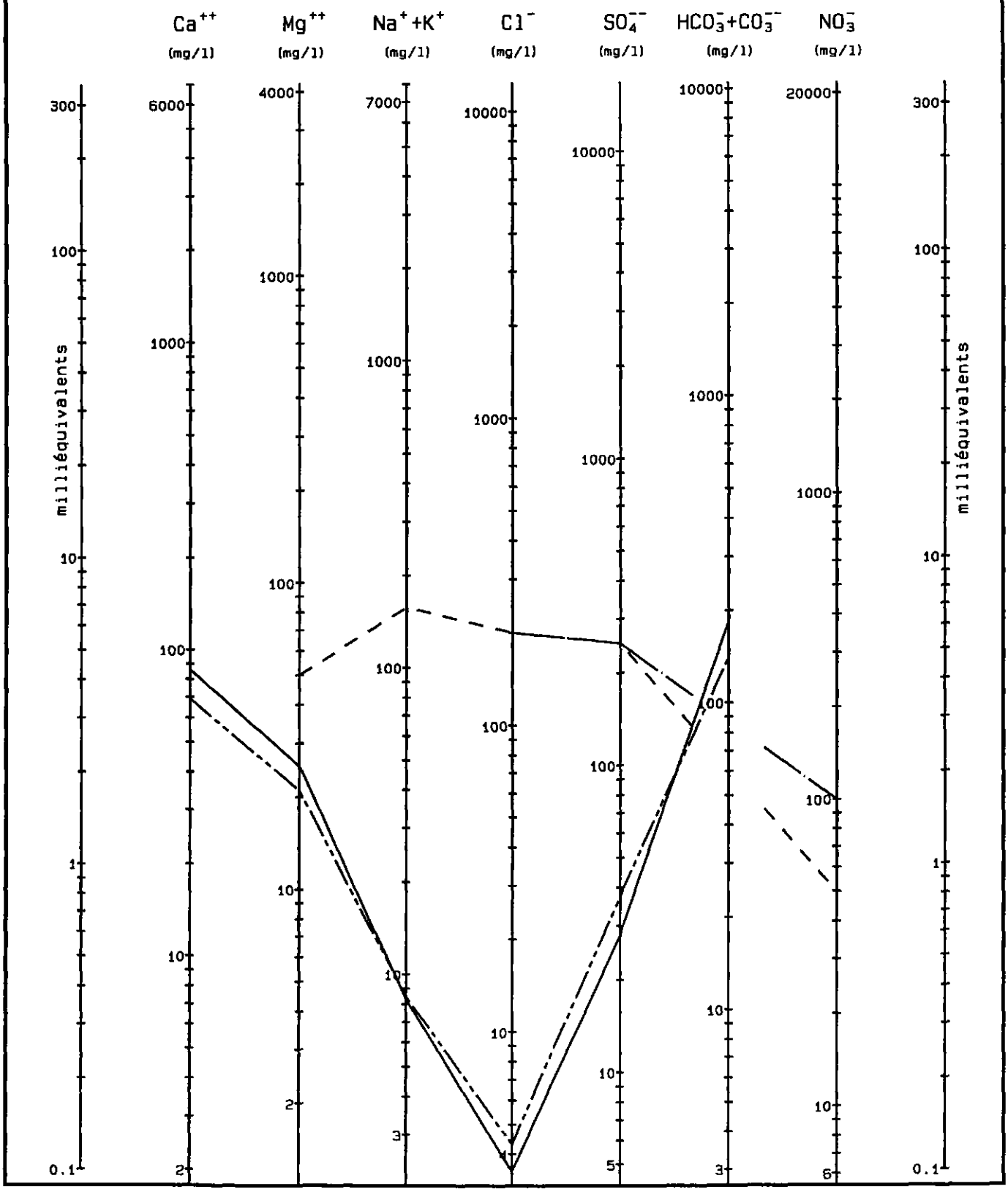


DIAGRAMME de SCHOELLER-BERKALOFF

NAPPE DU KIMMERIDGIEN/SEQUANIEN
S.A. n° 206

Norme (Eau potable)	— — — — ·
Norme (Ressource)	—·—··
0110 7X 0091 08/12/80	—··—···
0334 5X 0016 14/12/88	———

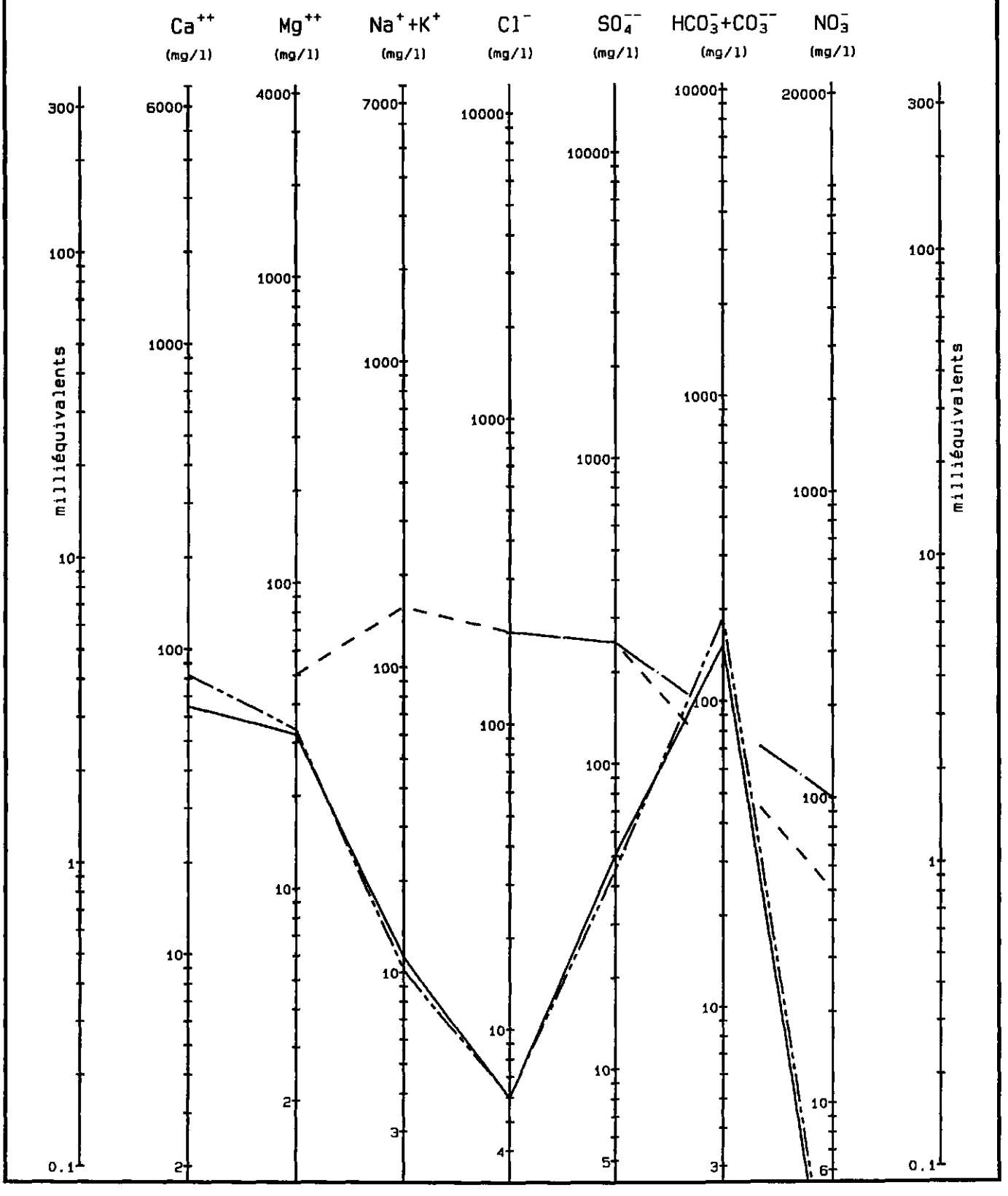
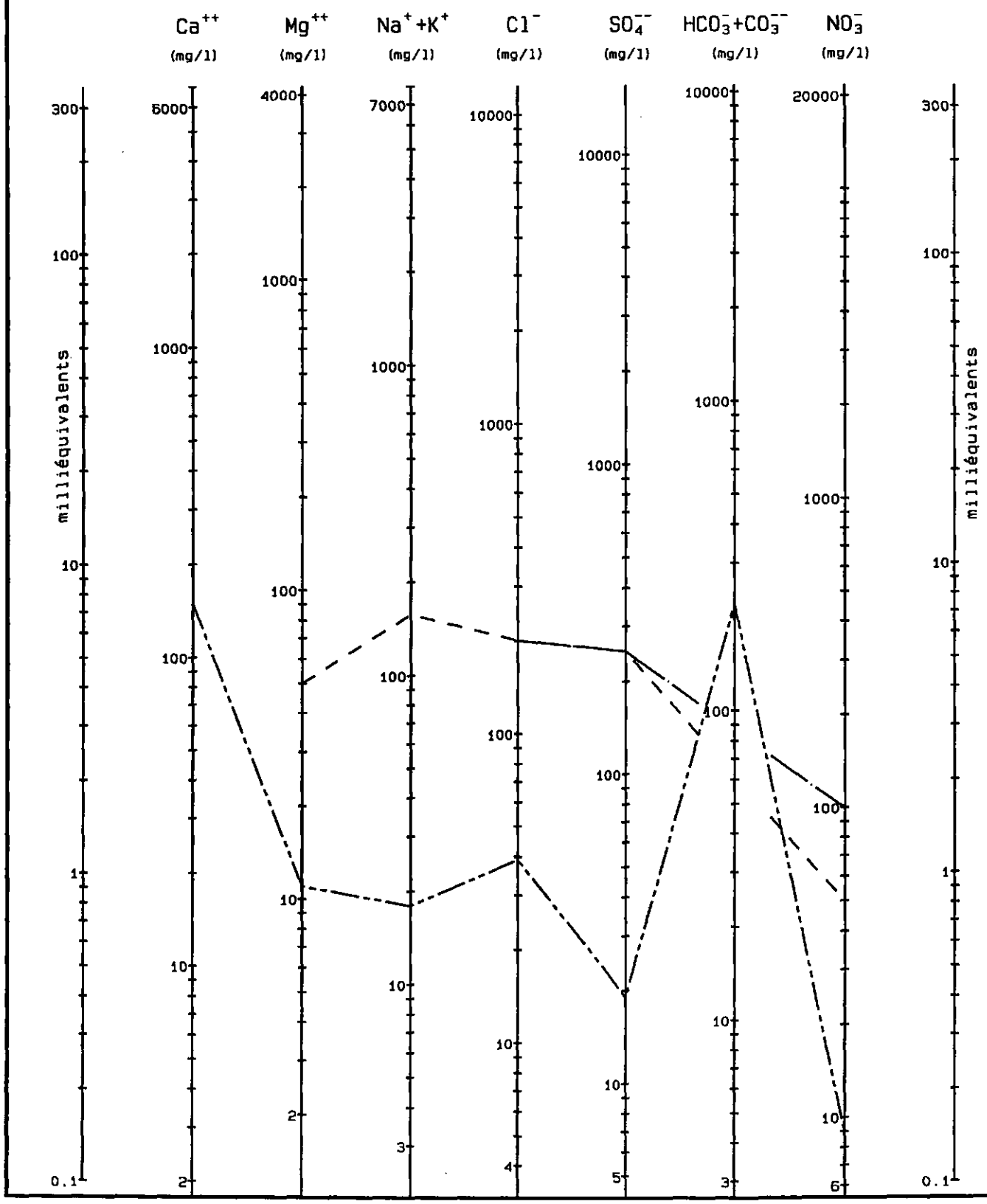


DIAGRAMME de SCHOELLER-BERKALOFF

NAPPE DU SINEMURIEN
S.A. n° 208

Norme (Eau potable)	- - - - -
Norme (Ressource)	—·—·—
0088 7X 1015 11/01/80	—·—·—



ILE DE FRANCE

DIAGRAMME de SCHOELLER-BERKALOFF

NAPPE DE L'YPRESIEN-LUTETIEN
S.A. n° 13

Norme (Eau potable)	— — — — —
Norme (Ressource)	——·——·——
GOUSSANVILLE 153 8 54	——··——··——
GONESSE 153 8 63	————

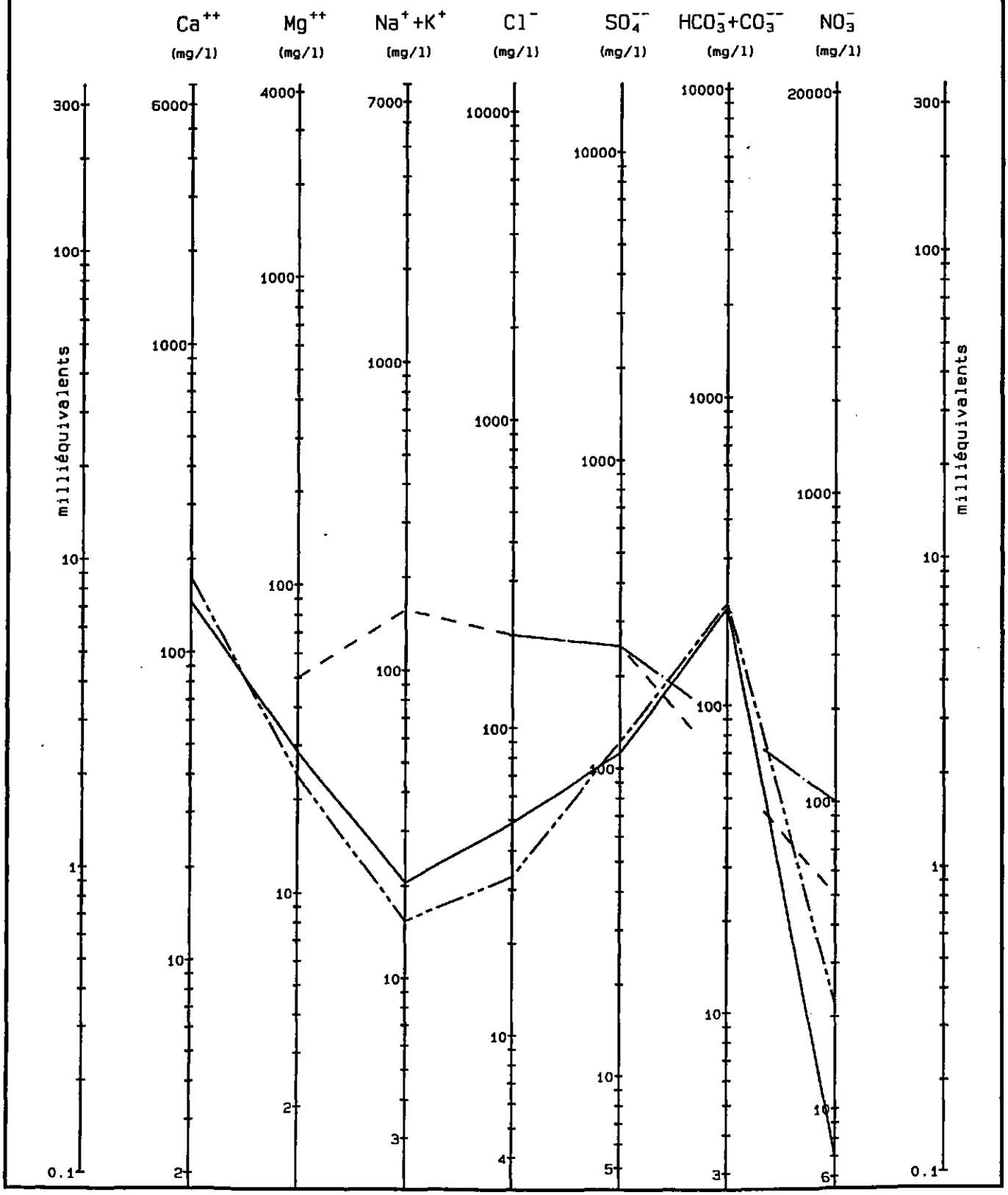


DIAGRAMME de SCHOELLER-BERKALOFF

AQUIFERE MULTICOUCHE DE BEAUCE (Eocène sup.)
S.A. n° 25

Norme (Eau potable)	
Norme (Ressource)	
EOCENE BEAUCE13/07/90	

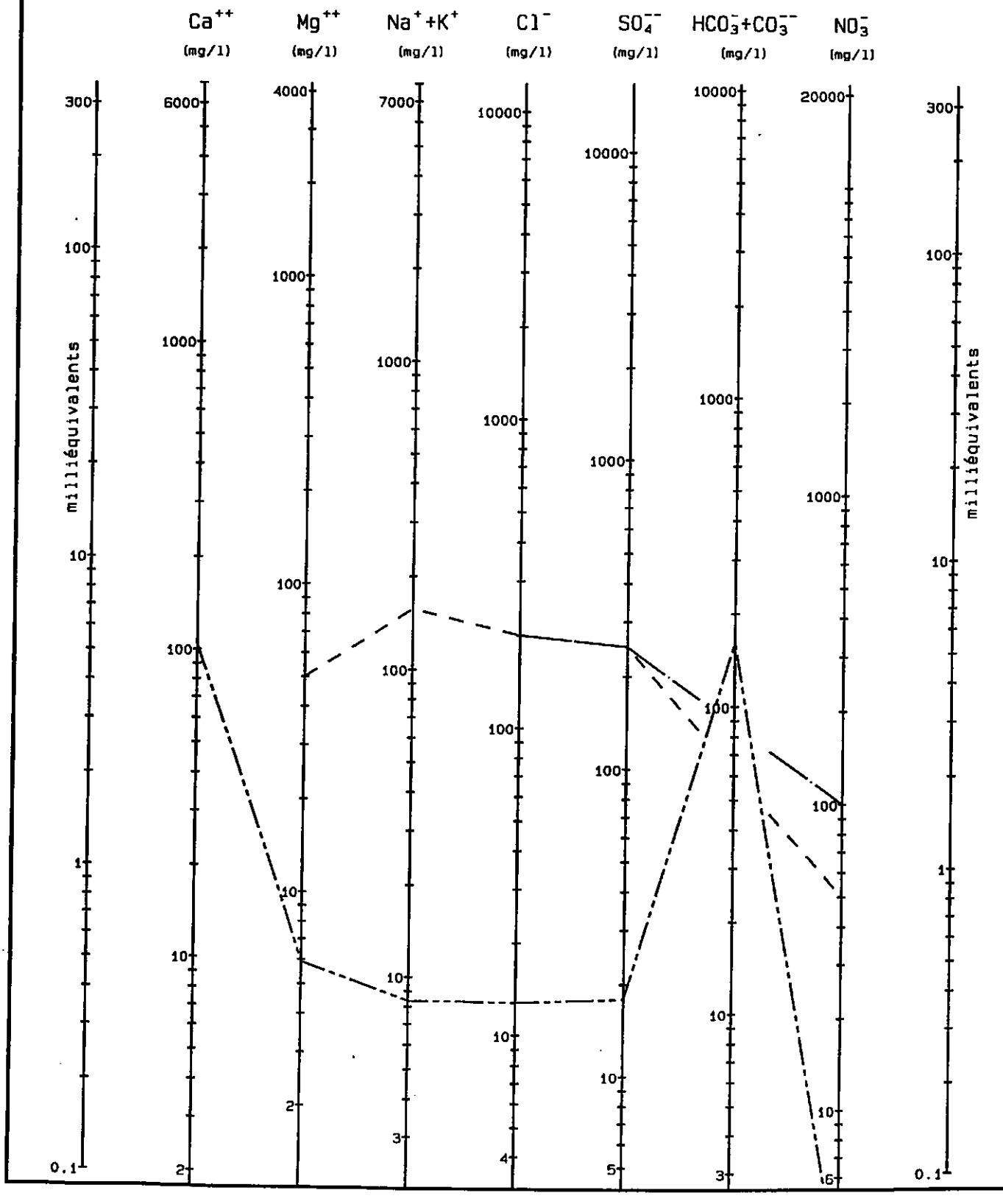
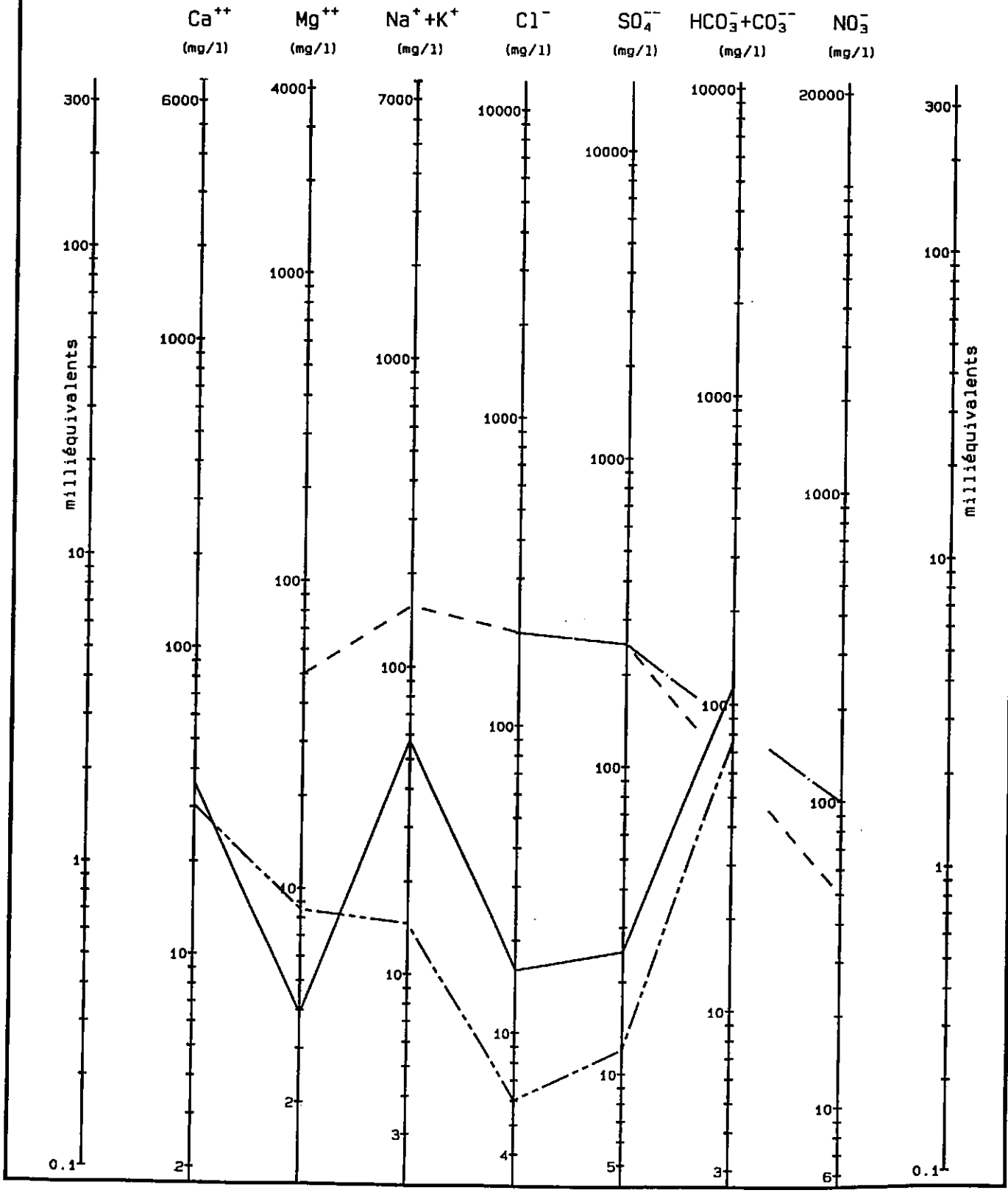


DIAGRAMME de SCHOELLER-BERKALOFF

NAPPE DES SABLES ALBIENS DU BASSIN PARISIEN
S.A. n° 204 a

Norme (Eau potable)	
Norme (Ressource)	
ORTF (Albien) 18/05/78	
ISLE ADAM 27/04/78	



LANGUEDOC - ROUSSILLON

BRGM

DIAGRAMME de SCHOELLER-BERKALOFF

NAPPE DU JURASSIQUE (Fossé calc. Montbazin/Gigean)

S.A. n° 143 b

143 (M)	18/12/86	— — — — —

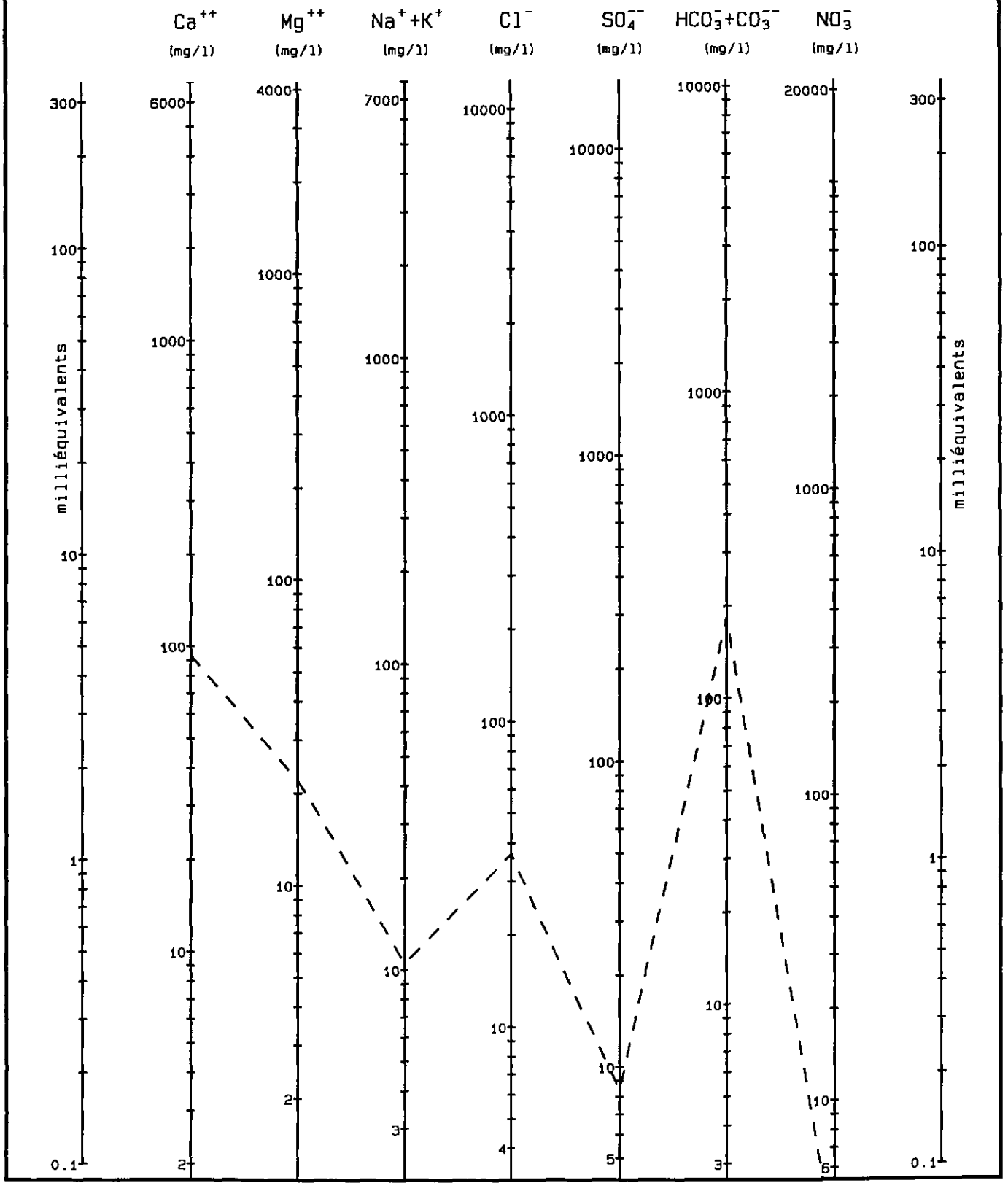
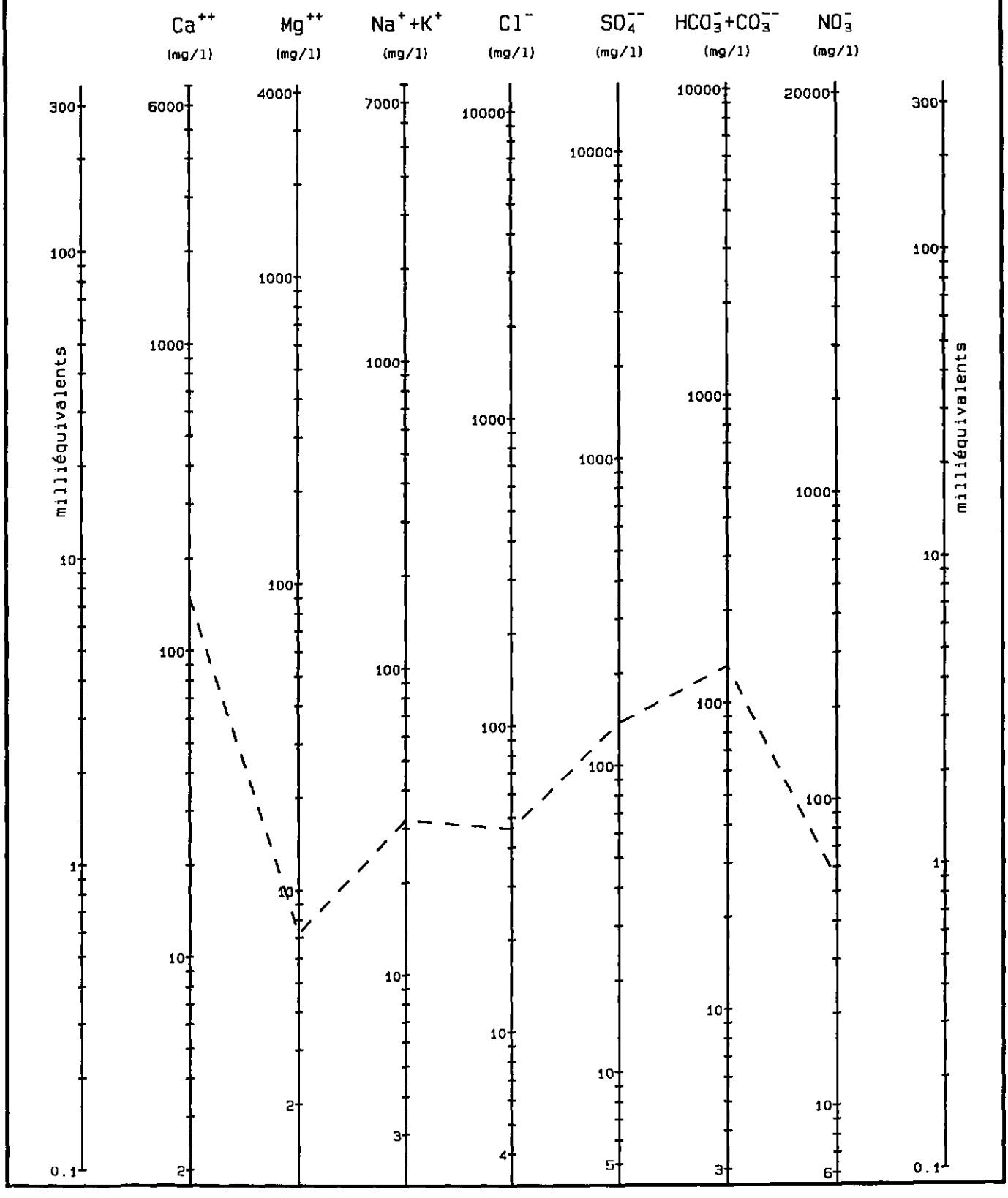


DIAGRAMME de SCHOELLER-BERKALOFF

NAPPE DES SABLES VILLAFRANCHIENS (Vistrenque)
S.A. n° 150

150 (N)	05/11/76	— — — — —



225 (T)	06/07/90	— — — — —

DIAGRAMME de SCHOELLER-BERKALOFF

AQUIFERE PLIOCENE MULTICOUCHE DU ROUSSILLON - S.A. n° 225

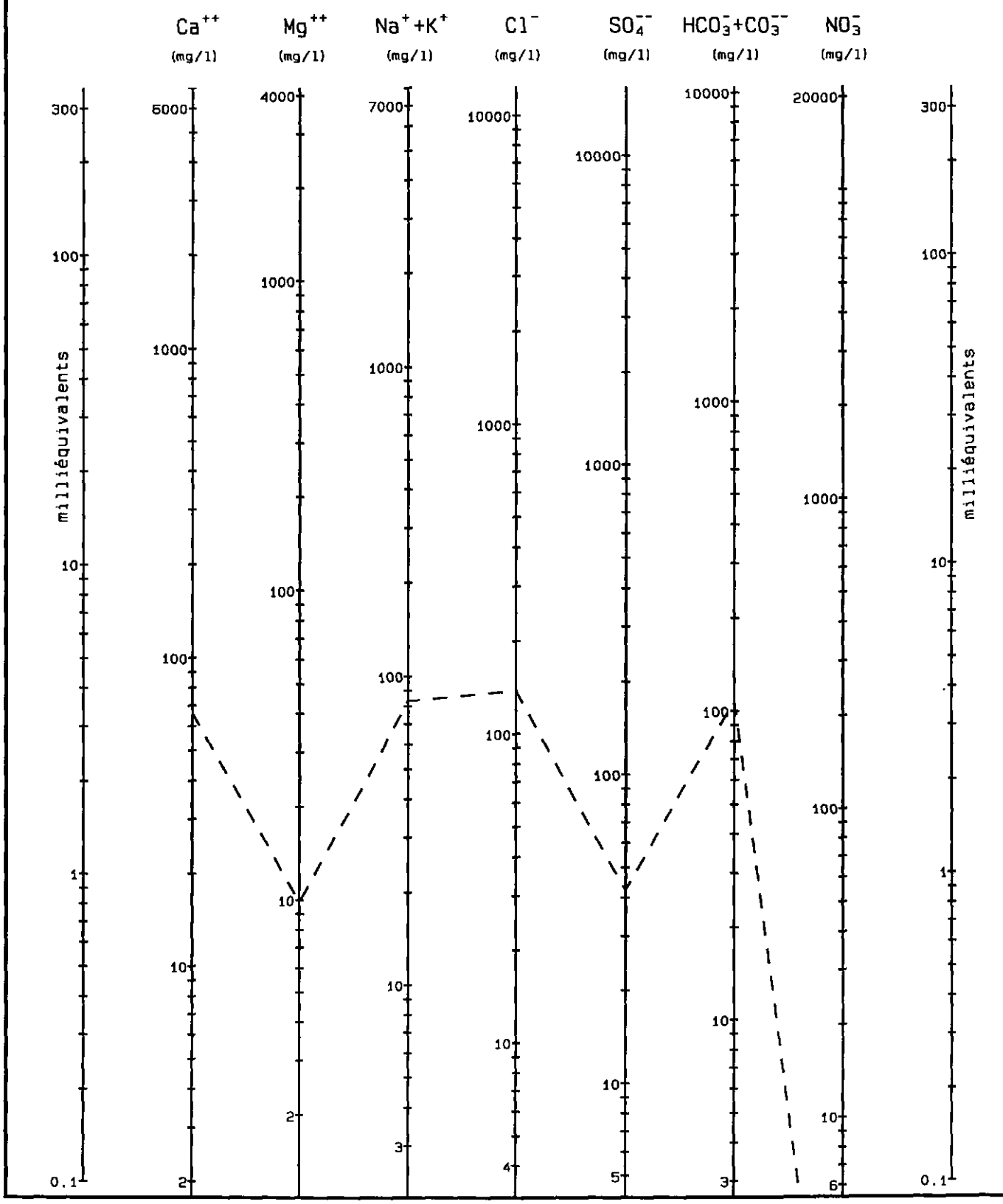


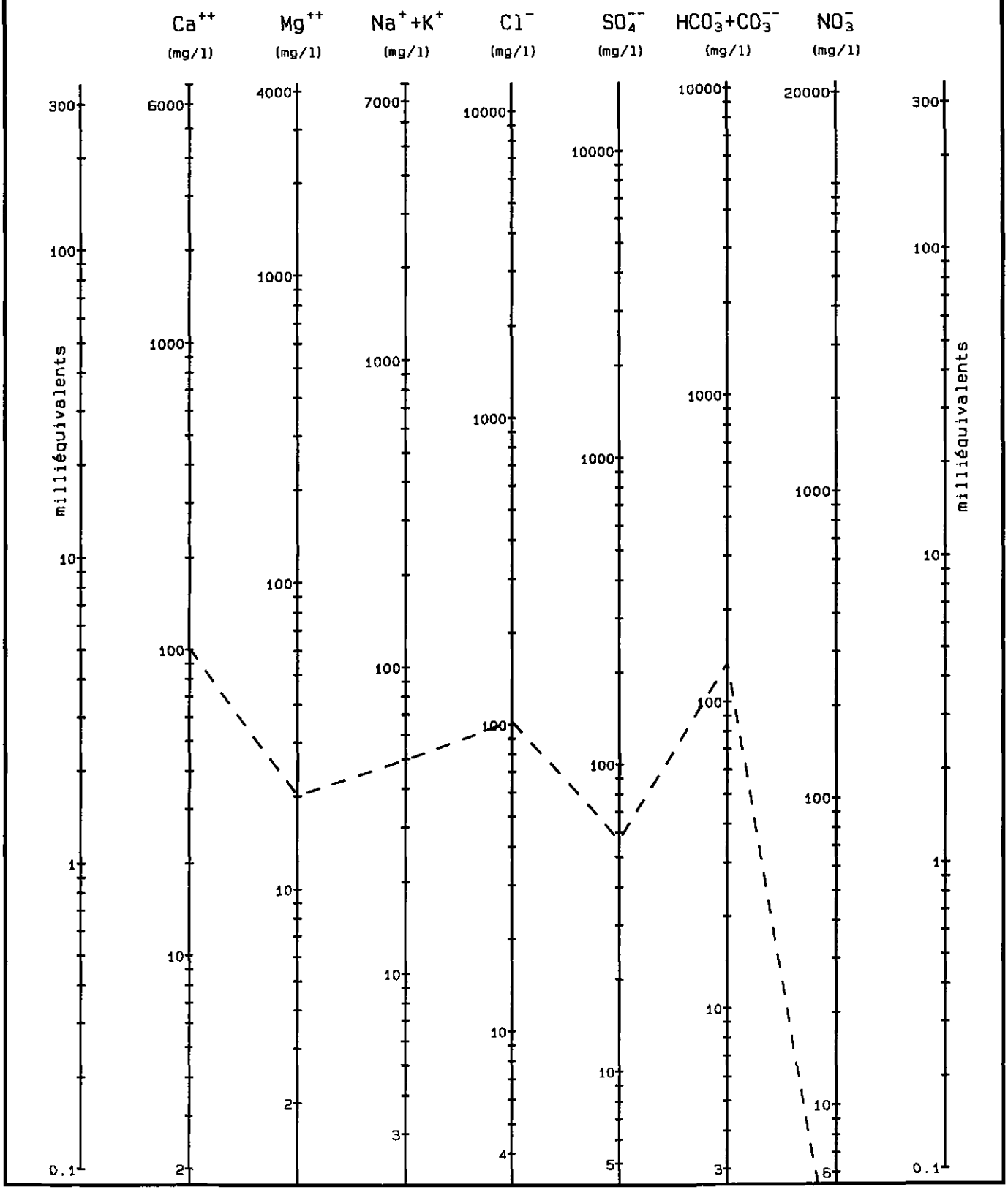
DIAGRAMME de

SCHOELLER-BERKALOFF

NAPPE DE L'ASTIEN DU LANGUEDOC

S.A. n° 226

226 (V)	15/10/87	— — — — ·

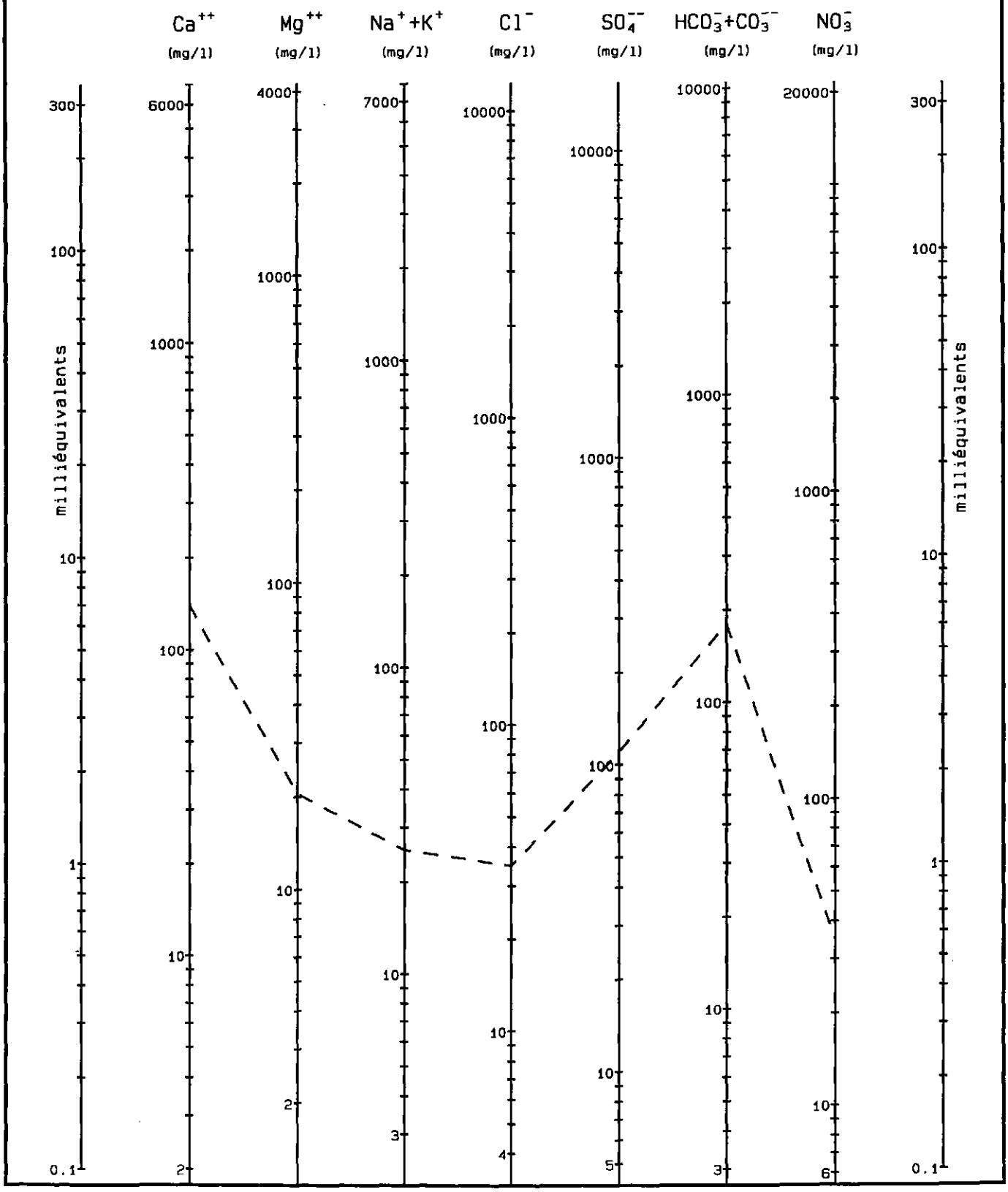


BRGM

DIAGRAMME de SCHOELLER-BERKALOFF

NAPPE DES ALLUVIONS QUATERNAIRES DE L'AUDE
S.A. n° 337 a

337A (C)	18/11/70	— — — — —



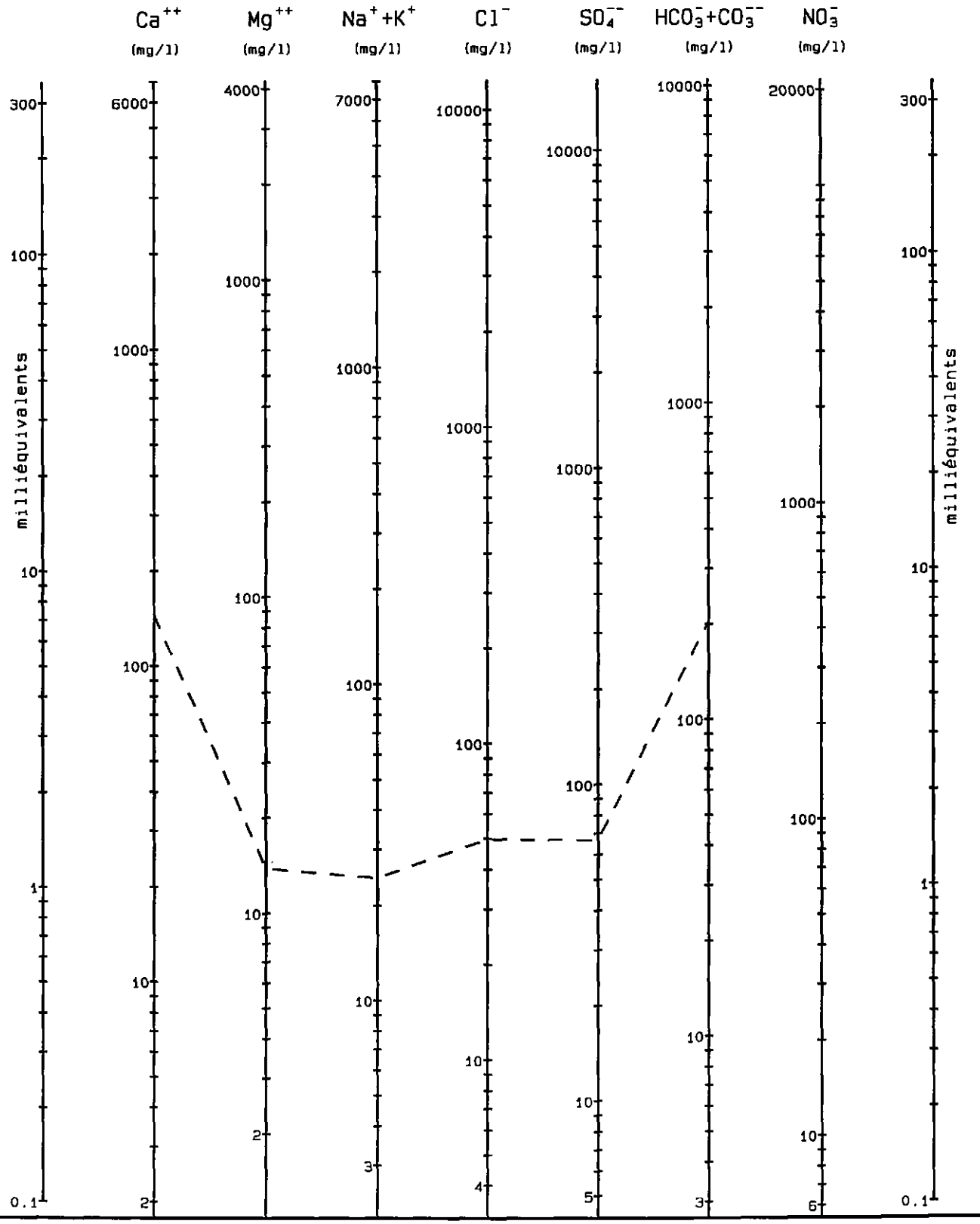
BRGM

DIAGRAMME de SCHOELLER-BERKALOFF

NAPPE DES CALCAIRES EOCENES

S.A. n° 557a1

557A1 (P)	- - - - -

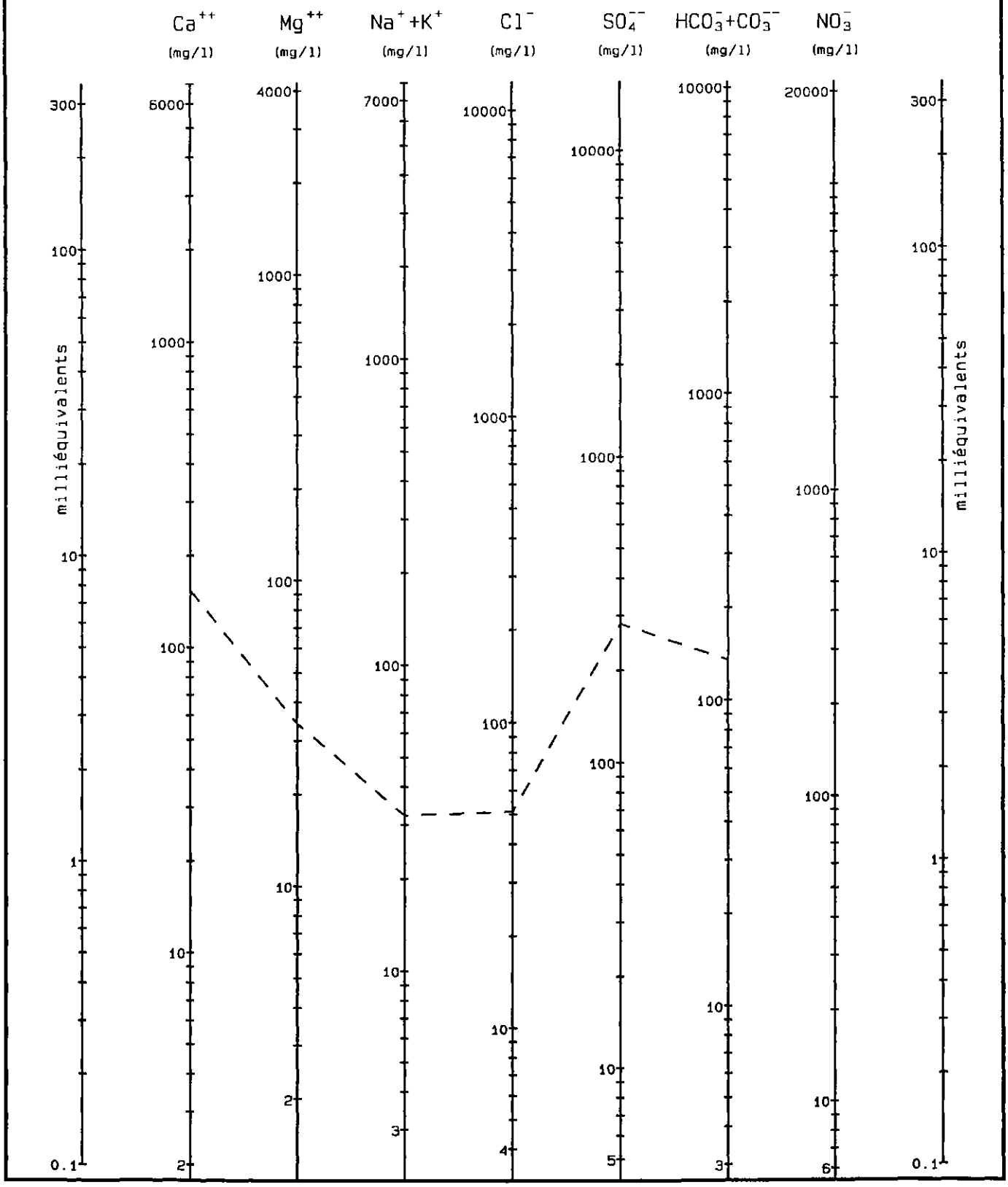


BRGM

DIAGRAMME de SCHOELLER-BERKALOFF

NAPPE DES ALLUVIONS QUATERNAIRES DE LA BERRE - S.A. n° 557 g

557G (S)	Av. 1965	— — — — —

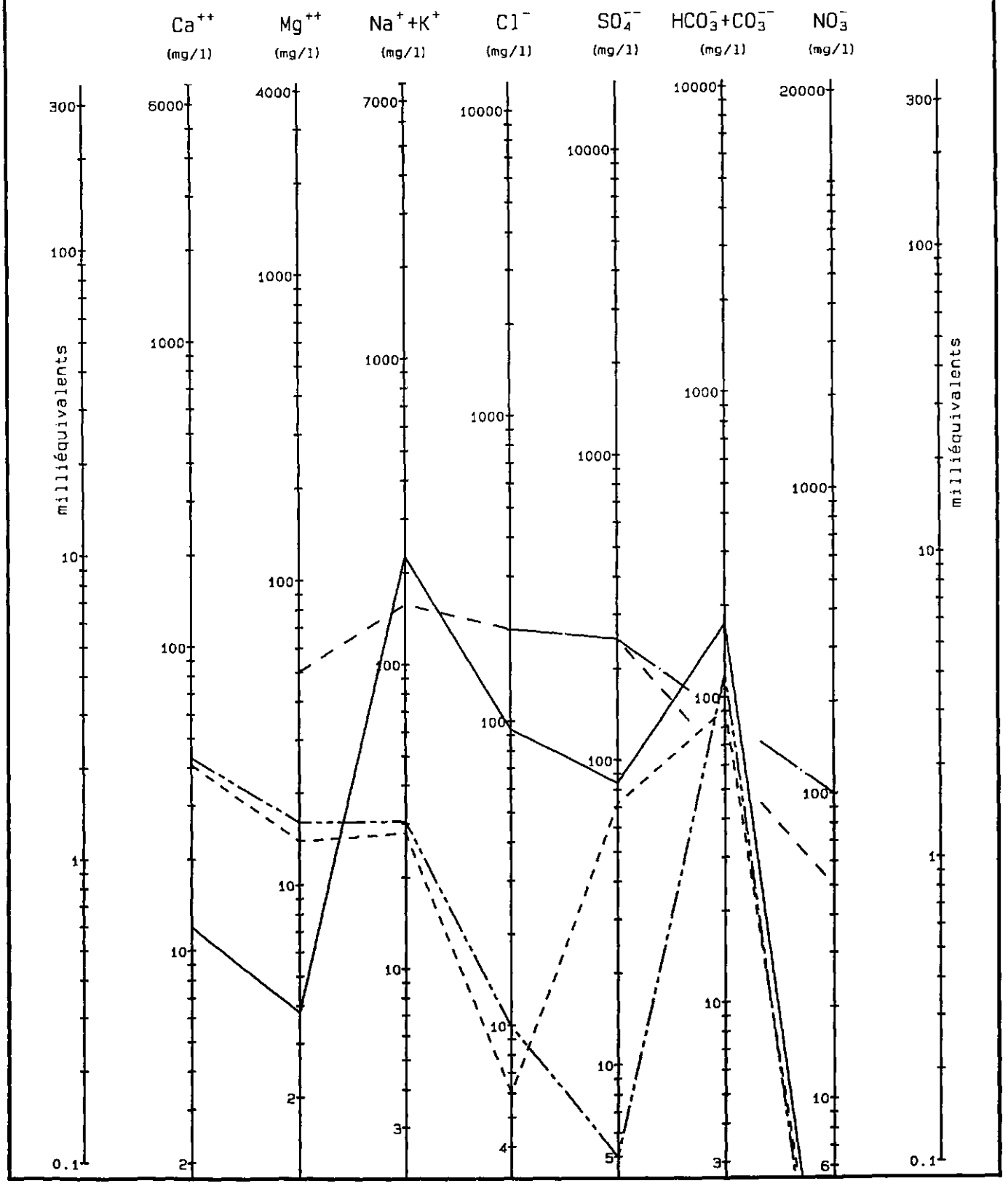


MIDI - PYRENEES

DIAGRAMME de SCHOELLER-BERKALOFF

NAPPE DES SABLES INFRAMOLASSIQUE (Midi Pyr.)
S.A. n° 214(p)

Norme (Eau potable)	
Norme (Ressource)	
1012 2X 0055 07/06/90	
0958 6X 0008 16/12/90	
0954 5X 0017 02/08/91	



NORD - PAS DE CALAIS
PICARDIE

DIAGRAMME de SCHOELLER-BERKALOFF

NAPPE DE LA CRAIE CAPTIVE DES FLANDRES
S.A. n° 001X1

Norme (Eau potable)	- - - - - -
Norme (Ressource)	——·——·——
0019 2X 0037 19/01/81	——··——··——
0019 1X 0258 20/12/88	————————

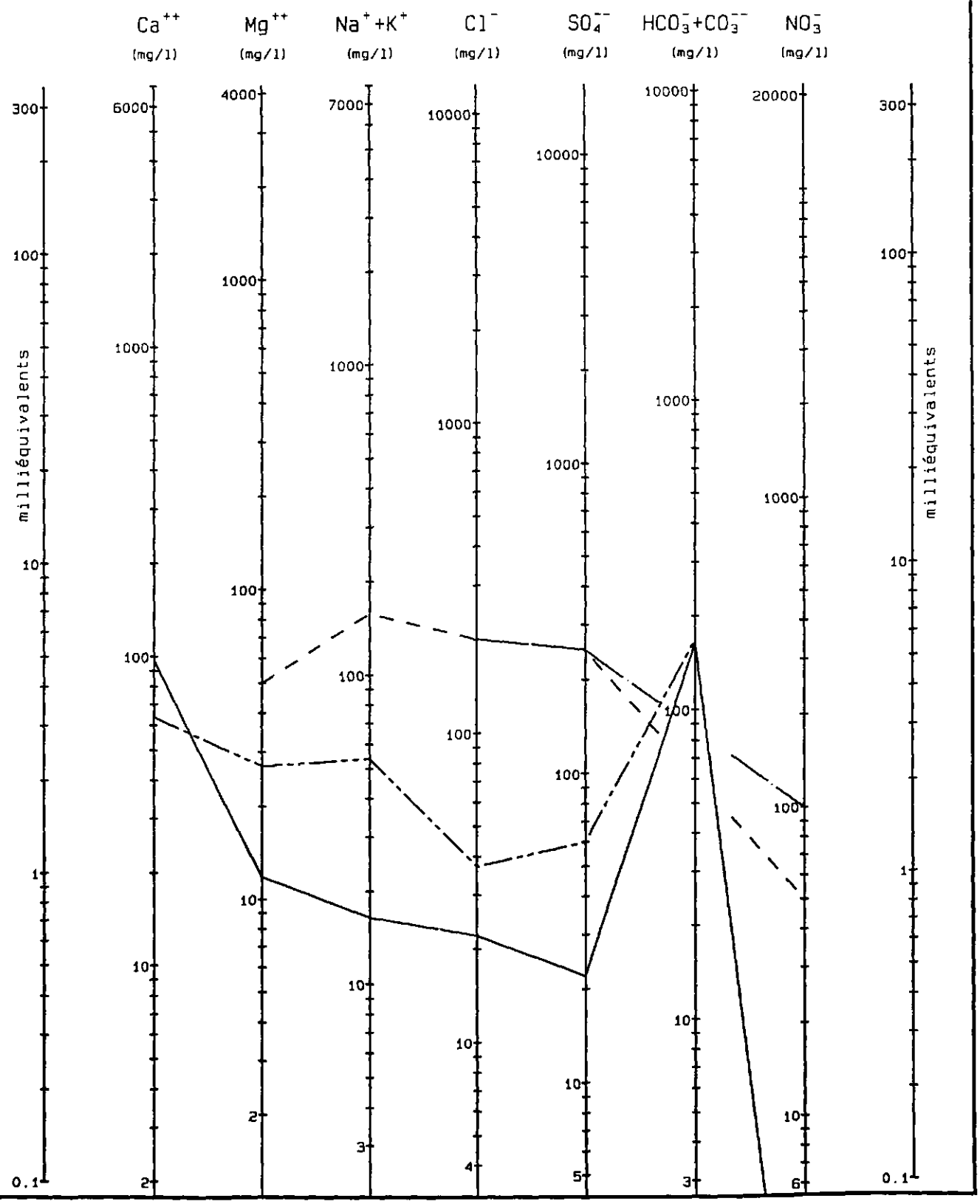
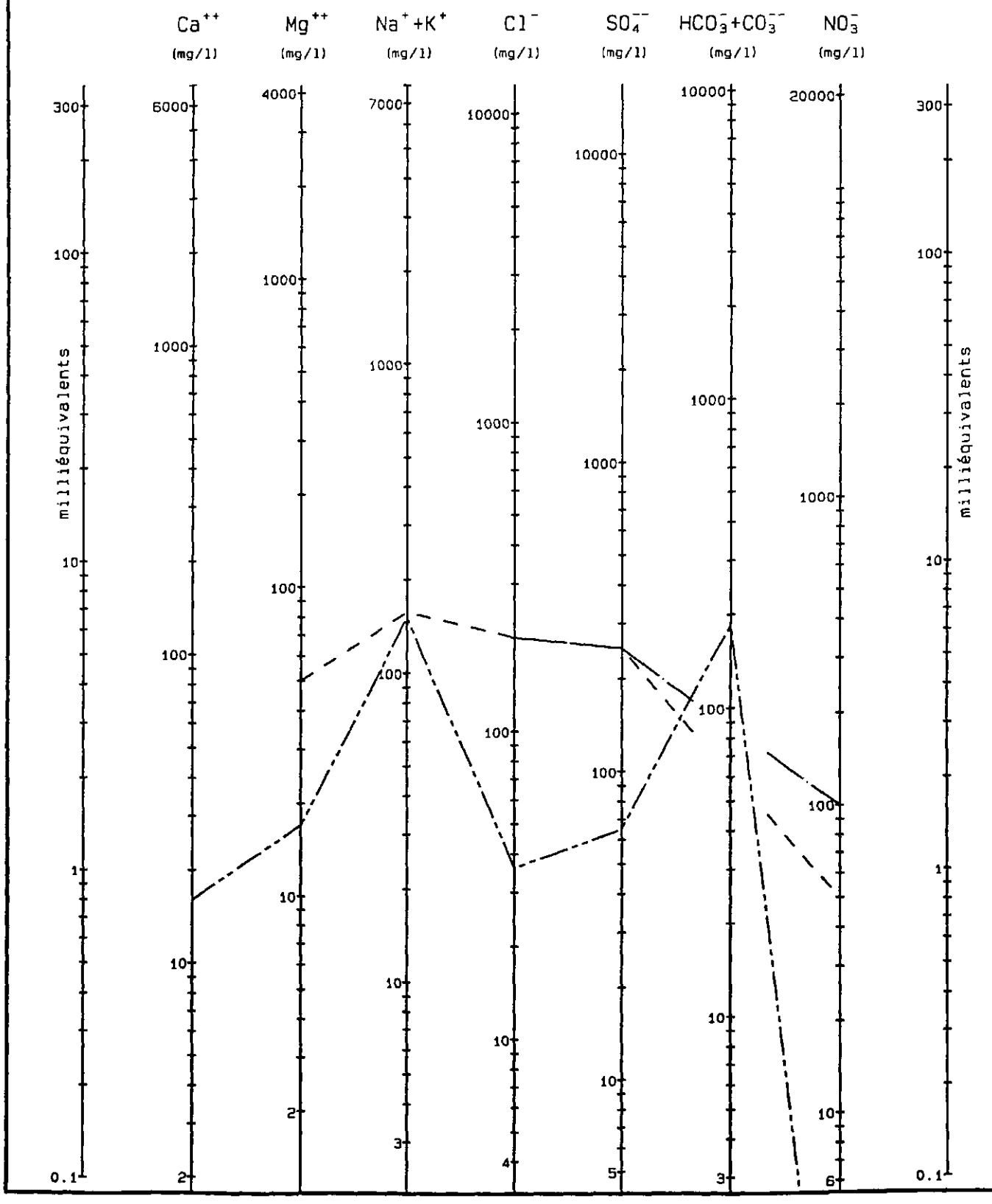


DIAGRAMME de SCHOELLER-BERKALOFF

NAPPE DE LA CRAIE CAPTIVE DU BASSIN D'ORCHIE
S.A. n° 001X1

Norme (Eau potable)	— — — — —
Norme (Ressource)	——·——·——
0020 BX 0010 17/03/81	——··——··——

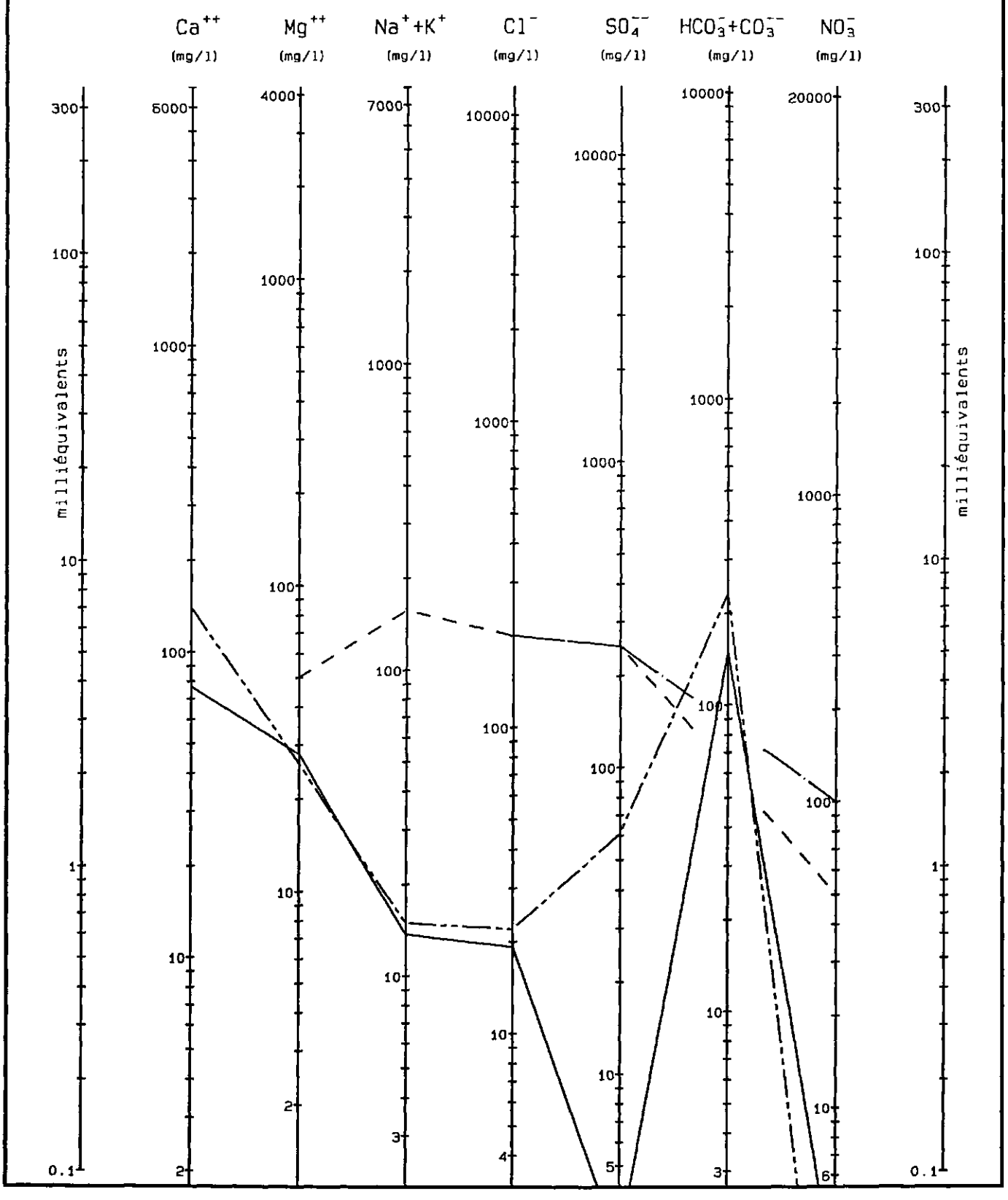


BRGM

DIAGRAMME de SCHOELLER-BERKALOFF

NAPPE DES SABLES DE CUISE (Eocène)
S.A. n° 13

Norme (Eau potable)	— — — — ·
Norme (Ressource)	——·——··
82 3 51 GUIVRY PUITS	—··—··—
129 3 21 VILLERS COT.	————



BRGM

DIAGRAMME de SCHOELLER-BERKALOFF

NAPPE DES SABLES LANDENIENS DES FLANDRES

S.A. n° 201

Norme (Eau potable)	- - - - - -
Norme (Ressource)	——·——·——
LEISELE 65.70	——··——
MERCKEM 66.81	————
NEUVE EGLISE 95.178.7	- - - - - -

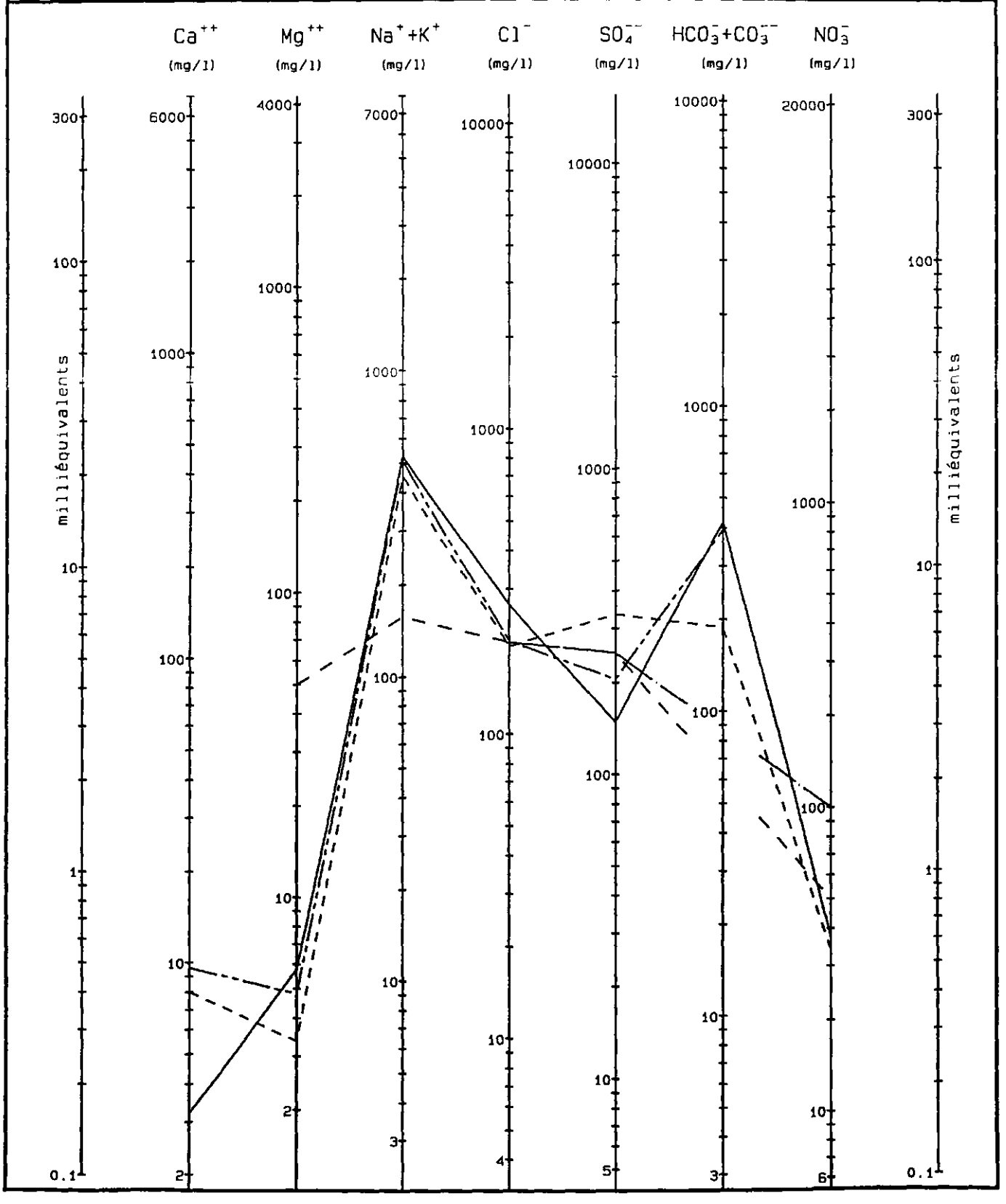
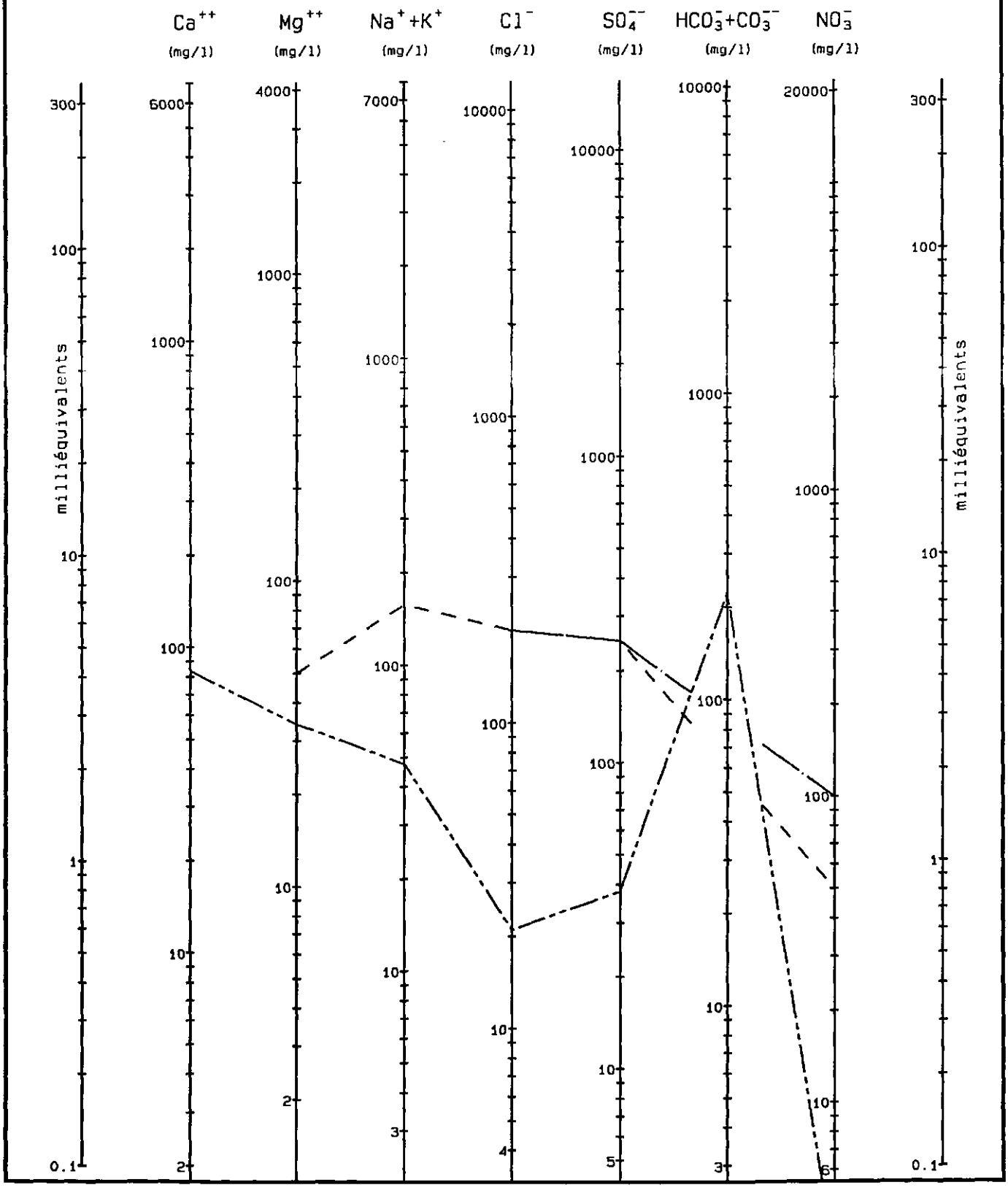


DIAGRAMME de SCHOELLER-BERKALOFF

NAPPE DU CALCAIRE CARBONIFERE DE LILLE
S.A. n° 202

Norme (Eau potable)	— — — — ·
Norme (Ressource)	—— · —— · ·
0014 3B 0102 01/07/80	—— · — · —



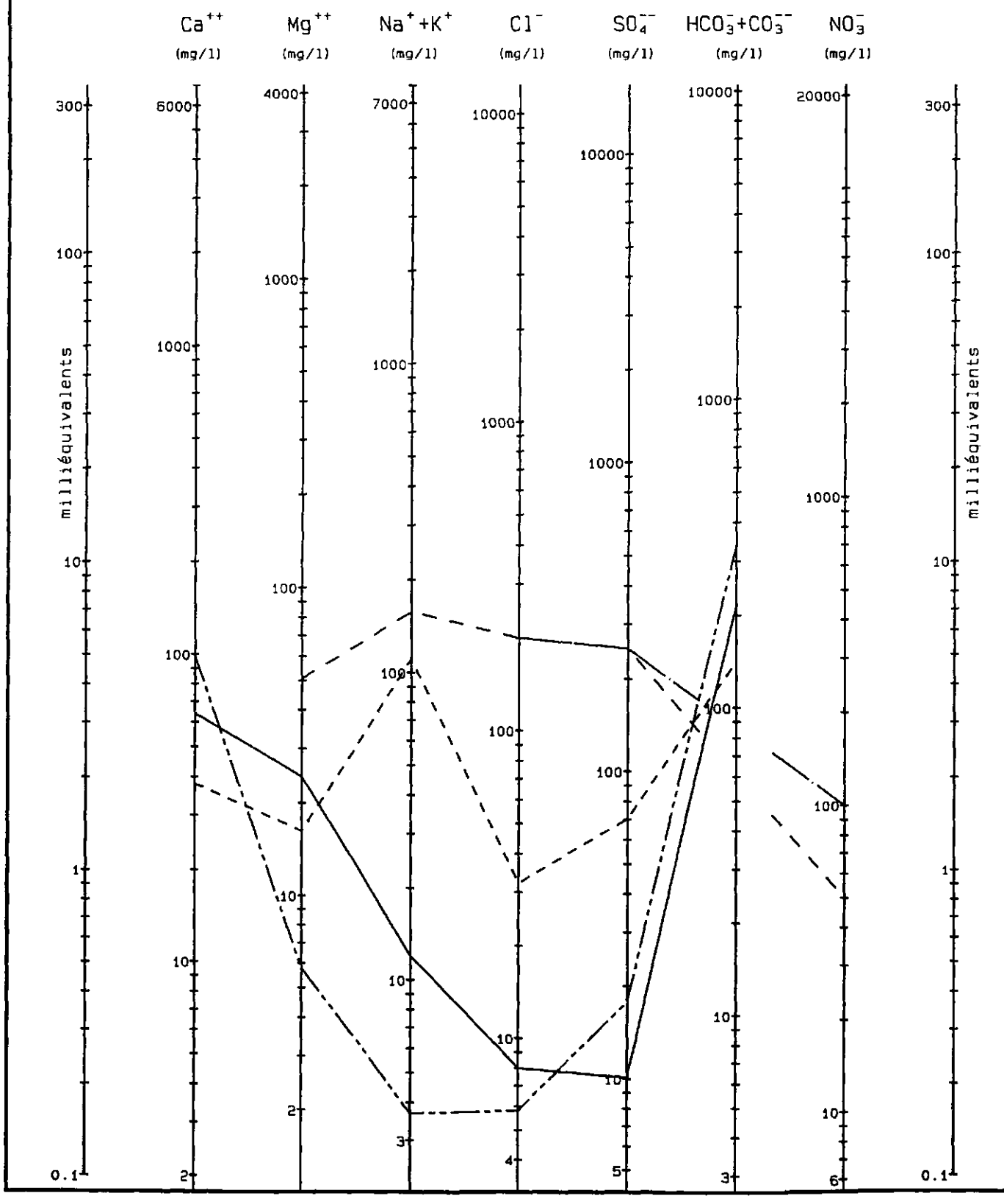
PROVENCE - ALPES - COTED'AZUR

DIAGRAMME de SCHOELLER-BERKALOFF

AQUIFERE URGONIEN DU BASSIN DE GARDANNE

S.A. n° 222

Norme (Eau potable)	— — — — —
Norme (Ressource)	——·——·——
Sce de l'Argens	——·——·——
Puits de l'Arc	———————
Sond. de Gardanne Sud	— — — — — — —



RHONE - ALPES

DIAGRAMME de

SCHOELLER-BERKALOFF

NAPPE DES MORAINES GRAVELEUSES

S.A. n° 177

Norme (Eau potable)	— — — — —
Norme (Ressource)	——·——·——
628 8x 89 10/12/91	——·——·——

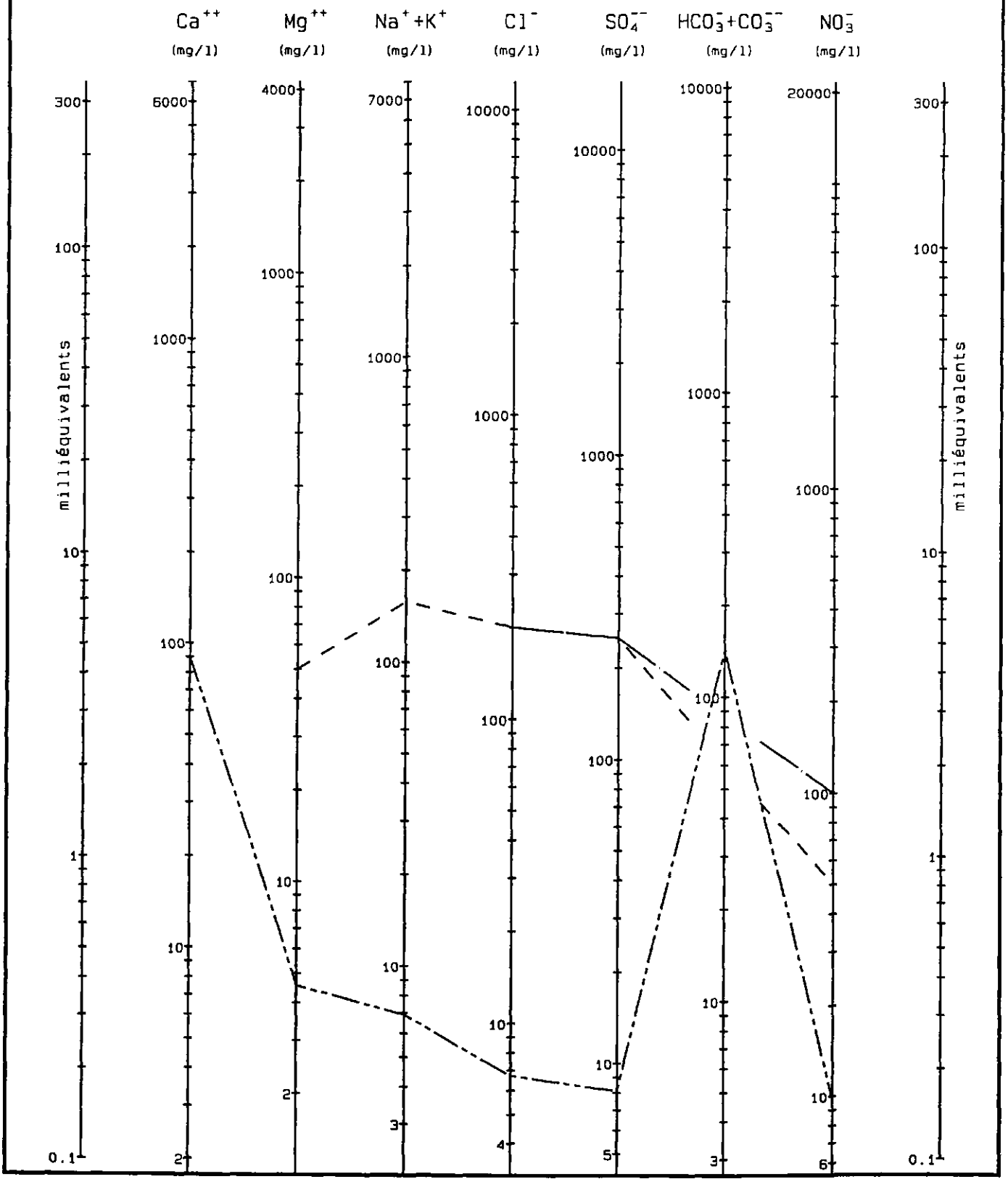
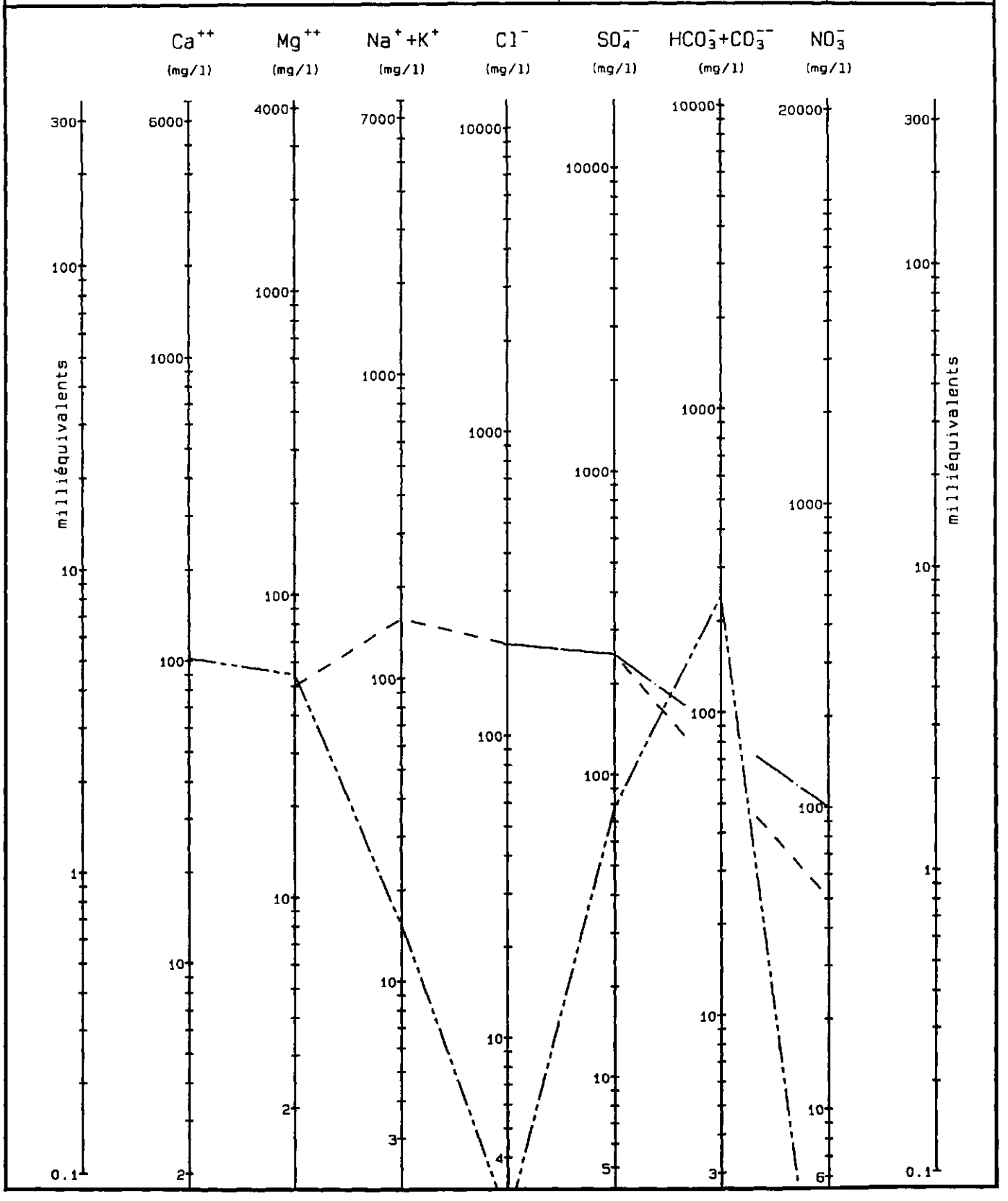


DIAGRAMME de SCHOELLER-BERKALOFF

NAPPE DES CALCAIRES JURASSIQUES SUP. DE LA BORDURE OUEST DU VERCORS - S.A. n° 219

Norme (Eau potable)	— — — — —
Norme (Ressource)	——·——·——
819 2x 25 14/01/89	——·——·——



PAYS DE LA LOIRE

DIAGRAMME de SCHOELLER-BERKALOFF

NAPPE DU BASSIN TERTIAIRE DE CAMPBON
(Eocène/Lutétien) - S.A. n° 198

Norme (Eau potable)	- - - - - -
Norme (Ressource)	——·——·——
CAMPBON4 F.5 26/10/89	——--——--——
CAMPBON4 F.9 26/10/89	————————
CAMPB.4 F.15 26/10/89	- - - - - - -

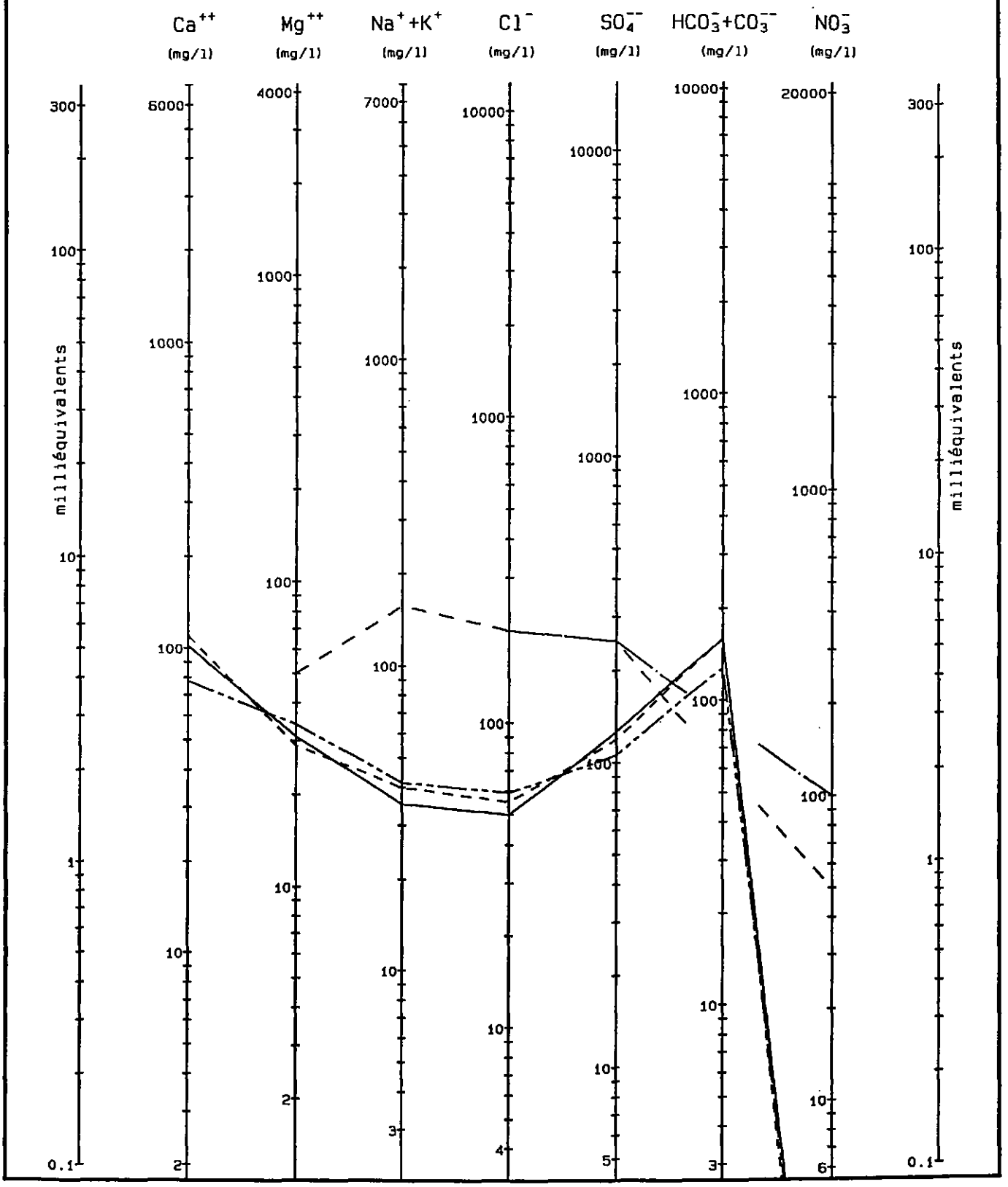


DIAGRAMME de SCHOELLER-BERKALOFF

NAPPE DES SABLES CENOMANIEN DE TOURAINE
S.A. n° 205

Norme (Eau potable)	— — — — —
Norme (Ressource)	——·——·——
GAEC CRANNES 17/03/91	——··——··——
nºBSS : 393 8X 33	

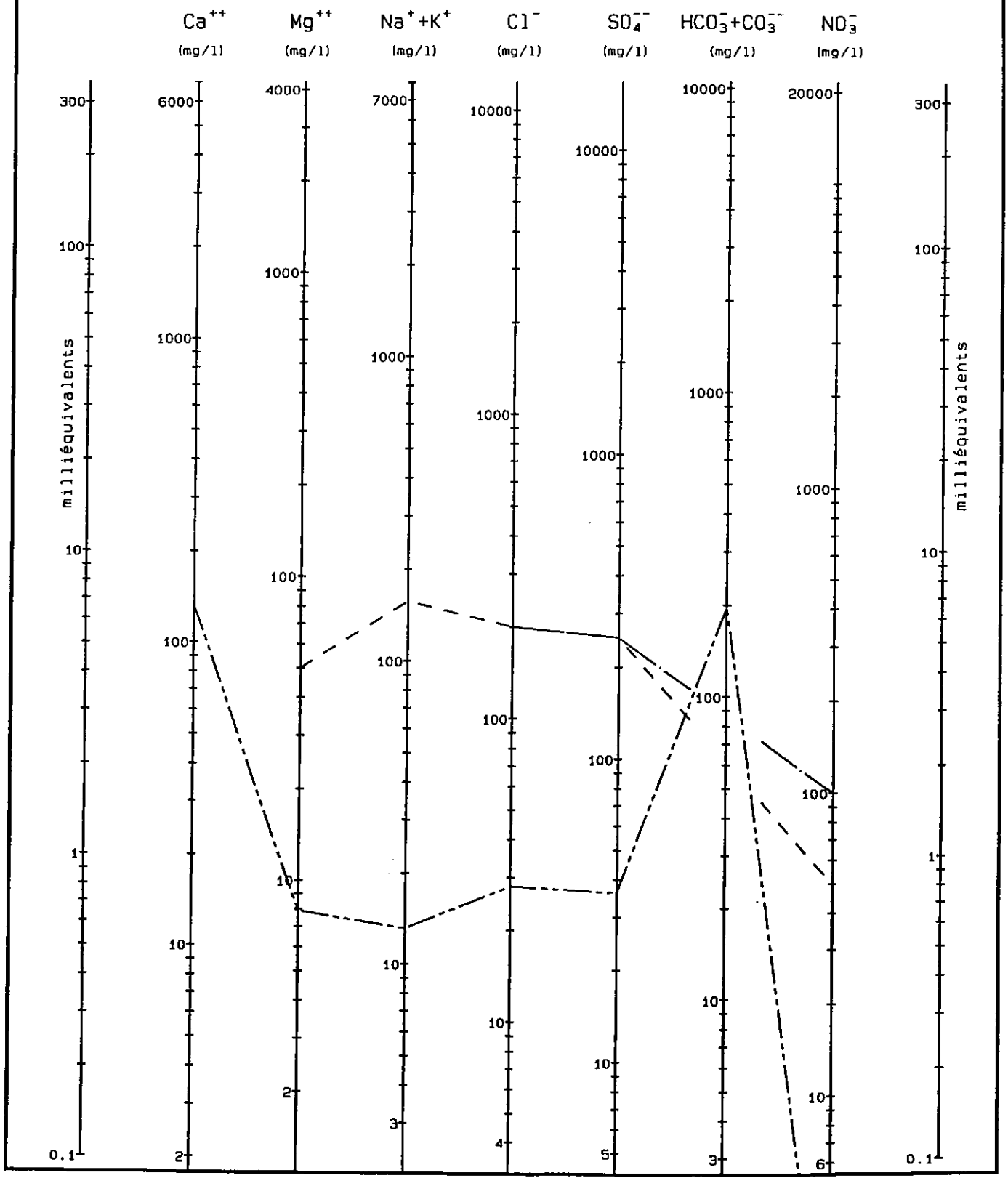


DIAGRAMME de SCHOELLER-BERKALOFF

NAPPE DU DOGGER : S.A. n° 207

NAPPE INFRALIASIQUE : S.A. n° 576d1

Norme (Eau potable)	— — — —
Norme (Ressource)	——·——··
Nappe du Dogger	——··——···
Nappe du Lias inf.	————

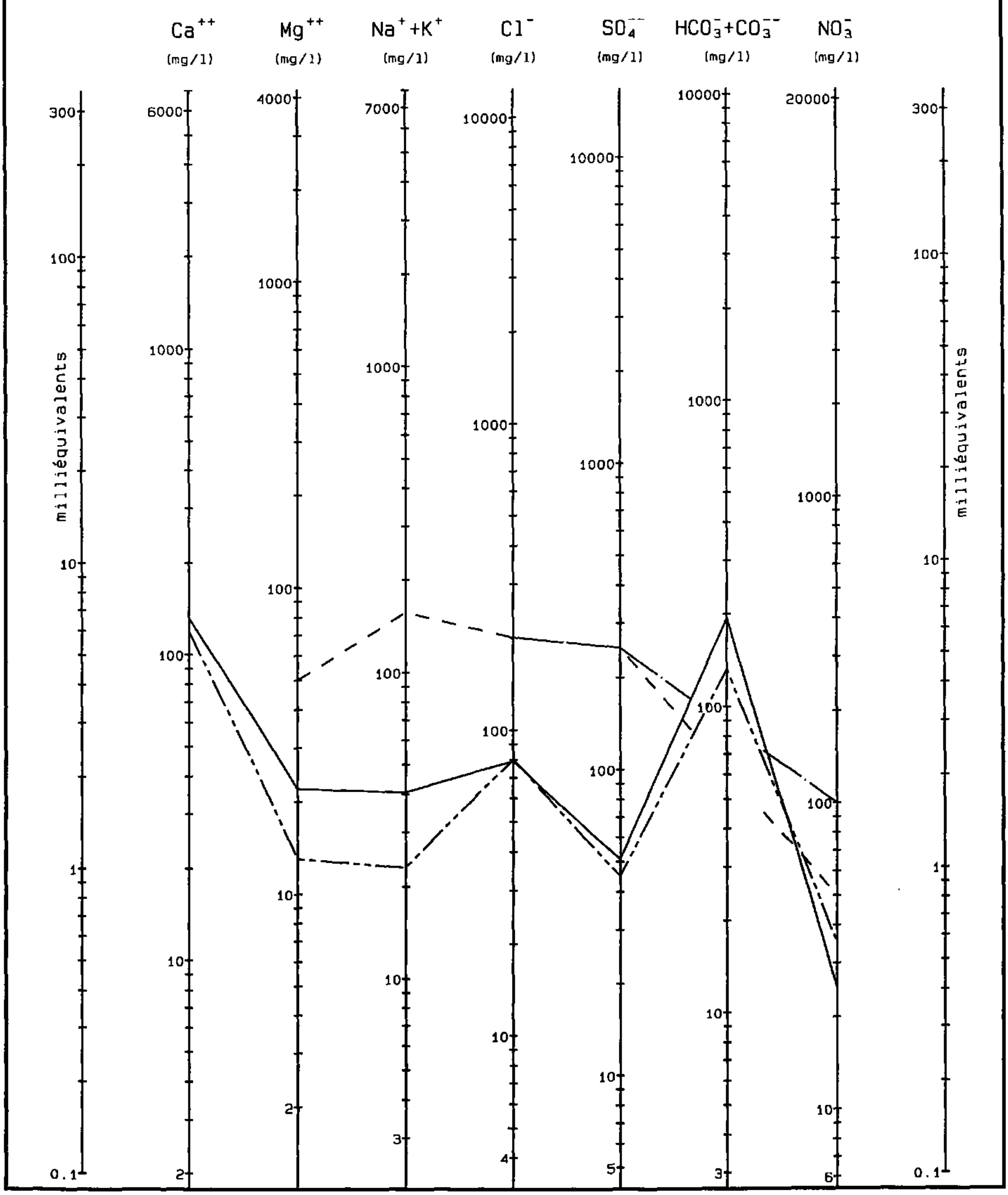
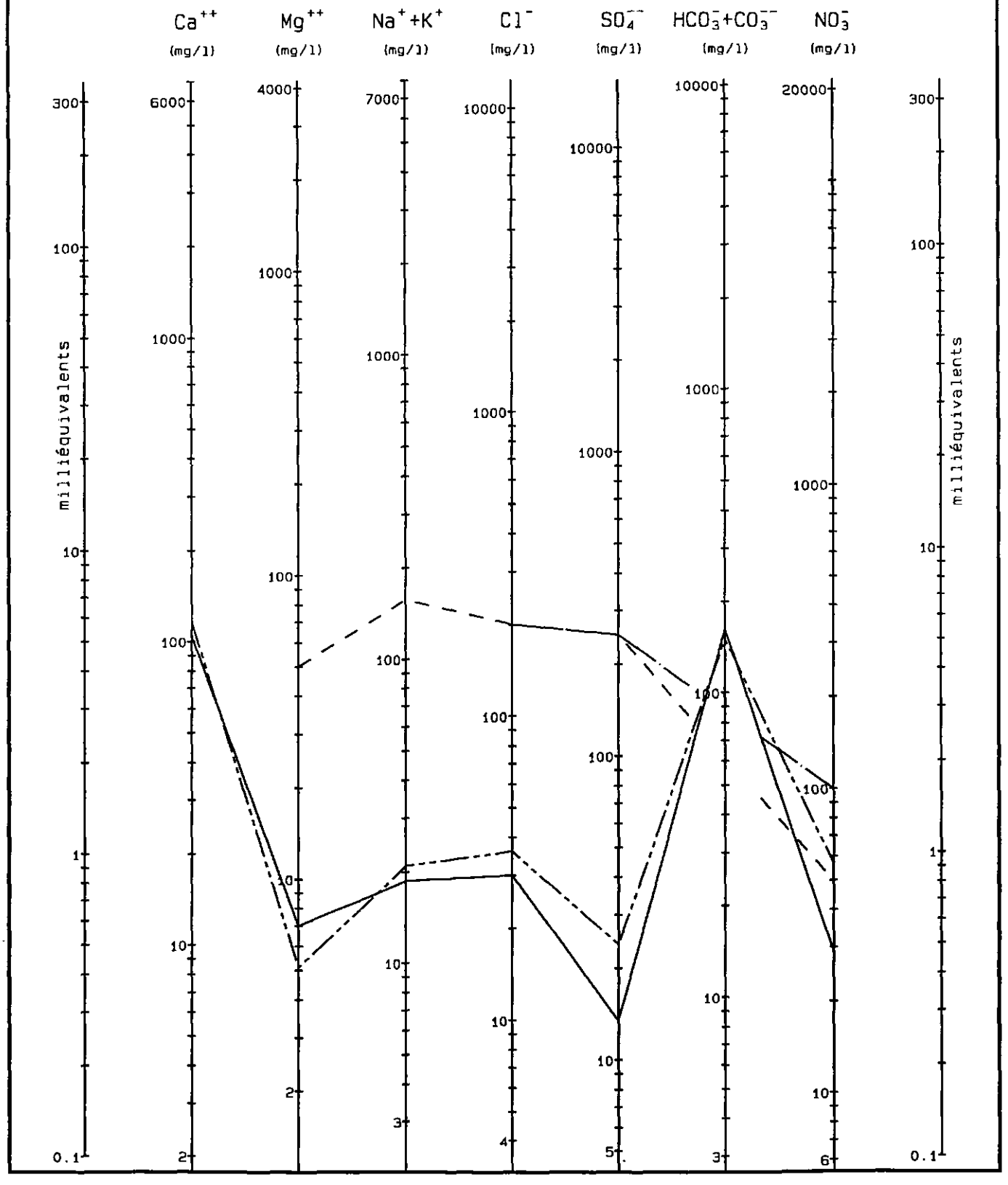


DIAGRAMME de SCHOELLER-BERKALOFF

NAPPE DU DOGGER : S.A. n° 216

LUCON

Norme (Eau potable)	
Norme (Ressource)	
585 7 7 09/10/86	
585 7 7 27/12/74