



Ministère de l'Industrie,
de la Poste et des
Télécommunications

CARACTERISATION DES EXCES D'ALUMINIUM DANS LES EAUX SUPERFICIELLES DE LA MARTINIQUE

Document public

Etude réalisée dans le cadre des actions de Service-Public du BRGM

Auteurs : Marc FIQUET
avec la collaboration de Serge LALLIER, Loïc RIOU, Bernard SANJUAN
Contrôle qualité : Yves SIMEON
février 1997
n° R 39 359

Rapport définitif

BRGM Agence Antilles
3 Av. Condorcet - 97200 Fort-De-France Cedex - Tel : 0596 71 88 68



En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Marc FIQUET, Serge LALLIER, Loïc RIOU, Bernard SANJUAN (1997) :
Caractérisation des excès d'aluminium dans les eaux superficielles de la Martinique
- 31 pages, 10 figures, 6 tableaux, 5 annexes, Rapport R 39359 ANT 97

© Ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation
expresse du BRGM

Mots clés : eaux superficielles, qualité, aluminium, physicochimie, calcul d'équilibre
géochimique, turbidité, allophanes, argiles, érosion, filtration, Martinique.

SYNTHESE

Des excès d'aluminium sont fréquemment constatés par la Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales (DDASS) de la Martinique, chargée du contrôle sanitaire des eaux de distribution publique, sur les eaux brutes des rivières, principale ressource d'approvisionnement pour l'Alimentation en Eau Potable de la Martinique.

Ces excès posent un problème d'ordre sanitaire dans la mesure où les eaux distribuées, après traitement, dépassent occasionnellement la norme impérative de 0,2 mg/l.

Le BRGM a réalisé, à la demande de la DDASS et dans le cadre de ses activités de Service Public, une étude pour caractériser la nature et l'origine de cet aluminium. L'objectif étant pour la DDASS de pouvoir définir, en concertation avec les exploitants, un programme d'amélioration de la qualité des eaux.

• Concentrations et nature de l'aluminium présent dans les eaux

De fortes concentrations en aluminium des eaux superficielles, supérieures à 0,2 mg/l et atteignant plusieurs mg/l, peuvent être observées sur la plupart des rivières exploitées. Ces teneurs se caractérisent par une grande variabilité dans l'espace et surtout dans le temps. Les dépassements correspondent à des pics brutaux.

L'aluminium présent dans les eaux superficielles est en grande partie sous forme particulaire (ou insoluble). L'aluminium dissous est en quantité mineure et qui plus est probablement surestimée. En effet, la filtration classique des échantillons à 0,45 μm est sans doute insuffisante, compte tenu de la présence de colloïdes de très petite taille. Ainsi, d'après les calculs d'équilibre géochimique, l'aluminium dissous ne devrait pas dépasser des teneurs supérieures à 0,05 mg/l et serait essentiellement sous la forme $\text{Al}(\text{OH})_4^-$.

• *Origine de l'aluminium*

Sur l'ensemble des rivières étudiées, une corrélation positive est mise en évidence entre les teneurs en aluminium total et la turbidité des eaux. Dans les conditions de pH neutre des eaux superficielles ($6,8 < \text{pH} < 7,5$), la quantité d'aluminium total n'apparaît pas dépendante du pH.

L'aluminium total mesuré dans les eaux superficielles proviendrait donc essentiellement de l'entraînement mécanique des minéraux aluminosiliceux présents dans les gels amorphes (type allophanes) et/ou des argiles des bassins versants. Ces produits, issus de l'altération pédoclimatique et/ou hydrothermale du substratum volcanique, riche en alumine, sont facilement mobilisables. Les fortes teneurs d'aluminium seraient donc liées aux phénomènes d'érosion naturels des cours d'eau montagnards.

• *Recommandations*

La réduction des teneurs naturelles en aluminium total présent dans les eaux superficielles, en dessous des normes impératives, nécessite d'améliorer, lors du traitement, la séparation des particules en suspension, responsables des excès d'aluminium.

La définition d'un programme d'intervention nécessite au préalable de compléter ce diagnostic. Nous recommandons de réaliser des analyses complémentaires sur les eaux brutes et les matières en suspension pour :

- déterminer la part réelle d'aluminium particulaire et d'aluminium dissous, à partir d'échantillons filtrés à différents diamètres de pores (0,45, 0,1, 0,001 et microfiltration),
- de préciser la taille, la nature et, si possible, l'origine des particules en suspension, responsables des excès d'aluminium, à partir d'observations au microscope électronique des filtrats,
- de valider et d'étendre les hypothèses émises à partir des calculs d'équilibre géochimique grâce à des analyses chimiques complètes effectuées sur des échantillons de différentes rivières, conditionnés correctement.

TABLE DES MATIERES

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS	5
2. CONTEXTE HYDROLOGIQUE	6
2.1 Caractéristiques physiques des rivières étudiées	6
2.2 Caractérisation de la qualité chimique naturelle de l'eau	6
2.3 Les sources potentielles d'aluminium	11
2.4 Relation entre la qualité des eaux brutes et des eaux traitées	14
3. MOYENS MIS EN OEUVRE	16
3.1 Campagne de prélèvements et d'analyses	16
3.2 Analyse des données hydrochimiques existantes - calcul d'équilibre géochimique	17
4. PRINCIPAUX RESULTATS	20
4.1. L'aluminium dans l'eau	20
4.1.1 Résultats globaux	20
4.1.2. Apports des calculs d'équilibre géochimique	23
4.1.3 Influence du pH et de la turbidité sur les teneurs en aluminium total	25
4.2. L'aluminium dans les sols	30
5. RECOMMANDATIONS POUR LE TRAITEMENT DE L'ALUMINIUM EN EXCES DANS LES EAUX SUPERFICIELLES	32
BIBLIOGRAPHIE	

Liste des figures

- Figure 1 : Localisation des principales prises d'eau en rivière pour l'A.E.P. (d'après DAF, modifié)
- Figure 2 : Qualité chimique des eaux superficielles
- Figure 3 : Contextes orographique, pluviométrique, géologique et pédologique de la Martinique
- Figure 4 : Comparaison entre les teneurs d'aluminium total des eaux brutes et des eaux traitées (d'après DDASS)
- Figure 5 : Localisation des prélèvements d'eau et de sols et teneurs en aluminium mesurées sur les eaux brutes
- Figure 6 : Répartition des formes d'aluminium dans les eaux brutes échantillonnées
- Figure 7 : Solubilité de l'aluminium en fonction du pH (d'après SIGG et al.)
- Figure 8 : Influence du pH sur les teneurs en aluminium total des eaux brutes des rivières
- Figure 9 : Relation entre la turbidité et les teneurs en aluminium des eaux brutes des rivières
- Figure 10 : Relation entre les teneurs en aluminium des eaux brutes et les teneurs en aluminium des sols lixiviés de quelques bassins versants

Liste des tableaux

- Tableau 1 : Caractéristiques hydrologiques de quelques rivières de Martinique (données ORSTOM)
- Tableau 2 : Caractéristiques physico-chimiques de quelques rivières de Martinique (données DDASS)
- Tableau 3 : Prélèvements et analyses réalisés par le BRGM
- Tableau 4 : Résultats des analyses effectuées par le BRGM
- Tableau 5 : Comparaison entre les teneurs en aluminium habituellement rencontrées dans les eaux et celles observées en Martinique
- Tableau 6 : Identification minéralogique de la fraction fine des sols

Liste des annexes

- Annexe A : Chroniques d'analyses chimiques des eaux brutes réalisées par la DDASS entre 1993 et 1996
- Annexe B : Résultats de la campagne de mesures de l'aluminium réalisée en 1995 sur la rivière Blanche et la station de Directoire par la DDASS.
- Annexe C : Résultats des analyses sur l'eau réalisées par le BRGM
- Annexe D : Résultats des analyses sur les sols réalisées par le BRGM
- Annexe E : Comparaison entre les teneurs en aluminium des eaux (données DASS) et la pluviométrie journalière (données Météo-France).

1. Contexte et objectifs

L'Alimentation en Eau Potable de l'île de la Martinique est assurée à près de 95% par des prélèvements sur les eaux de surface par l'intermédiaire de prises d'eau en rivière.

Dans le cadre du contrôle sanitaire des eaux de distribution publique, la Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales (DDASS) de la Martinique a mis en évidence de fortes teneurs en aluminium total, sur les eaux de surface (eaux brutes et eaux produites). Ces teneurs dépassent occasionnellement les normes impératives fixées par le décret 89-3 (annexe I-1). Ce dernier précise que les concentrations en aluminium total doivent être inférieures ou égales à 0,2 mg/l pour les eaux distribuées. Il n'y a pas de limites de qualité pour les eaux brutes ni de valeurs recommandées ("nombre guide") pour les eaux distribuées.

L'aluminium pose donc un problème d'ordre sanitaire qu'il convient de traiter.

La DDASS Martinique a sollicité l'appui technique du BRGM Antilles, dans le cadre de sa mission de Service Public, pour caractériser l'origine et la nature de l'aluminium.

L'enjeu est, *in fine*, de définir un programme d'amélioration de la qualité des eaux distribuées qui permette de respecter les normes réglementaires.

Suite à un bref rappel du contexte hydrologique martiniquais, ce rapport présente les moyens mis en oeuvre, les principaux résultats acquis et formule des recommandations pour affiner le diagnostic.

2. Contexte hydrologique

2.1 Caractéristiques physiques des rivières étudiées

La totalité des rivières exploitées pour l'AEP se situe dans la moitié nord de l'île, c'est à dire dans la zone de montagne qui est abondamment arrosée (figure 1 et 3).

Les bassins versants de type montagnard se caractérisent par des pentes généralement fortes (>30 % dans leur partie amont) et des tailles relativement petites : moins de 10 km², pour les prises du Galion, à près de 50 km², pour la prise d'eau de la rivière Capôt, la plus importante.

Ces bassins versants bénéficient de conditions climatiques tropicales marquées par des températures globalement élevées et par une forte pluviométrie. Les précipitations se caractérisent par de forts gradients spatiaux et altitudinaux : elles sont comprises entre 2000 mm d'eau par an à leur base et près de 5000 mm à leur sommet (figure 3b). Une grande partie des précipitations efficaces (P-ETP) ruisselle (70 à 80%).

Les cours d'eau captés constituent des rivières torrentielles. Leur régime hydrologique se caractérise par des étiages faibles et des crues brutales. Ces cours d'eau ont une forte activité érosive.

Pour illustration, quelques caractéristiques hydrologiques de rivières de Martinique sont résumées dans le tableau 1.

2.2 Caractérisation de la qualité chimique naturelle de l'eau

Cette caractérisation repose sur les analyses d'eau brute effectuées par la DDASS Martinique dans le cadre de son contrôle sanitaire entre 1993 et 1996 (cf annexe A). Les échantillons d'eau brute sont généralement prélevés à l'entrée des stations de traitement (en aval des prises d'eau). La fréquence des prélèvements est fonction des volumes d'eaux produits par la station de traitement considérée.

Rivières	Surface km ²	Débits caractéristiques (en m ³ /s)			
		Module ^[1]	DCE ^[2]	EA 5 ^[3]	crue maxi ^[4]
Lézarde (à Gros Morne)	13	1,08	0,31	0,18	295
Galion (à Bassignac)	12,8	0,73	0,20	0,12	270
Lorrain (au confluent)	26,8	2,92	0,66	0,43	560
Capôt (au Saut Babin)	34,1	3,32	1,23	0,89	375
Blanche (à l'Alma)	4,3	0,58	0,29	0,24	117

[1] Débit moyen interannuel ;[2] Débit caractéristique d'étiage moyen (valeur non dépassé 10 jours/an ;[3] Débit minimum annuel de fréquence quinquennal ; [4] Débit de pointe estimée lors de la crue du 21/08/1970 suite au passage de la tempête tropicale Dorothy

Tableau 1 : caractéristiques hydrologiques de quelques rivières de Martinique (données ORSTOM).

station	nbre d'analyses[1]	pH	C (µS/cm)	T (°C)	turbidité (N.T.U)	SiO ₂ (mg/l)	Al mg/l [2]
prise d'eau Capôt	28	6,8 à 7,8	63 à 154	23 à 26	0,26 à 34	27 à 60	0 à 1,4
prise d'eau Lézarde	24	6,6 à 7,7	50 à 75	22 à 27,5	0,7 à 14	15 à 31	0 à 0,7 [6]
prise riv Blanche	47	5,6 à 8,5	58 à 109	22 à 27	0 à 57	0 à 34	0 à 9 [7]
station Galion [3]	12	6,9 à 7,8	39 à 69	23 à 25,5	0,89 à 9,8	12 à 19	0 à 0,87
station Cafetière [4]	23	6,6 à 7,94	77 à 128	22 à 27	1,2 à 305	30 à 42	0,06 à 3,9
station Didier [5]	49	6,8 à 8,1	79 à 134	21,5 à 28	0,51 à 6,2	37 à 40	0 à 1,1

[1] nombre d'échantillon entre le 01/01/1993 et le 31/12/96

[2] échantillon acidifié au laboratoire (non filtré)

[3] échantillon prélevé à l'entrée de la station de traitement du Galion (correspond au mélange des eaux captées sur Bras Gommier, Bras Verrier et le pompage à la confluence) [4] échantillon prélevé à l'entrée de la station de traitement de Cafetière (correspond au mélange des eaux captées sur la rivière l'Or et la rivière Monsieur [5] échantillon prélevé à l'entrée de la station de traitement de Didier (correspond au mélange des eaux captées sur les prises d'eau des rivières de Duclos, Absalon et Dumauzé)

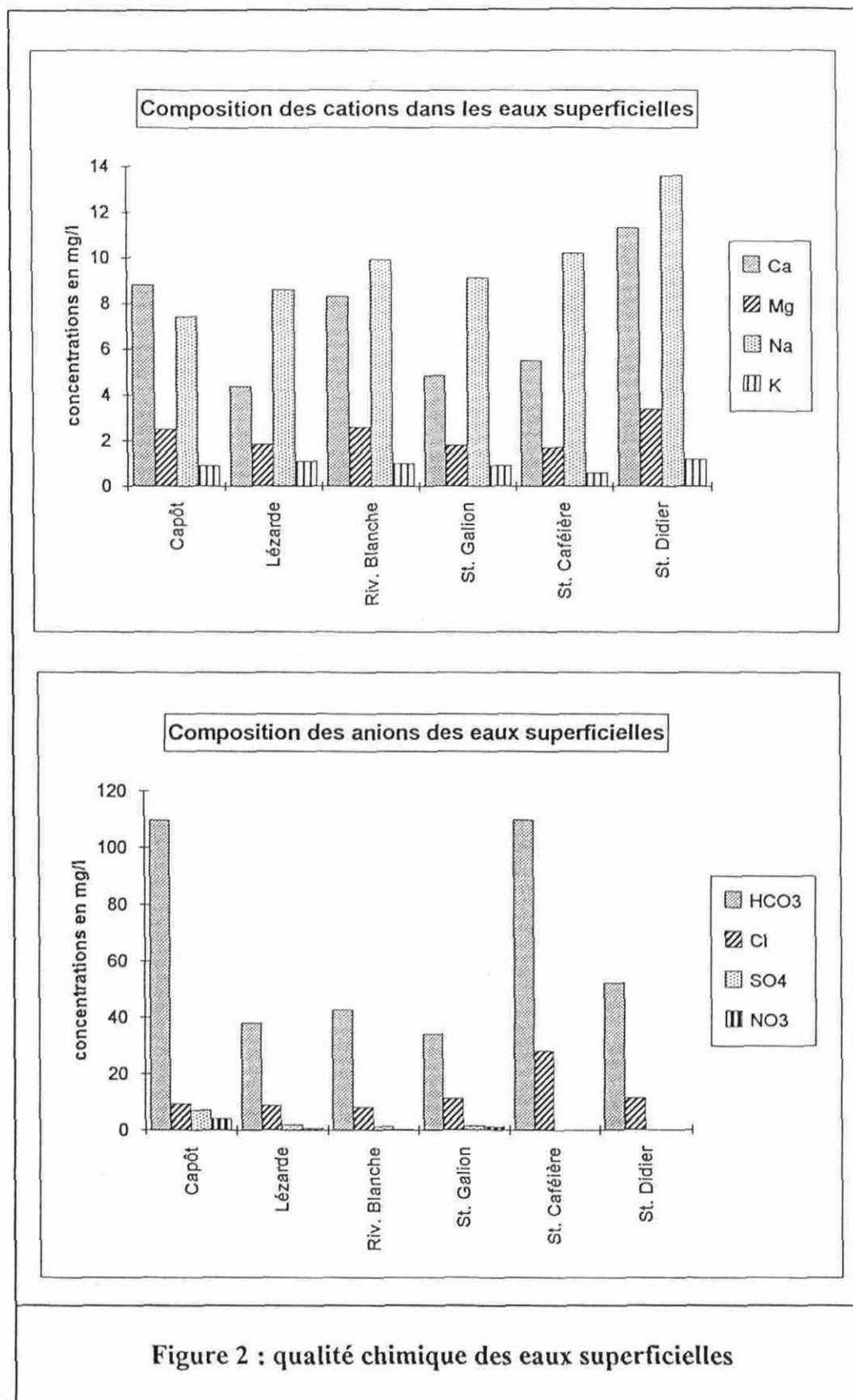
[6] teneurs d'Al t comprises entre 0,04 et 2,20 mg/l durant campagne de juillet-septembre 95

[7] teneurs d'Al t comprises entre 0,1 et 8,30 mg/l durant campagne de juillet-septembre 95

Tableau 2 : caractéristiques physico-chimiques de quelques rivières de Martinique (données DDASS).

Les rivières présentent des caractéristiques physico-chimiques comparables (cf tableau 2, figure 2 et annexe A) :

- La minéralisation est relativement faible. La conductivité électrique est comprise entre 50 et 100 $\mu\text{S/cm}$. Exceptionnellement, elle peut atteindre et dépasser 130 $\mu\text{S/cm}$. La minéralisation totale et la composition des eaux de surface peut varier brutalement.
- Les eaux présentent un faciès hydrochimique de type bicarbonaté calco-sodique. Les ions majeurs dominants sont (cf figure 2) :
 - pour les cations $\text{Na}^+ \sim \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$
 - pour les anions $\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$
- Les températures sont relativement élevées comprises entre 21,5 et 28 °C. Elles dépassent donc régulièrement les limites impératives de 25 °C.
- Les pH sont généralement proches de la neutralité; ils sont compris dans la majorité des cas entre 6,8 et 7,8. Le pH n'atteint et ne dépasse qu'exceptionnellement des valeurs de 8.
- La turbidité des eaux est variable et peut être très forte. La turbidité des eaux brutes peut atteindre et dépasser 50 N.T.U. lors de crues liées à de violents épisodes pluvieux (tempêtes tropicales, cyclones). La limite de qualité imposée aux eaux distribuées est de 2 N.T.U.
- Les éléments traces sont à l'exception de l'aluminium généralement en faible quantité (y compris fer, manganèse, fluor...).
- Les teneurs en aluminium total dans les eaux brutes sont très variables. Elles dépassent fréquemment 0,2 mg/l et peuvent atteindre des valeurs très élevées, supérieures à 1 mg/l (cf tableau 2 et annexe A).



2.3 Les sources potentielles d'aluminium

• *Contexte géologique*

La Martinique se trouve dans un contexte géodynamique d'arc insulaire. Le volcanisme se caractérise par des séries magmatiques calco-alcalines, où prédominent les termes acides.

Les bassins versants sont constitués de produits volcaniques jeunes, de nature essentiellement andésitiques ($53 < \text{SiO}_2 < 63\%$) et dacitiques ($63 < \text{SiO}_2 < 69\%$), riches en alumine. Sur la figure 3c sont représentées les grands ensembles volcaniques du nord de la Martinique. Les différences d'âges entre les édifices volcaniques permettent de considérer le Morne Jacob et les Pitons du Carbet (de 0,75 à 5,5 Ma) d'un côté et la Montagne Pelée et le Mont Conil (moins de 0,75 Ma) de l'autre. Schématiquement, ces dépôts correspondent majoritairement à des laves (Pitons du Carbet, Morne Jacob) et des pyroclastites (coulées de ponces, nuées ardentes sur la Montagne Pelée).

• *Complexe d'altération*

Le contexte géodynamique et climatique de la Martinique favorise l'altération des formations éruptives, riches en verres et en minéraux aluminosilicatés destructibles, et leur transformation en argile. Cette altération est de deux types :

↳ *L'altération hydrothermale* (ou endogène) actuelle ou fossile. Les argiles hydrothermales sont principalement des illites, kaolinites et smectites (Westercamp, 1989). Ces zones se caractérisent par des conditions confinées et très acides (pH souvent < 4).

↳ *L'altération pédo-climatique*, favorisée par l'environnement tropical. Deux processus prédominent :

- l'altération biochimique, rapide, libère l'alumine sous forme de gels amorphes ou incomplètement cristallisés (allophanes^[1], imogolites), qui immobilisent les composés organiques solubles en donnant des complexes humus-alumine très stables (processus d'andosolisation). Les néoformations d'argiles sont inhibées.

[1] silicates d'alumine de composition semblable à celui des argiles mais incomplètement organisés et non structurés en feuillets.

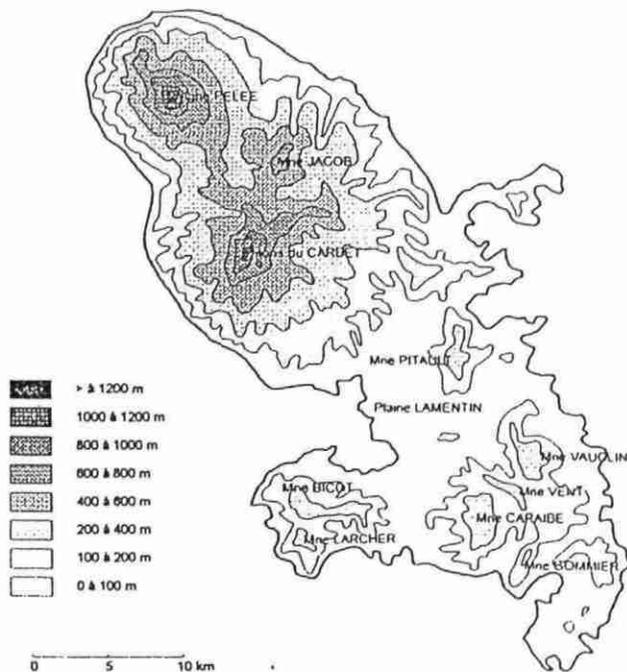


Figure 3a : Orographie de la Martinique

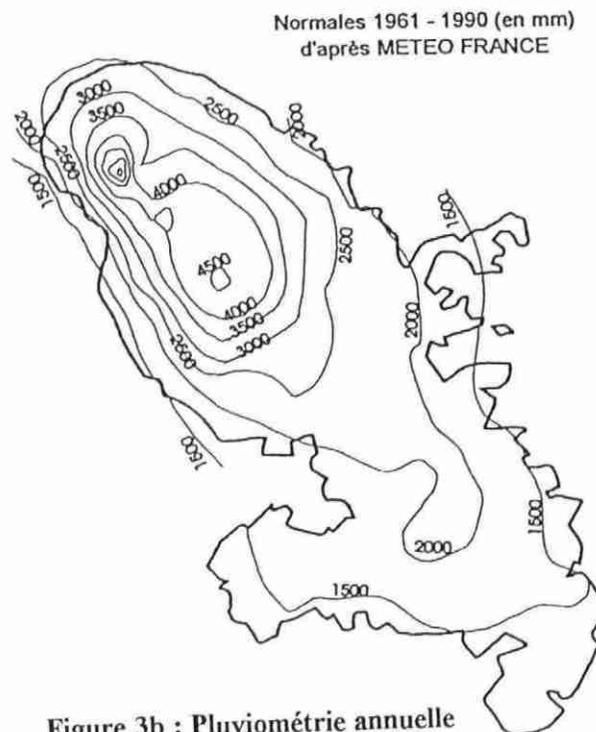


Figure 3b : Pluviométrie annuelle

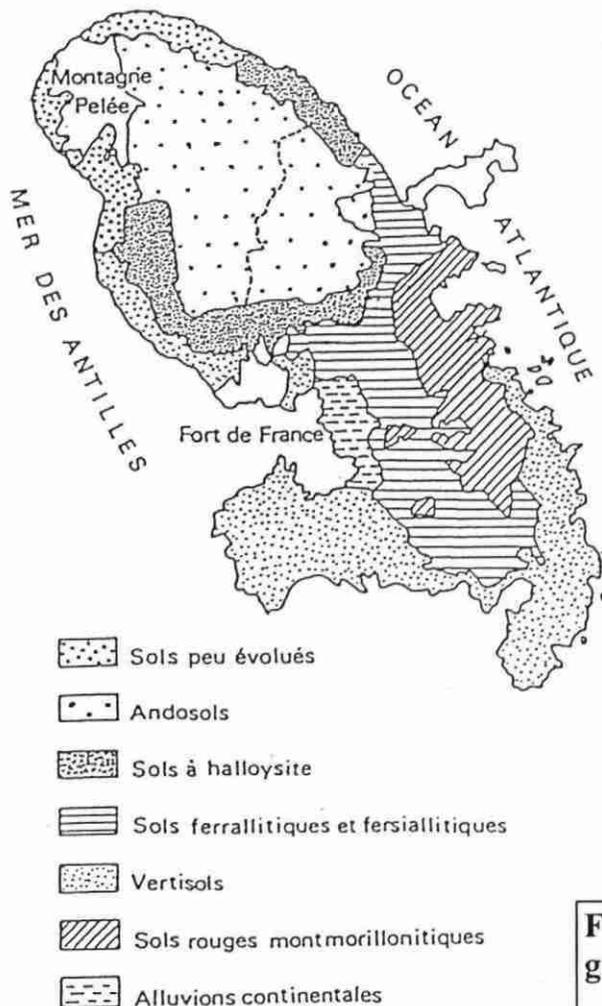


Figure 3d : Carte de localisation des sols (Atlas de la Martinique. CNRS)

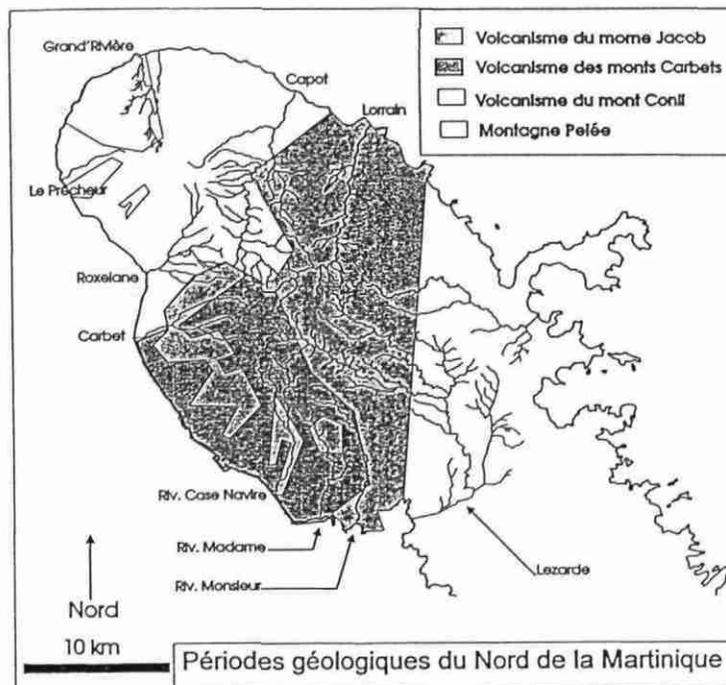


Figure 3c : Géologie de la moitié nord de la Martinique

Figure 3 : Contextes orographique, pluviométrique, géologique et pédologique

- l'altération géochimique. Elle correspond à une hydrolyse totale (décomposition par l'eau), qui se traduit par la libération et l'élimination, par drainage, des constituants des minéraux. Les oxyhydroxydes de fer et d'aluminium sont insolubilisés. Cette altération aboutit à des argiles néoformées.

Ces néoformations dépendent de la quantité de silice, qui échappe à l'élimination par drainage : bisiallisation (d'argile 2/1 riche en silice, type smectites), monosiallisation (argile 1/1, type kaolinite ou halloysite), l'allitisation (cristallisation d'alumine isolée = gibbsite, quand toute la silice est éliminée).

La répartition des sols représentée sur la figure 3d montre un étagement lié à la pluviométrie : les sols à allophanes, caractéristiques des zones humides, prédominent largement sur notre secteur d'étude. Ils font place en basse altitude aux sols à halloysites qui connaissent des périodes de dessiccation temporaire.

Finalement, ces bassins versants sont recouverts d'un complexe d'altération, d'épaisseur variable, constitué de minéraux alumino-silicatés plus ou moins bien cristallisés. Ce "nappage" à dominante argileuse favorise les phénomènes de ruissellement et étant, facilement érodable, contribue à la charge solide des cours d'eau.

• *Activités humaines*

L'occupation du sol de ces bassins versants se caractérise par une végétation tropicale hygrophile dans la moitié amont, en altitude. La moitié aval fait généralement l'objet d'une exploitation agricole, dominée par la culture de la bananes, l'ananas et le maraîchage.

Aucune source d'aluminium liée aux activités humaines n'est connue.

2.4 Relation entre la qualité des eaux brutes et des eaux traitées

Leur qualité est telle que les eaux brutes des rivières de Martinique nécessitent des traitements avant d'être distribuées.

Ces traitements ont principalement pour but de réduire la turbidité des eaux et de rendre les eaux bactériologiquement saines. La filière de traitement classique des matières en suspension (MES) comprend schématiquement des dessableurs, en aval des prises d'eau, puis au niveau de la station de traitement une coagulation-floculation au sulfate d'alumine, une décantation ascendante dans un décanteur type "pulsator" et enfin une filtration sur sable. L'eau est ensuite désinfectée par de l'hypochlorite de calcium avant d'être distribuée.

D'après le bilan 1995 relatif au contrôle sanitaire des eaux de distribution publique, les eaux traitées sont de bonne qualité. Toutefois des dépassements sont occasionnellement observés concernant l'aluminium.

Une campagne d'analyse de l'aluminium total effectuée par la DDASS en 1995, sur une période de trois mois (Juillet-septembre), sur deux stations de traitement alimentées respectivement par les eaux de la rivière Lézarde et de la rivière Blanche (cf § 3.2), révèle :

- des dépassements de la norme impérative sur 13% des échantillons (soit 4 échantillons/31) des eaux traitées de la rivière Blanche et sur 26 % des échantillons (8 échantillons/30) des eaux traitées de la Lézarde,
- des teneurs des eaux brutes sont dans 76% des cas supérieures à 0,2 mg/l pour les deux rivières.

Cette étude a montré l'absence de relation linéaire entre les concentrations en aluminium des eaux brutes et des eaux traitées (cf figure 4).

Généralement, les teneurs d'aluminium en sortie de station sont nettement plus basses que celles des eaux brutes. Mais exceptionnellement, les teneurs en sortie de station peuvent dépasser celles en entrée. Dans ce dernier cas de figure, il est possible que c'est le système de traitement lui même qui génère une fuite d'aluminium.

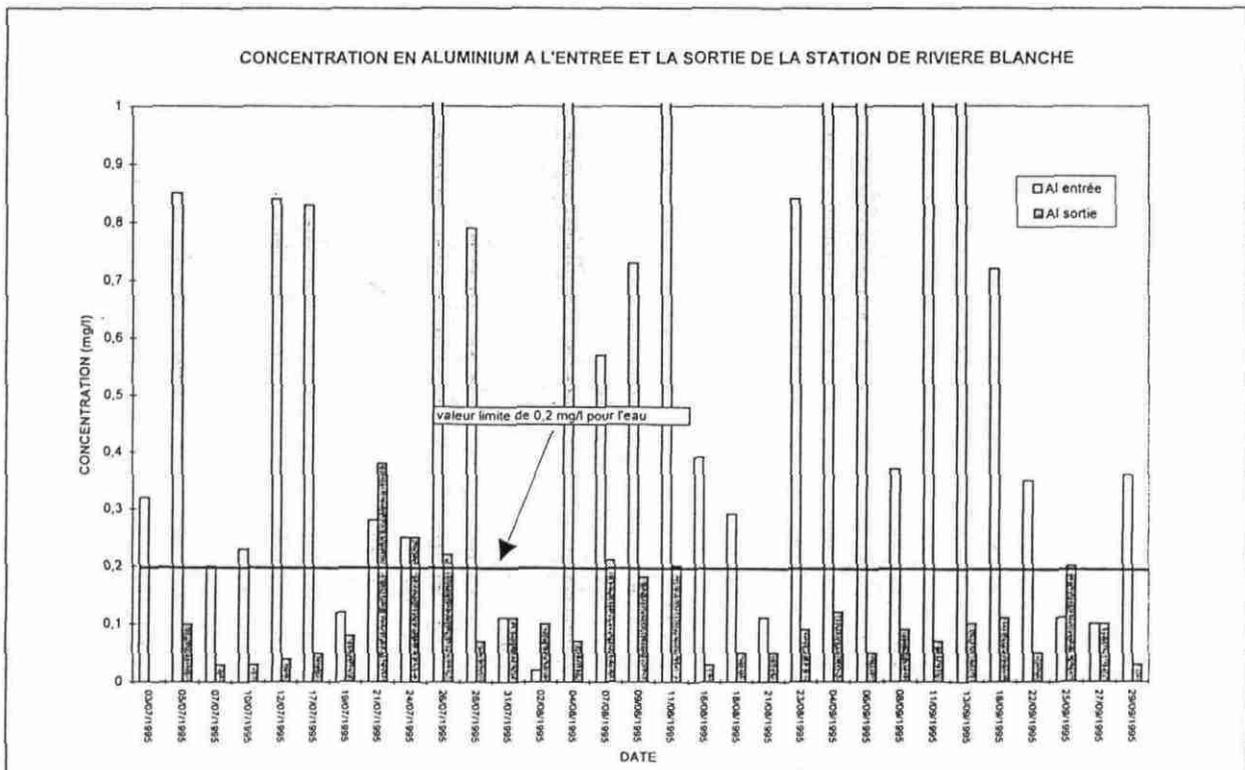
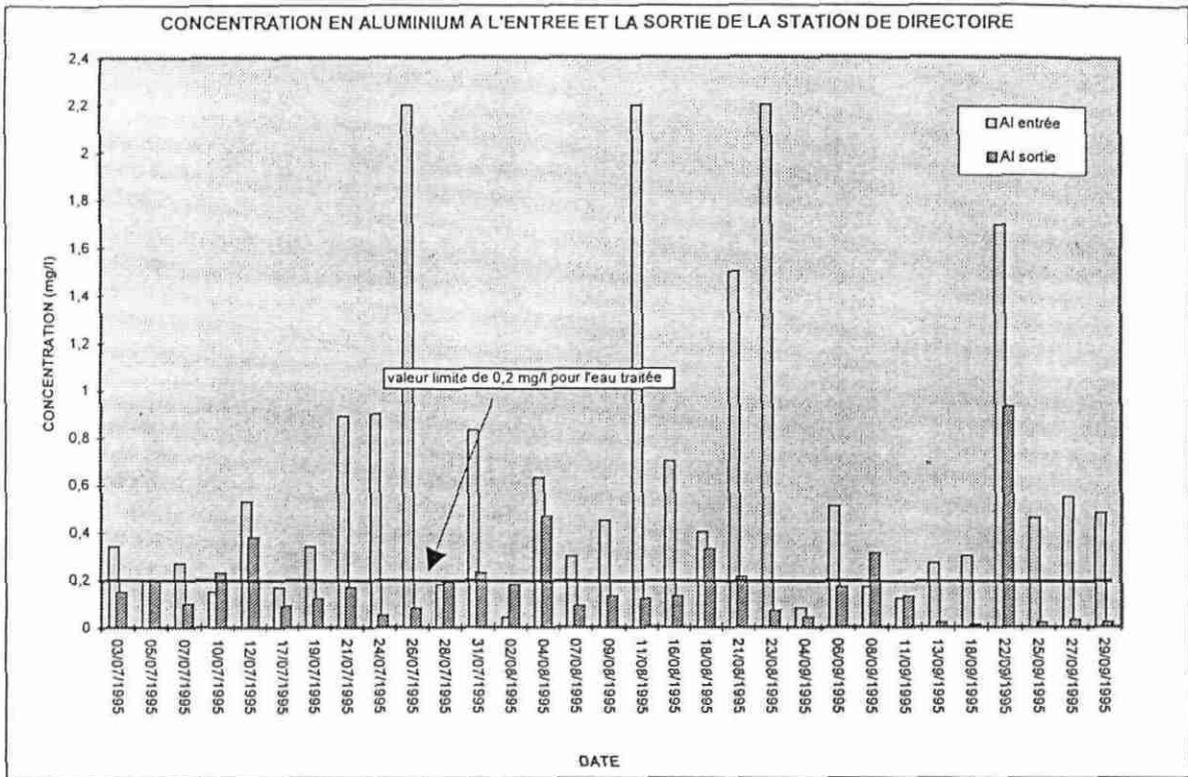


Figure 4 : comparaison entre les teneurs d'aluminium total des eaux brutes et des eaux traitées (d'après DDASS)

3. Moyens mis en oeuvre

3.1 Campagne de prélèvements et d'analyses

• *Choix des rivières échantillonnées*

Le BRGM a élaboré, en concertation avec la DDASS, un programme d'échantillonnage d'eau et de sol sur les rivières exploitées et leur bassin versant.

Sept cours d'eau ont été prioritairement retenus par la DDASS, sur la base des taux moyen d'aluminium contenu dans les eaux brutes analysées entre 1993 et le premier semestre 1995. Deux autres rivières proposées par la DDASS ont fait l'objet de mesures également (cf tableau 3).

Le programme comportait des prélèvements et analyses sur les eaux et les sols des bassins versants (cf tableau 3 et figure 5) :

• *Analyses sur l'eau*

Ces analyses ont pour but de caractériser la nature de l'aluminium présent dans les eaux superficielles. Elles comportent :

- 16 échantillons d'eau sur lesquels ont été analysés l'**aluminium dissous**. Ces échantillons ont été filtrés à 0,45 µm, diamètre de filtration le plus couramment utilisé, et acidifiés *in situ* (acide nitrique),
- 16 échantillons d'eau sur lesquels ont été analysés l'**aluminium total**. Ces échantillons ont été acidifiés *in situ*.

Ces échantillons ont été prélevés pour la plupart d'entre eux en amont des prises d'eau. Dans la majorité des cas deux échantillons d'eau ont été effectués par rivière : un premier dans la partie amont du cours d'eau, un second dans son cours aval.

• *Analyse sur les sols*

L'analyse de quelques sols des bassins versants doit permettre de préciser l'origine de l'aluminium présents dans l'eau :

- 6 échantillons de sols ont été prélevés dans les parties amont de quelques bassins versants pour effectuer des tests de lixiviation de l'aluminium.

- 3 diffractométrie aux rayons X sur les échantillons de sols présentant les plus fortes teneurs en aluminium, consécutivement au test de lixiviation.

• *Conditions de prélèvements et d'analyses des échantillons*

La campagne d'échantillonnage s'est effectuée au début du mois de décembre 1995 (les 4, 5 et 6 décembre), en fin d'hivernage. Les conditions climatiques étaient humides. Le 4 et 5 décembre des averses ont été observées sur la majeure partie du territoire avec un caractère violent sur les reliefs et leurs proches abords.

Les prélèvements (eau et sols) ont été analysés par le BRGM Analyse, laboratoire accrédité COFRAC, à Orléans. Les méthodes d'analyses sont présentées en annexe C et D.

3.2 Analyse des données hydrochimiques existantes - calcul d'équilibre géochimique

Compte tenu du budget limité de cette étude, des analyses chimiques complètes n'ont pu être réalisées sur les échantillons d'eau.

Cependant, un certain nombre de données complémentaires, recueillies auprès du service Eau-environnement de la DDASS, a été utilisé :

- les chroniques d'analyses réalisées entre 1993 et 1996 sur les eaux brutes, dans le cadre du contrôle sanitaire. Les eaux sont prélevées en général à l'entrée des stations de traitement. Dans certains cas (station de Didier, de Cafetière par exemple), il s'agit de mélange d'eau provenant de plusieurs prises d'eau. Les mélanges d'eau rendent délicate la caractérisation des eaux brutes. Ces analyses portent principalement sur les éléments majeurs, aluminium total, paramètres physico-chimiques (pH, températures, turbidité) et quelques éléments traces (cf annexe A).

- des résultats d'une campagne d'analyses du fer et de l'aluminium, menée entre juillet et septembre 1995, par la DDASS Martinique (cf. § 2.4). Cette étude portait sur les eaux brutes et produites des stations de traitement de Directoire, alimentée par la rivière Lézarde, et de la station de rivière Blanche, alimentée par la rivière du même nom (cf annexe B).

Les données d'aluminium disponibles de la DDASS ne portent que sur l'aluminium total, analysé sur des échantillons non filtrés et acidifiés au laboratoire.

Rivière	taux moyen d'aluminium (mg/l) [1]	Prélèvements BRGM						
		n° échantillon	localisation	altitude (m NGM)	Aluminium dissous et total [2]	Tests de lixiviation [3]	Diffractionnée des RX [4]	date de prélèvement
riv Blanche	0,3	1	amont station traitement	170	X			05-Déc
		2	maison forestière de l'Alma	350	X	X	X	05-Déc
riv l'Or	0,6	3	amont confluence riv Monsieur	190	X			06-Déc
		4	Plateau courbarit	500	X	X	X	06-Déc
riv Monsieur		5	près de la D47	260	X	X		06-Déc
riv Duclos	0,3	6	amont confluence ravine Dumauzé	160	X			06-Déc
		7	Rav. Clark	470	X	X		04-Déc
riv Dumauzé	0,3	8	amont Fontaine-Didier	210	X			06-Déc
		10	au sud de l'hôpital Colson	451	X			04-Déc
riv Absalon		9	oratoire au nord de la station	350	X			04-Déc
riv Capot	0,2	11	Mackintosh	319	X	X	X	05-Déc
		12	aval prise d'eau	42	X			05-Déc
riv Galion	0,17	13	Bras Verrier	300	X	X		05-Déc
		14	Petit Galion	114	X			05-Déc
riv Lézarde	0,11	15	amont station de pompage de Deux-Terres	171	X			05-Déc
		16	source de Palourde	600	X			04-Déc

en gras rivières retenues prioritaires par la DDASS

[1] taux moyens calculés sur une série de prélèvements réalisés entre 1993 et le premier semestre 1995
prélèvement correspondant dans certains cas à des mélanges d'eau en entrée de station de traitement

[2] échantillon d'eau superficielle

[3] lixiviation de l'aluminium réalisée sur des échantillons de sols prélevés dans la partie amont des bassins

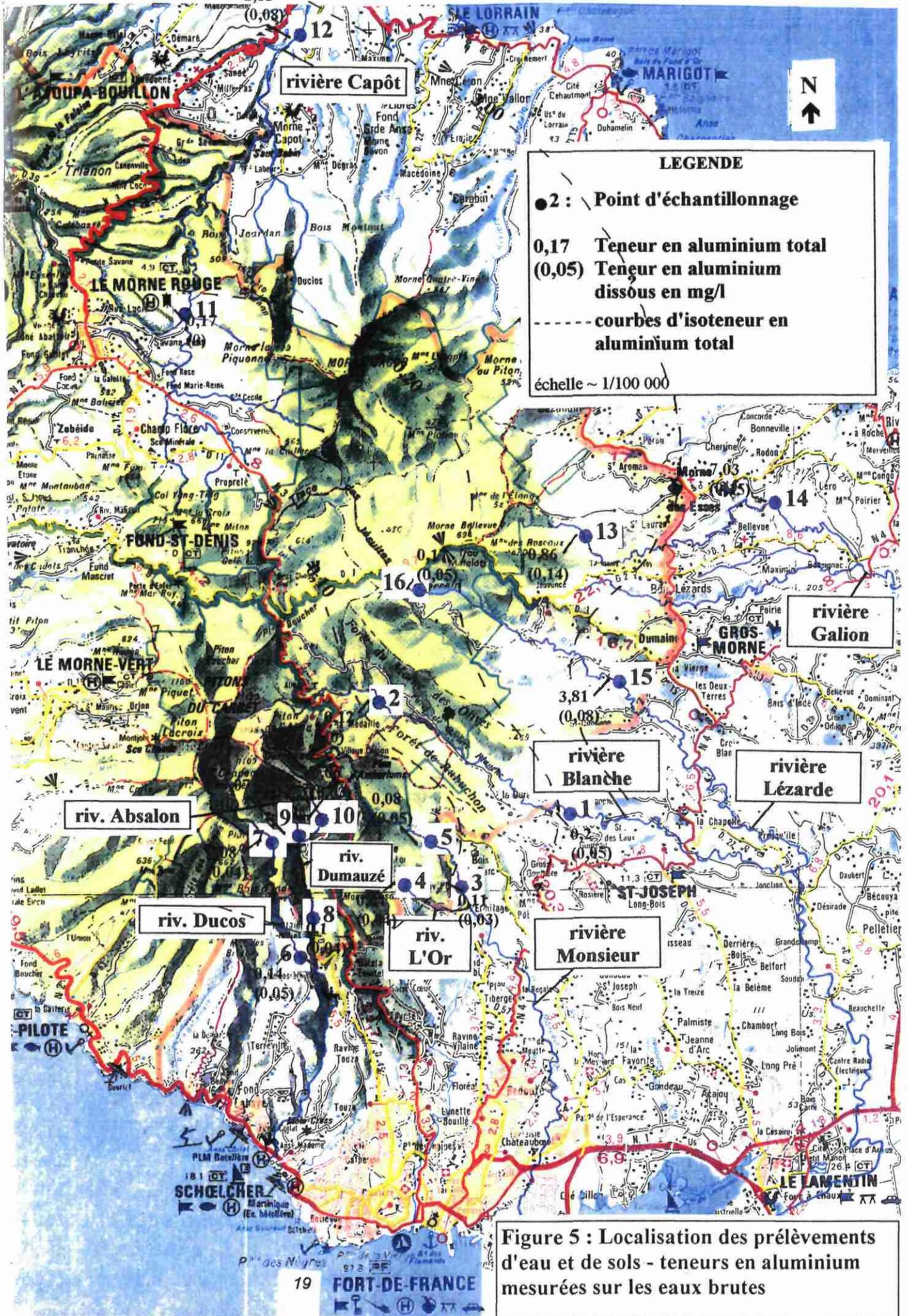
[4] diffractométrie RX réalisé sur les échantillons de sols présentant les plus fortes teneurs en aluminium.

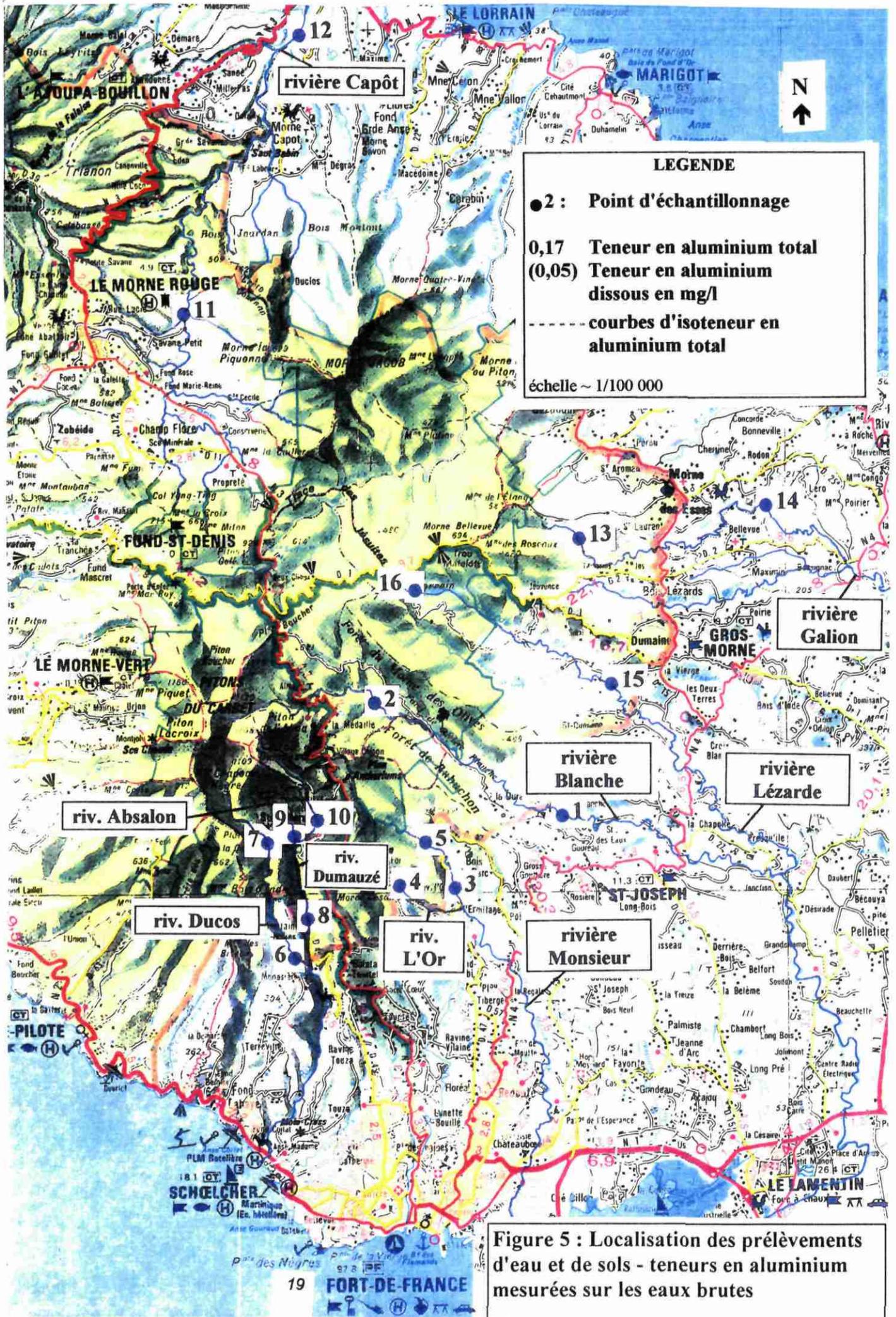
Tableau 3 : Prélèvements et analyses réalisés par le BRGM

L'analyse de ces données a pour but :

- d'apprécier la représentativité des prélèvements effectués par le BRGM,
- de prendre en compte l'influence des paramètres chimiques et physico-chimique de l'eau sur les teneurs en aluminium,
- de réaliser des calculs de spéciation et de saturation à partir du code de calcul géochimique EQ3NR (BRGM) afin de connaître les minéraux avec lesquels les eaux sont équilibrées.

**Voir calque
dans document
papier**





4. Principaux résultats

4.1. L'aluminium dans l'eau

4.1.1 Résultats globaux

Les résultats des analyses réalisées dans le cadre de cette étude sont présentés dans le tableau 4 et sur la figure 5.

n° échantillon	Rivière	localisation	résultats [1]				
			altitude (m NGM)	Al dissous (mg/l)	Al total (mg/l)	Al lixiviation (mg/kg)	Diffractionnètrie des RX
1	riv Blanche	amont station traitement	170	0,05	0,2	-	
2		maison forestière de l'Alma	350	0	0,12	226	X
3	riv l'Or	amont confluence riv Monsieur	190	0,03	0,11		
4		Plateau courbarit	500	0,04	0,04	31	X
5	riv Monsieur	près de la D47	260	0,05	0,08	1,7	
6	riv Duclos	amont confluence ravine Dumauzé	160	0,05	0,14		
7		Rav. Clark	470	0,04	0,08	1,8	
8	riv Dumauzé	amont Fontaine-Didier	210	0,04	0,1		
10		au sud de l'hôpital Colson	451	0,03	0,06		
9	riv Absalon	oratoire au nord de la station	350	0	0,07		
11	riv Capot	Mackintosh	319	0	0,17	11	X
12		aval prise d'eau	42	0,08	2,85		
13	riv Galion	Bras Verrier	300	0,14	0,86	4,1	
14		Petit Galion	114	0,15	7,03		
15	riv Lézarde	amont station de pompage de Deux-Terres	171	0,08	3,81		
16		source de Palourde	600	0,05	0,17		

[1] analyses réalisées par le BRGM Analyse le 16 janvier 1996

Tableau 4 : Résultats des analyses effectuées par le BRGM

- Les concentrations d'aluminium total dosé dans les eaux superficielles de la Martinique sont élevées sur l'ensemble des rivières. Les concentrations observées sont de 10 à plus de 2000 fois supérieures aux teneurs moyennes des eaux superficielles (cf tableau 5). Ces concentrations sont comparables aux teneurs rencontrées dans les eaux thermales.

- Les teneurs en aluminium total sont très variables d'une rivière à l'autre. Elles varient entre 0,04 mg/l, sur le cours amont de la rivière

Teneurs en aluminium total en mg/l	eau de mer	eaux de rivière	eaux thermales
Données moyennes (zone tempérée)	$9,45 \cdot 10^{-4}$	$2,97 \cdot 10^{-3}$	$2,97 \cdot 10^{-3}$ à 5,4
Teneurs observées en Martinique	?	0,04 à 8,3 ^[1]	3 $\cdot 10^{-3}$ (Didier) 2,5 $\cdot 10^{-3}$ (Absalon) 19 (Morne Rouge) ^[2]

^[1] résultats campagnes BRGM 1995, comparables aux chroniques DDASS ^[2] forage expérimental Chamflor

Tableau 5 : Comparaison entre les teneurs en aluminium habituellement rencontrées dans les eaux et celles observées en Martinique

l'Or, et 7,03 mg/l, sur la rivière du Petit Galion. Ces valeurs sont comparables aux gammes de valeurs mesurées par la DDASS, comprises entre 0 mg/l (?) et 8 mg/l (cf annexe A et tableau 2).

- Les concentrations en aluminium total et en aluminium dissous décroissent avec l'altitude. Elles augmentent fortement d'amont en aval des cours d'eau (cf figure 5). Les valeurs d'aluminium total sont multipliées selon les rivières entre 1,6 et 22 d'amont en aval. Les données disponibles sont insuffisantes pour espérer caractériser une relation entre l'altitude et les concentrations en aluminium.

- Les concentrations en aluminium total sont très variables dans le temps. Les analyses réalisées par la DDASS montrent que les concentrations d'aluminium total sont très variables, pour une même rivière au cours du temps (tableau 2) :

Les résultats du suivi tri-hebdomadaire de l'aluminium total réalisé en 1995 sur les eaux brutes de la Lézarde (station de Directoire) et sur la rivière Blanche (station de rivière Blanche) sont présentés sur la figure 4. Les séries montrent une grande dispersion. L'étendue des séries est de 2,16 mg/l pour la Lézarde (moyenne 0,62; écart-type 3,48) et de 8,28 mg/l pour la rivière Blanche (moyenne 1,12; écart-type 1,82).

- L'aluminium présent dans les eaux est essentiellement sous forme d'aluminium particulaire (ou insoluble), sauf exception. L'aluminium dissous représente moins de 50% de l'aluminium total sur 12 échantillons/16. Sur la figure 6, sont représentées les parts respectives d'aluminium dissous et d'aluminium particulaire. Leur somme constitue l'aluminium total.

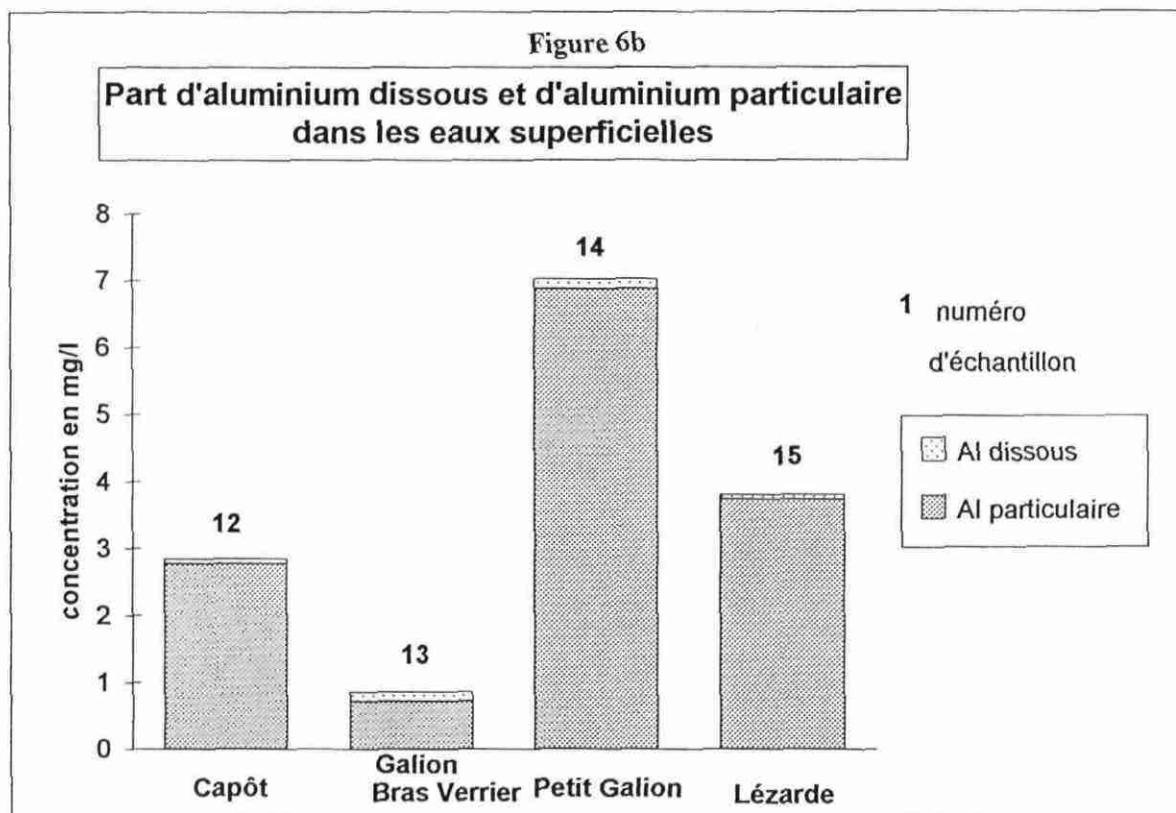
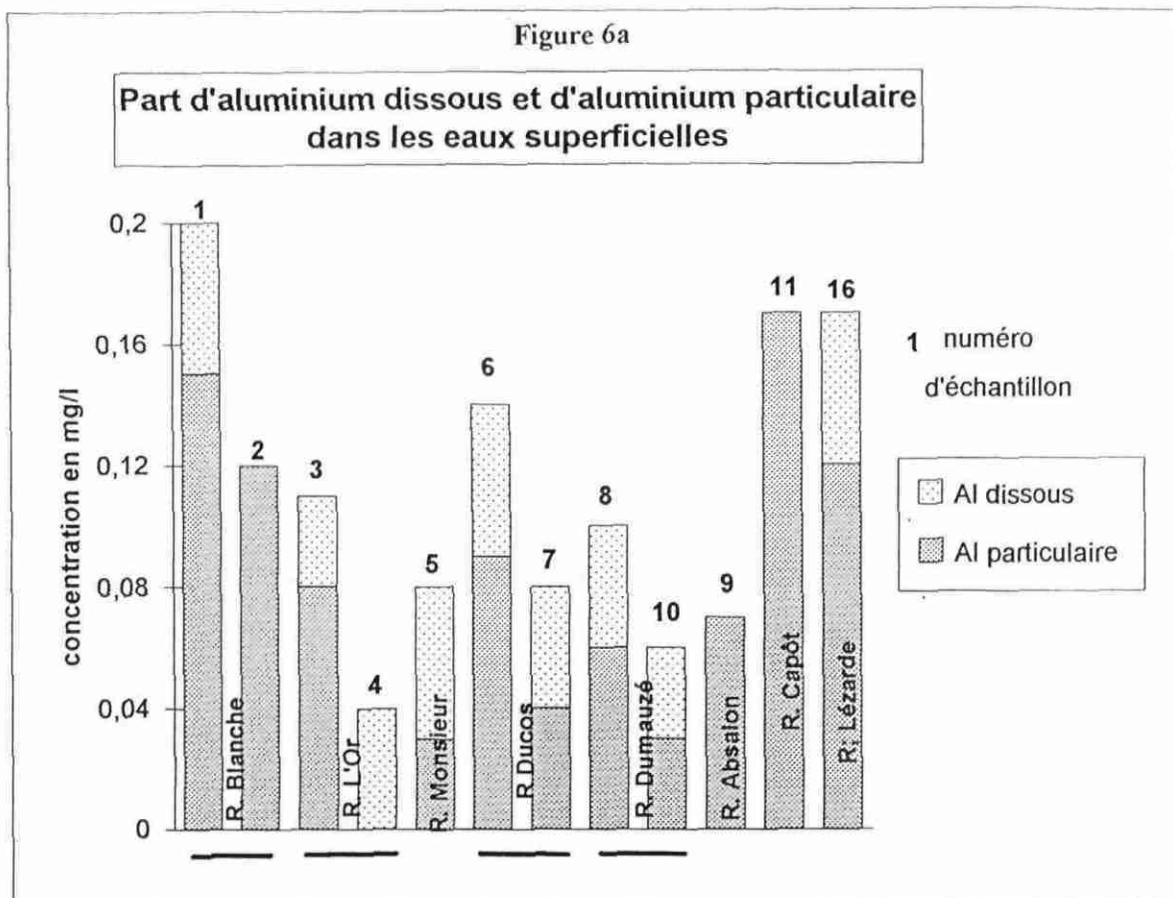


Figure 6 : Répartition des formes d'aluminium dans les eaux brutes des rivières échantillonnées

Nous avons distingué deux groupes d'échantillons :

- ceux pour lesquels l'aluminium total est inférieur à 0,2 mg/l (figure 6a); les teneurs en aluminium dissous y sont comprises entre 0 et 0,05 mg/l; elles représentent entre 0 et 100 % de l'aluminium total selon les échantillons,
- ceux pour lesquels l'aluminium total est supérieur à 0,2 mg/l (figure 6b) et atteint 7,03 mg/l; les teneurs en aluminium dissous varient entre 0,08 et 0,15 mg/l; l'aluminium dissous constitue 2 à 16% de l'aluminium total.

4.1.2. Apports des calculs d'équilibre géochimique

- *Intérêt et limites des calculs*

Un calcul de spéciation et de saturation vis-à-vis des principaux minéraux a été réalisé au moyen du code géochimique EQ3NR sur les eaux brutes de la Lézarde. Les éléments majeurs et traces proviennent des analyses de la DDASS (cf annexe 1A). Cet échantillon a été choisi car il possédait l'une des valeurs de pH les plus élevées (pH 7,6) et la plus forte concentration de fluorure (0,28 mg/l), conditions les plus favorables à la présence d'aluminium dissous. La concentration d'aluminium dissous utilisée a été celle mesurée par le BRGM (0,08 mg/l). Nous considérons que la minéralisation de l'eau est relativement constante au cours du temps.

La composition chimique en éléments majeurs des autres échantillons (rivières Capôt et Blanche, stations de Didier et de Cafetière) est semblable et les résultats obtenus pour l'échantillon de la Lézarde peuvent s'appliquer à la plupart des échantillons.

- *Résultats*

Les calculs de spéciation montrent que l'aluminium dissous est essentiellement sous forme d'ion $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ monomérique. A cette valeur de pH (pH 7,6), l'aluminium est peu complexé par l'ion fluorure, ni vraisemblablement par la matière organique dissoute (acides humides, fulviques,...), qui n'a pas été considérée dans les calculs.

Les teneurs en aluminium dissous sont fortement dépendantes des variations de pH des eaux. La courbe de solubilité des minéraux aluminosilicatés en fonction du pH, à température constante, est une courbe en U (cf figure 7) : les teneurs en Al dissous sont importantes à des valeurs de pH basses ($\text{pH} < 4$ à 25°C) et élevées ($\text{pH} > 8$ à 25°C); les teneurs sont minimales à pH modérés (entre pH 5 et 7,5).

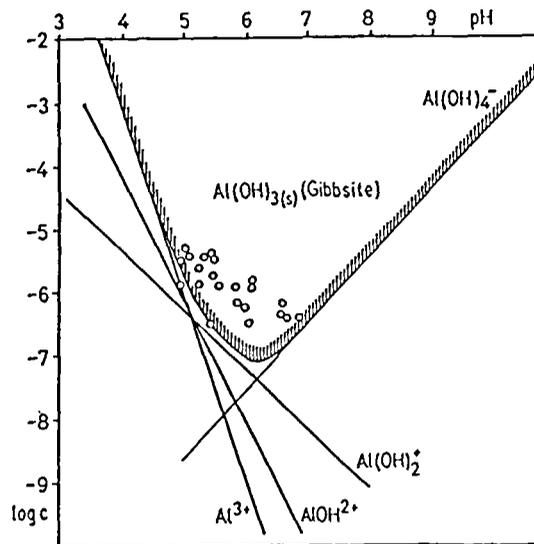


Figure 7 : Solubilité de l'aluminium en fonction du pH
(d'après SIGG et al.)

Les calculs de saturation indiquent que :

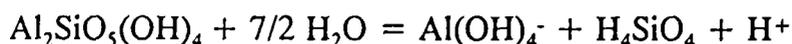
- la silice dissoute est contrôlée par la calcédoine ou la cristobalite. Ces minéraux ont été identifiés par diffractométrie dans les échantillon de sols (cf tableau 6),

- l'eau est largement sursaturée vis-à-vis de tous les minéraux aluminosilicatés. Cet état de sursaturation peut s'expliquer :

- soit par une concentration d'aluminium aqueux trop élevée, imputable à la filtration à $0,45 \mu\text{m}$, classiquement utilisée. En effet, certains gels aluminosiliceux (allophanes, imogolites) peuvent être de très petite taille et imposent une filtration inférieure à $0,1 \mu\text{m}$, pour obtenir des valeurs d'aluminium dissous représentatives.

- soit par la présence d'une phase mal cristallisée qui contrôle la teneur d'aluminium dissous. Les analyses diffractométriques ont révélé la présence de gels alumineux -siliceux et de matière organique intimement liée.

Un calcul rapide et simplifié a été réalisé en utilisant l'halloysite, minéral mal cristallisé par rapport à la kaolinite, qui pourrait très bien contrôler l'aluminium dans ce type d'eau, suivant la réaction :



et la constante d'équilibre correspondante : $K = (\text{Al}(\text{OH})_4^-) (\text{H}_4\text{SiO}_4) (\text{H}^+) = 10^{17}$
à 25°C (où les expressions entre parenthèses peuvent être assimilées à des concentrations en mol/l).

Ce calcul indique que les concentrations d'aluminium dissous ne devraient pas dépasser 0,05 mg/l pour l'ensemble des eaux. Si l'aluminium aqueux était contrôlé par des minéraux mieux cristallisés (et donc moins solubles), tels que la kaolinite, ces concentrations seraient encore plus faibles (de l'ordre de $2 \cdot 10^{-4}$ mg/l, valeur comparable avec les teneurs observées en moyenne dans les eaux superficielles).

4.1.3 Influence du pH et de la turbidité sur les teneurs en aluminium total

Deux facteurs principaux peuvent expliquer la prédominance d'aluminium insoluble dans les eaux superficielles : le pH et la turbidité.

• Influence du pH

Les pH des eaux des rivières étudiées (mesurés in situ par la DASS) sont proches de la neutralité : compris le plus fréquemment entre 7 et 7,5.

Par conséquent, la solubilité de l'aluminium est minimale pour les gammes de pH observées sur les rivières martiniquaises. Les concentrations d'aluminium dissous mesurées sont donc faibles (cf § 4.1.2).

Sur la figure 8 sont représentées les teneurs d'aluminium total en fonction du pH des eaux de la rivières Lézarde et de la rivière Blanche (suivi

juillet/septembre 1995). Dans les conditions de pH moyen des eaux superficielles, la quantité d'aluminium total n'apparaît pas dépendante du pH.

• Relation aluminium total / turbidité

Les eaux des rivières de Martinique se caractérisent par des charges solides importantes. Sur la figure 9 sont représentées les teneurs en aluminium total des eaux brutes en fonction de leur turbidité.

Deux types de relations sont mises en évidence :

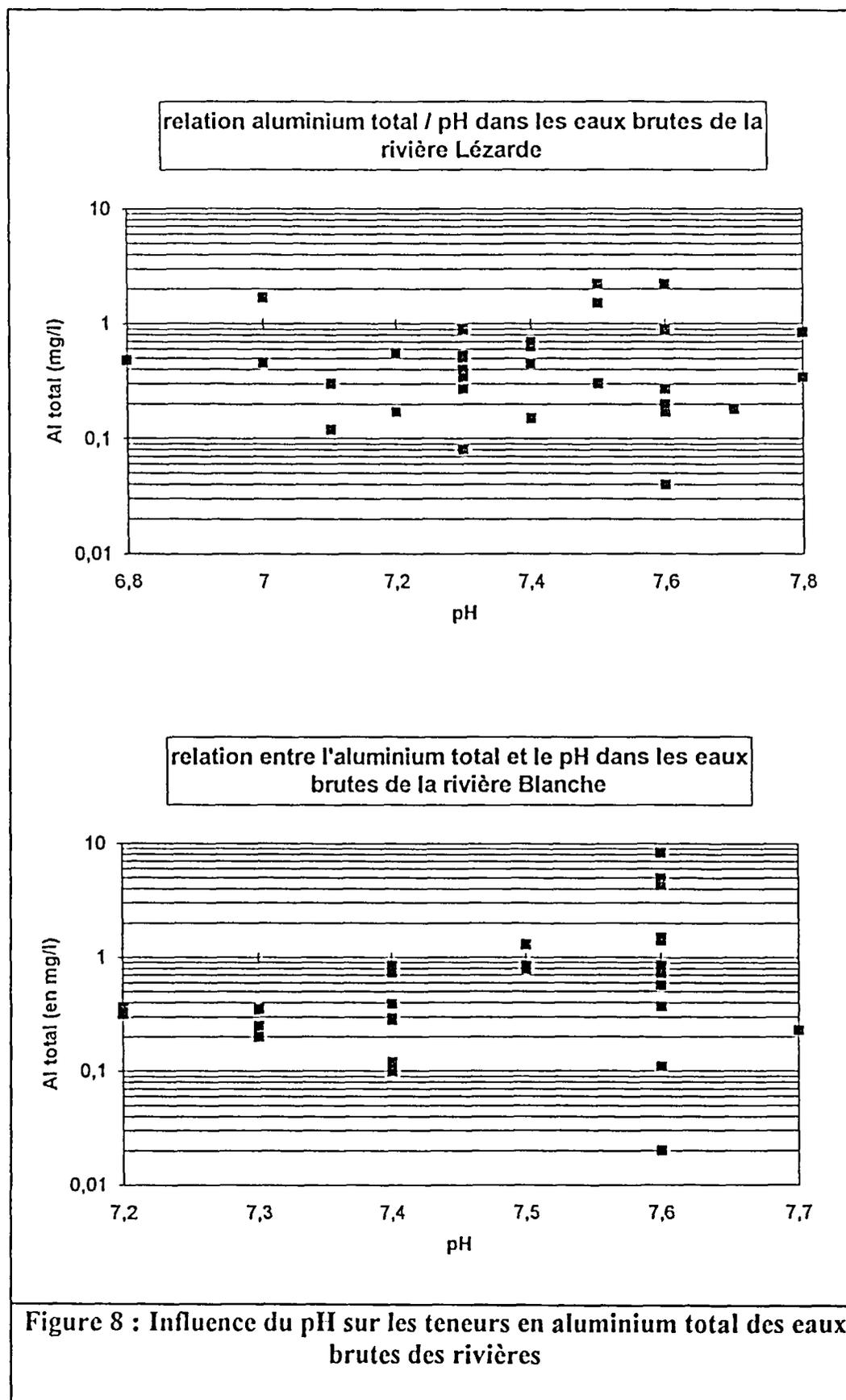
- des relation de puissance, de type $y = \alpha x^\beta$, pour les échantillons des rivières Blanche (n°1), Galion (n°2), Lézarde (n°4) et la station de Didier (n°5). Les valeurs des paramètres β sont comprises entre 0,88 et 1,16 et α entre 0,065 et 0,11. Les coefficients de corrélations sont compris entre 70 et 84 %,

- des relations linéaires de type $y = ax + b$ pour les échantillons de la station de Caféière (n°3) et la rivière Capôt (n°6). Les coefficients de corrélation sont meilleures que précédemment, respectivement 92 et 96 %. Les valeurs des paramètres a sont comprises entre 0,10 et 0,13 et b entre -0,217 et 0,045.

Précisons que, trois points extrêmes ont été éliminés des calculs de régression sur les données de la Capôt. Les fortes valeurs de turbidité (> 5 NTU) n'apparaissent pas sur la figure 9 (n°3 et 6), pour des questions de représentations graphiques.

Finalement, les relations entre les teneurs en aluminium et la turbidité sont comparables sur l'ensemble des rivières étudiées. Elles sont proches de la relation $y = 0,1 x$. Cette relation indique qu'il n'y a pas d'aluminium dans les eaux quand la turbidité est nulle.

L'aluminium étant majoritairement sous forme particulaire, les concentrations d'aluminium total dosées dans les eaux brutes dépendent directement de la turbidité. Celle-ci dépend de l'énergie érosive de l'eau et donc des événements pluvieux.



Les conclusions de l'étude de la DDASS réalisées en 1995 sur la Lézarde et la rivière Blanche rapprochaient de façon qualitative les pics d'aluminium total mesurés sur les eaux brutes avec les épisodes pluvieux.

La confrontation des chroniques d'aluminium total de la DDASS et des précipitations journalières de quelques postes de Météo-France sur la période Juillet-Septembre 95 ne montre pas toutefois de relation simple (cf annexe E).

La relation teneurs en aluminium / turbidité explique probablement :

- les fortes teneurs ponctuelles d'aluminium total,
- les variations marquées des concentrations au cours du temps pour une même rivière et entre les différents cours d'eau. Les précipitations, qui commandent la turbidité des rivières, peuvent être, en effet, très localisées.
- l'augmentation des concentrations d'aluminium d'amont en aval, en relation avec l'accroissement de la charge solide des cours d'eau.

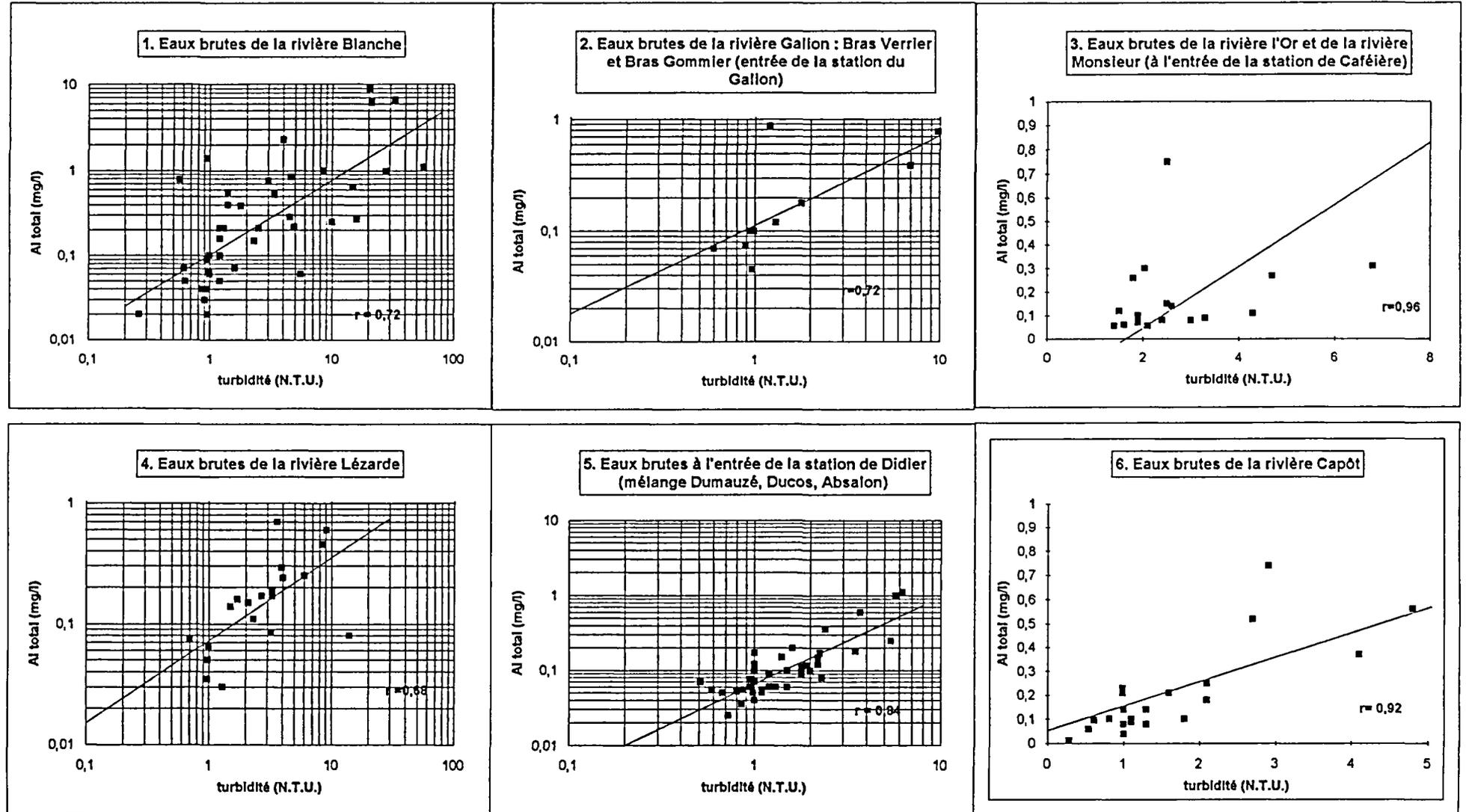


Figure 9 : Relation entre la turbidité et les teneurs en aluminium total des eaux brutes des rivières

4.2. L'aluminium dans les sols

• Les tests de lixiviation réalisés sur les échantillons de sols révèlent des teneurs en aluminium total très variables, pouvant être élevées : elles sont comprises entre 1,7 et 226 mg/kg de sol sec (soit un coefficient multiplicateur supérieur à 100).

Aucune relation simple n'a pu être mise en évidence entre les teneurs en aluminium total et en aluminium dissous présent dans l'eau et les teneurs d'aluminium des sols lixiviés (cf figure 10).

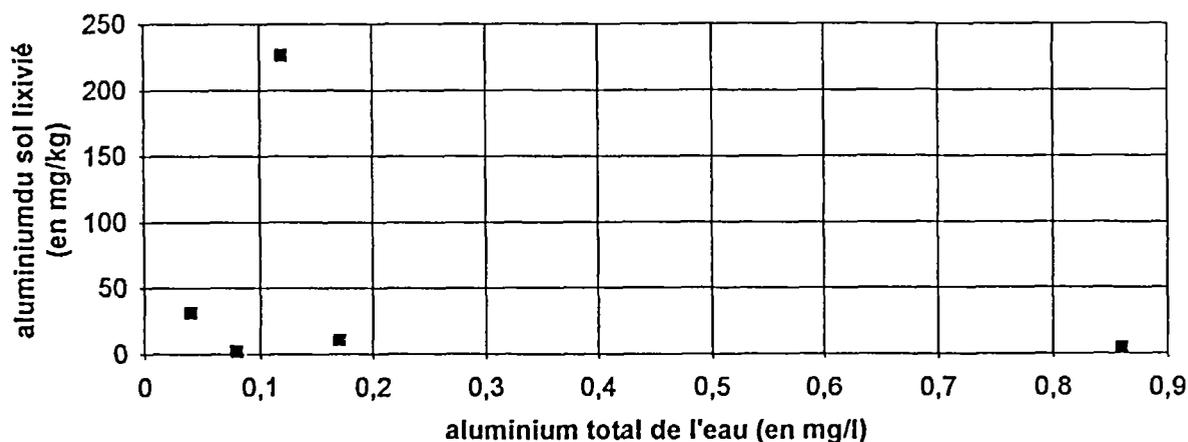


Figure 10 : Relation entre les teneurs en aluminium total des eaux brutes et les teneurs en aluminium des sols lixiviés de quelques bassins versants

• L'identification minéralogique de la fraction fine des sols reconnus les plus riches en aluminium par les tests de lixiviation est résumé dans le tableau suivant :

échantillon	fraction prédominante	remarques
2 (BV riv Blanche)	~ 55% de Smectite ~ 45% de Métahalloysite/Kaolinite	phases non minérales associées (quartz, cristobalite,...)
4 (BV riv l'Or)	~ 100% de Métahalloysite/Halloysite	phases non minérales associées (cristobalite, goethite...)
11 (BV riv Capôt)	Aucune phase bien cristallisée identifiée	fraction argileuse mal définie et faible. phase minérales non argileuses identifiées (plagioclase, cristobalite...)

Tableau 6 : Identification minéralogique de la fraction fine des sols

La fraction fine des sols prélevés dans le bassin versant la rivière l'Or (n°4) est constituée essentiellement par des argiles, rencontrées habituellement dans les sols à halloysite. L'échantillon de la rivière Blanche (n°2) contient également de la smectite, qui peut provenir d'altération hydrothermale ou néoformation géochimique.

Les diffractométries montrent toutefois que pour les trois échantillons, la cristallinité des argiles présentes est relativement mauvaise. La présence de gels (silice, hydroxydes de fer et d'alumine...) semble évidente ainsi que celle de matière organique intimement mêlée.

L'échantillon n°3, provenant du bassin versant amont de la Capôt, correspond vraisemblablement à un sol à allophane caractérisé par l'absence de phase minérale bien cristallisée (présence de gels amorphes, d'hydroxyde d'alumine).

- Ces résultats confirment nos présomptions sur la présence de forte teneurs d'aluminium dans les sols des bassins versants. Ils constituent donc des réservoirs potentiels d'aluminium, exposés aux processus érosifs.

L'hypothèse la plus probable, au vue des éléments disponibles, est l'entraînement par érosion mécanique, de l'aluminium particulaire présent sous différentes formes dans les sols (gels, complexes, argiles plus ou moins bien cristallisées).

Un dossier analytique supplémentaire serait nécessaire pour vérifier les relations entre les concentrations en aluminium total des eaux brutes et la pluviométrie et/ou les débits des rivières.

Il est possible qu'une partie, sans doute minime, d'aluminium dissous proviennent de zones hydrothermales, fossiles ou actives. Compte tenu des conditions acides ($\text{pH} < 4$) qui y règnent, l'aluminium peut être libéré et entraîné sous forme aqueuse (Al^{3+}) dans les rivières. Au cours de son transit dans les eaux superficielles à pH neutre, une bonne partie d'aluminium dissous s'insolubiliserait par précipitation de gibbsite ($\text{Al}(\text{OH})_{3(s)}$) et par interaction avec les matières en suspension.

5. Recommandations pour le traitement de l'aluminium en excès dans les eaux superficielles

Les eaux superficielles de la Martinique présentent des teneurs en aluminium naturelles excessives. Ces excès sont vraisemblablement imputables à l'aluminium insoluble, lié à la turbidité.

L'amélioration de la qualité de l'eau distribuée nécessite d'élaborer un programme au niveau des stations de traitement qui permette d'abattre systématiquement les concentrations d'aluminium total des eaux superficielles en dessous des normes réglementaires. En effet, les actions préventives sur les bassins versants visant à réduire les matières en suspension des cours d'eau sont difficilement réalisables. La solution du problème passe vraisemblablement par la mise en place de systèmes de séparation des particules en suspension appropriés (tels que pour exemple les unités de microfiltration tangentielle, les procédés de décantation par ultra-sons...).

Au préalable, il s'avère indispensable de valider et d'affiner le diagnostic sur la nature de l'aluminium afin de définir les filières de traitement les mieux adaptées.

Nous recommandons donc :

- d'effectuer des tests de comparaison de dosages de l'aluminium sur des prélèvements d'eau brute filtrés à différents diamètres de pores : échantillon brut, filtré à 0,45 μm , 0,1 μm , 0,01 μm et par ultrafiltration. Ces tests permettront d'estimer la part réelle d'aluminium dissous et d'aluminium insoluble et de valider les calculs d'équilibre géochimique,
- d'observer les résidus de filtrations des eaux au microscope électronique à balayage. Le but est de déterminer la nature et la taille des particules argileuses et organiques et, si possible, de préciser l'origine de l'aluminium des eaux (reconnaissance de minéraux hydrothermaux...),
- d'analyser, en parallèle, les ions majeurs et traces (fluor notamment), ainsi que les paramètres physico-chimiques (pH, conductivité, températures, turbidité...) des eaux superficielles. Ces analyses, complétées par les dosages comparatifs de l'aluminium, permettront de valider les résultats du calcul d'équilibre géochimique réalisé sur un seul échantillon composite et sur une seule rivière.

Ces tests devront être réalisés en fonction des priorités et des moyens financiers sur une ou plusieurs rivières.

BIBLIOGRAPHIE

DDASS Martinique (1996) - Le contrôle sanitaire des eaux de distribution publique : Bilan 1995.

DUCHAUFFOUR P. (1991) - Pédologie : sol, végétation, environnement. Masson. Paris. Coll. Abrégés. 284 p.

LEGER Roger (1996) - Le fer et l'aluminium à directoire et Rivière Blanche. Bilan d'une campagne de mesures effectuées dans les eaux traitées par les stations du SICSM, juillet à septembre 1995. DDASS Martinique, Service Santé Environnement.

MEUNIER M. (1997) - Etude des processus érosifs et de la fourniture de matériaux solides aux systèmes torrentiels; rapport CEMAGREF p92 à p125.

ORSTOM (1970) Cartes des sols de la Martinique au 20 000, COLMET D'AAGE.

SIGG Laura et Al. (1992) - Chimie des Milieux Aquatiques. Chimie des eaux naturelles et des interfaces dans l'environnement. Masson. Paris. 383 p

WESTERCAMP et Al. (1989) - Notice explicative, carte géologique France (1/50 000), feuille Martinique. Orléans : BRGM, 246 p. Carte géologique par Westercamp et Al. (1990).

***CARACTERISATION DES
EXCES D'ALUMINIUM DANS
LES EAUX SUPERFICIELLES
DE LA MARTINIQUE***

Etude réalisée dans le cadre des actions de Service-Public du BRGM

février 1997
n° R 39 359

Rapport définitif

ANNEXES

***CARACTERISATION DES
EXCES D'ALUMINIUM DANS
LES EAUX SUPERFICIELLES
DE LA MARTINIQUE***

Etude réalisée dans le cadre des actions de Service-Public du BRGM

février 1997
n° R 39 359

Rapport définitif

ANNEXE A
**Chroniques d'analyses chimiques des eaux
brutes réalisées par la DDASS entre 1993 et 1996**

Echantillons moyens retenus pour la caractérisation de la qualité chimique de l'eau des eaux brutes des rivières et pour les calculs d'équilibre géochimique (échantillon de la rivière Lézarde)

Analyses chimiques de la DASS Martinique

Station	Date de prélèvement	Al mg/l	Fe mg/l	Turbidité N.T.U	T °C	pH	C μS/cm	F mg/l	SiO2 mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	NH4 mg/l	Na mg/l	K mg/l	Mn mg/l	HCO3 mg/l	Cl mg/l	SO4 mg/l	NO2 mg/l	NO3 mg/l	PO4 mg/l	TA *f	TAC *f	Cu mg/l	Zn mg/l
prise d'eau Capot	18/01/1996	0,6	0	20	24	7,2	109	0,04	41	8,8	2,51	0	7,41	0,9	0,03	109,8	9,54	7,18	0	4,2	0	0	9	0	0
prise d'eau Lézarde	16/10/1995	0,7	0,09	3,6	27,5	7,6	66	0,28	15	4,38	1,84	0,26	8,6	1,1	0,06	38	8,86	2,07	0	0,8	0	0	3,1	0	0
prise d'eau Rivière Blanche	09/11/1995	0,1	0,06	1,2	25	7,4	90	0	30	8,3	2,6	0	9,9	1	0	42,7	8,26	1,44	0	0,3	0	0	3,5	0	0
station Gallon [3]	25/10/1995	0,05	0,03	0,97	25	7,5	69	0	16	4,84	1,8	0	9,11	0,9	0	34,2	11,4	1,54	0	1,3	0	0	2,8	0	0
Station Cafélière [4]	10/01/1996	0,3	0	2,04	27	7,3	107	0,07	41	5,49	1,69	0	10,2	0,6	0	109,8	28,1	0	0	0	0	0	9	0	0
Station Didier [5]	16/11/1995	0,09	0	1,2	24,1	7,7	108	0	38	11,3	3,4	0	13,6	1,2	0	52,4	11,53	0	0	0,7	0	0	4,3	0,02	0

RESULTATS DES ANALYSES DE TYPE RS

Captage de la Capot

Station de captage	Date de prélèvement	AL mg/l	FE mg/l	TURBIDITE N.T.U	TEMP °C	PH	COND_ uS/cm	F mg/l	SIO2	CUIVRE mg/l	ZINC mg/l	CA mg/l	MG mg/l
Capot	22/01/1993	0,21	0	1,6		7,4	112	0,07		0	0	11,3	2,9
Capot	17/03/1993	0,17						0,08		0	0		
Capot	13/05/1993	1,3	0,05	2,7		7,5	82	0,05		0	0	7,9	6,3
Capot	07/07/1993	0,37	0,6	4,1		6,8	83	0		0	0	10,4	2,79
Capot	03/09/1993	0	0,7	2,25		7,5	63	0		0	0	6,1	4,1
Capot	27/10/1993	0	0,5	0,95	25	7,3	98	0		0	0	16,32	7,41
Capot	19/01/1994	0,21	0,3	0,99		7,8	109	0		0	0	12,2	3,6
Capot	19/01/1994	0,012	0,3	0,28	23	7,5	84	0,07		0	0	11,2	2,8
Capot	16/03/1994	0,1	0,1	0,81	24	7,5	112	0,06		0	0	19,3	3,7
Capot	11/05/1994	0,14	0,3	1	25	7,4	106	0		0	0	16,2	1,3
Capot	06/07/1994	0,08	0,1	1,3		7,6	115	0,06		0	0	15	3,85
Capot	24/08/1994	0,18	0,1	2,1	26	7,6	85	0		0	0	10	3,1
Capot	26/10/1994	0,09	0,018	1,1	25	7,3	94	0,06	48	0	0	9,8	3,3
Capot	18/01/1995	0,23	0,15	0,99	24	7,5	93	0,07	44	0	0	10,5	3,4
Capot	21/03/1995	0,095	0,02	0,61	24,5	7,6	104	0,06	49	0	0	13,15	4,12
Capot	11/05/1995	0,06	0,18	0,54	26	7,6	102	0,06	57	0	0	13,71	4,2
Capot	04/07/1995	0,14	0,3	1,3		7,4	152	0	56	0	0	11,93	3,68
Capot	31/08/1995	0,25	0,03	2,1		7,5	146	0	40	0	0	10,33	3,01
Capot	24/10/1995	0,74	0,09	2,9	24	7,4	132	0	45	0	0	11,96	3,9
Capot	18/01/1996	0,6	0	20	24	7,2	109	0,04	41	0	0	8,8	2,51
Capot	08/02/1996	0,1	0,08	1,1	23,7	7,5	137	0	46	0	0	11,2	3,4
Capot	12/03/1996	2,2	0,9	34	23	7,3	87	0	27	0	0	6,5	2
Capot	15/04/1996	0,04	0,09	1	24,5	7,7	154	0	60	0	0	9,62	3,03
Capot	21/05/1996	0,08	0,17	1	24	7	129		46	0	0	9,6	2,98
Capot	13/06/1996			1,5	24,3	7,4	127	0				11,1	3,6
Capot	12/07/1996	0,56	0,22	4,8	24	7,1	100	0,1	39	0	0	6,7	2,1
Capot	29/08/1996	1,4	0,22	23	23	7,2	106	0,1	43	0	0	11,8	3,2
Capot	26/09/1996	0,1	0,12	1,8	24	7	117	0	48	0	0	18	4,9
Capot	22/10/1996	0,52	0,012	2,7	25,5	7,2	124	0,05	47	0	0	11	1,5
Capot	14/11/1996	1,4	0,012	0,26			85	0	32	0	0	6,5	2

RESULTATS DES ANALYSES DE TYPE RS

Captage de la Capot

Date de prélèvement	NH4 mg/l	NA mg/l	K mg/l	MN mg/l	CO3 mg/l	HCO3 mg/l	CL mg/l	SO4 mg/l	NO2 mg/l	NO3 mg/l	PO4 mg/l	TA °f	TAC °f
22/01/1993	0	12	1,6	0	0	41	10,5	6	0	2,4	0	0	3,4
17/03/1993				0									
13/05/1993	0	8,5	1,85	0,04	0	46,3	9	9	0	0	0	0	3,8
07/07/1993	0	11,5	2,1	0,02	0	49	10,5	9	0	0,5	0	0	4
03/09/1993	0,5	11	2,2	0	0	44	8,5	4,5	0	3	0,3	0	3,6
27/10/1993	0	11,4	2,8	0	0	68,3	9	7	0	4,1	0	0	5,6
19/01/1994	0	11,6	2,9	0		66	9,5	7,5	0	2,1	0	0	5,4
19/01/1994	0	8,4	1,8	0		36,6	9	22	0	0	0	0	3
16/03/1994	0	6,85	2,7	0	0	83	10	9	0	7,8	0	0	6,8
11/05/1994	0	9,1	1,6	0		58,5	10,5	8	0	2,6	0	0	0
06/07/1994	0	10,7	2,1	0		71	9	7	0	1,9	0	0	5,8
24/08/1994	0	9,2	1,8	0	53,7	0	10,5	8,5	0	0,3	0	0	4,4
26/10/1994	0	10	1,75	0		56,1	10,3	7	0	5	0	0	4,6
18/01/1995	0,4	9,2	1,4	0		44	10,2	7,2	0	0	0	0	3,6
21/03/1995	0	12,61	2,07	0		70,7	13,12	7,93	0	5,1	0	0	5,8
11/05/1995	0	12,9	2,18	0,02		68,3	12,64	6,73	0	6,6	0	0	5,6
04/07/1995	0	11,78	2,06	0,02		69,7	10,75	5,78	0	5,8	0	0	5,7
31/08/1995	0	10,32	1,65	0		48,8	10,04	6,15	0	5,6	0	0	4
24/10/1995	0	12,94	2,11	0,03		56	12,7	5,5	0,005	5,2	0	0	4,6
18/01/1996	0	7,41	0,94	0,03		109,8	9,54	7,18	0	4,2	0	0	9
08/02/1996	0	10,9	1,4	0		48,8	12,62	8,04	0	5,8	0	0	4
12/03/1996	0,59	8,6	1,6	0,19		23,2	12,5	6,5	0,02	3,6	0	0	1,9
15/04/1996	0	9,73	1,23	0		53,7	13,6	8,6	0	6,6	0	0	4,4
21/05/1996	0	9,2	1,3	0,02		51,2	11	8,5	0	3,4	0	0	4,2
13/06/1996	0	12	1,9			43,9	11,7	7,2	0,01	3,7	0,036	0	3,6
12/07/1996	0	7,3	0,98	0		35,4	10,6	4,9	0	3,6	0	0	2,9
29/08/1996	0	10,6	1,7	0,03		39	9	3,1	0	6	0	0	3,2
26/09/1996	0	16,1	3,3	0		46,2	10,9	5	0	5,4	0		3,8
22/10/1996	0	11,7	1,55	0		48,8	10,5	5,6	0	5,1	0,03		4
14/11/1996	0	7,1	1,36	0,02		31,7	8,2	5,1	0	4,4	0		2,6

RESULTATS DES ANALYSES DE TYPE RS
Station de Mont Bouché et Calvaire

Station de captage	Date de prélèvement	AL mg/l	FE mg/l	TURBIDITE N.T.U	TEMP °C	PH	COND_ uS/cm	F mg/l	SIO2	CUIVRE mg/l	ZINC mg/l	CA mg/l	MG mg/l	NH4 mg/l
Mont Bouché	09/06/1994	0,24	0,2	0,37	22	7,5	52	0		0	0	9	2,05	0
Mont Bouché	27/07/1994		0,2	0,27		7,4	60			0	0	8,9	2,05	
Mont Bouché	08/02/1995	0,035	0	0,31	20	7,2	55	0,02	24	0	0	6,65	1,64	0
Mont Bouché	24/07/1995	0,03	0	0,38		7,6	77	0	26	0	0	6,98	1,69	0
Mont Bouché	08/02/1996	0,03	0	0,31	20,2	7,3	72	0	25	0	0	6,6	1,6	0
Mont Bouché	23/07/1996	0,033	0,02	0	22	7,5	0	0	27	0	0	0	0	0

Station de captage	Date de prélèvement	AL mg/l	FE mg/l	TURBIDITE N.T.U	TEMP °C	PH	COND_ uS/cm	F mg/l	SIO2	CUIVRE mg/l	ZINC mg/l	CA mg/l	MG mg/l	NH4 mg/l
Calvaire	18/05/1994	0,02	0,1	0,98	23,5	6,9	38	0		0	0	2,8	0,5	0
Calvaire	17/05/1995	0,11	0,02	3,2	25	7,6	41	0,02	16	0	0	3,08	1,48	0
Calvaire	21/05/1996	0,05	0,06	1,5	22,5	7	48		13	0	0	1,35	0,63	0

RESULTATS DES ANALYSES DE TYPE RS
Station de Mont Bouché et Calvaire

Station de captage	Date de prélèvement	NA mg/l	K mg/l	MN mg/l	CO3 mg/l	HCO3 mg/l	CL mg/l	SO4 mg/l	NO2 mg/l	NO3 mg/l	PO4 mg/l	TA °f	TAC °f
Mont Bouché	09/06/1994	5,2	0,6	0	0	48,8	5	3	0	0	0	0	4
Mont Bouché	27/07/1994	7	0,8			39	8	3	0	0	0	0	3,2
Mont Bouché	08/02/1995	5,79	0,39	0		49	5,2	1,79	0	0	0	0	4
Mont Bouché	24/07/1995	6,52	0,4	0		54,9	5,74	1,55	0	0	0	0	4,5
Mont Bouché	08/02/1996	5,9	0,33	0		29,3	7,22	2,06	0	1	0	0	2,4
Mont Bouché	23/07/1996	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0

Station de captage	Date de prélèvement	NA mg/l	K mg/l	MN mg/l	CO3 mg/l	HCO3 mg/l	CL mg/l	SO4 mg/l	NO2 mg/l	NO3 mg/l	PO4 mg/l	TA °f	TAC °f
Calvaire	18/05/1994	5,9	0,5	0		21,9	10	1,5	0	0,3	0	0	1,8
Calvaire	17/05/1995	7,52	0,87	0		21,9	11,22	1,25	0	0,9	0	0	1,8
Calvaire	21/05/1996	5	0,15	0		12,2	9,1	1,1	0	1,1	0	0	1

RESULTATS DES ANALYSES DE TYPE RS

Station Cafetière

Station de captage	Date de prélèvement	AL mg/l	FE mg/l	TURBIDITE N.T.U	TEMP °C	PH	COND uS/cm	F mg/l	SIO2	CUIVRE mg/l	ZINC mg/l	CA mg/l	MG mg/l
Station Cafetière	12/01/1993	3,9	0	30		7	107	0		0	0	8,7	2,67
Station Cafetière	04/05/1993	0,15	0	2,5		7,2	105	0,05		0	0	11	8
Station Cafetière	29/06/1993	0,26	0,35	1,8		7	98	0		0	0	9,5	4,25
Station Cafetière	24/08/1993	0,75	0,3	2,5		7,3	77	0		0	0	8,8	4,1
Station Cafetière	19/10/1993	3,6	0,4	27		6,9	79	0,06		0	0	14,8	1,82
Station Cafetière	11/01/1994	0,055	0,3	2,1	22	7,8	100	0		0	0	11,2	3,3
Station Cafetière	08/03/1994	0,06	0,2	1,6	23	7,4	98	0		0	0	15,1	3,3
Station Cafetière	03/05/1994	0,08	0,3	2,4	22	7,6	108	0		0	0	18,8	3,28
Station Cafetière	28/06/1994	0,055	0,1	1,4	24	6,6	101	0		0	0	9	3
Station Cafetière	24/08/1994	0,14	0,2	2,6	23	7,6	86	0		0	0	8,3	2,9
Station Cafetière	18/10/1994	0,1	0,05	1,9	26	7,5	97	0,06	42	0	0	8,5	3
Station Cafetière	13/01/1995	0,27	0,02	4,7	26	7,5	95	0,05	36	0	0	8,4	2,4
Station Cafetière	07/03/1995	0,12	0	1,5	22,5	7,5	100	0	42	0	0	9,52	3,4
Station Cafetière	02/05/1995	0,07	0	1,9	23,6	7,71	99	0	42	0	0	9,56	3,36
Station Cafetière	26/06/1995			1,2	23,8	7,94	93	0,03				9,8	3,47
Station Cafetière	05/09/1995	0,31	0,05	6,8		7,5	128	0	30	0	0	7,16	2,45
Station Cafetière	19/10/1995	0,09	0	3,3	23	7,2	127	0,07	37	0	0	9,59	3,34
Station Cafetière	10/01/1996	0,3	0	2,04	27	7,3	107	0,07	41	0	0	5,49	1,69
Station Cafetière	06/03/1996	0,08	0	2,4	22	7,5	107	0	41	0	0	8,1	2,8
Station Cafetière	30/04/1996	0,11	0,04	4,3	22,8	7,6	127	0	40	0	0	7,7	2,51
Station Cafetière	11/07/1996	0,15	0,05	10,4	23,4	7,3	120	0	39	0	0	6,3	2,2
Station Cafetière	22/08/1996	0,09	0,03	305	24	7,5	116		38	0	0	9,5	2,9
Station Cafetière	22/10/1996	0,08	0,02	3	23,7	7,4	112	0	38	0	0	8,1	2,7

RESULTATS DES ANALYSES DE TYPE RS

Station Cafetière

Date de prélèvement	NH4 mg/l	NA mg/l	K mg/l	MN mg/l	CO3 mg/l	HCO3 mg/l	CL mg/l	SO4 mg/l	NO2 mg/l	NO3 mg/l	PO4 mg/l	TA °f	TAC °f
12/01/1993	0	13	1,3	0,02	0	24,4	10	14	0	0	0	0	2
04/05/1993	0	18	1,9	0	0	58	13	6	0	0	0	0	4,8
29/06/1993	0	14,4	2,2	0	0	66	12	6,5	0	0	0	0	5,4
24/08/1993	0	5,5	1,6	0		46,4	8	8	0	0,3	0	0	3,8
19/10/1993	0	10,8	2,3	0	0	36,6	13	8	0	0,8	0	0	3
11/01/1994	0	13,8	2,3	0		66	7	6	0	0	0	0	5,4
08/03/1994	0	3	1,8	0	0	61	12	5	0	0,1	0	0	5
03/05/1994	0	12,6	1,9	0		68,3	11,5	6,5	0	0,3	0	0	5,6
28/06/1994	0	13	2	0	0	71	12	6	0	0,2	0	0	5,8
24/08/1994	0	12,2	1,9	0	56,1	0	13,5	5,5	0	0	0	0	4,6
18/10/1994	0	13,2	1,9	0		61	13	4,3	0	0,7	0	0	5
13/01/1995	0,9	12,6	0,8	0		58,5	14,1	5,5	0	0,9	0	0	4,8
07/03/1995	0	15,08	2,03	0		70,7	15,44	4,42	0	0,8	0	0	5,8
02/05/1995	0	14,58	1,96	0		72	14,79	5,08	0	0,9	0	0	5,9
26/06/1995	0	15,67	2,01			56,1	14,61	5,44	0	1,7	0	0	4,6
05/09/1995	0,36	10,71	1,59	0,05		39	14,35	4,04	0	1,3	0	0	3,2
19/10/1995	0	16,13	2,29	0		63,4	14,16	3,98	0	0,5	0	0	5,2
10/01/1996	0	10,2	0,57	0		109,8	28,1	0	0	0	0	0	9
06/03/1996	0	12,6	1,45	0		48,8	14,12	5,22	0	1,1	0	0	4
30/04/1996	0	11,2	1,14	0		48,8	15,5	6,6	0	1,5	0	0	4
11/07/1996	0	10,3	2,2	0		42,7	13,7	4,7	0	1,6	0	0	3,5
22/08/1996	0	14,4	1,46	0		41,5	11,55	2,24	0	0,9	0	0	3,4
22/10/1996	0	12,8	1,58	0		41,5	12	4,2	0	0,7	0,014		3,4

RESULTATS DES ANALYSES DE TYPE RS

Station Didier

Station de captage	Date de prélèvement	AL mg/l	FE mg/l	TURBIDITE N.T.U	TEMP °C	PH	COND_ uS/cm	F mg/l	SIO2	CUIVRE mg/l	ZINC mg/l	CA mg/l	MG mg/l
Station Didier	12/01/1993	0,25	0	5,4		7,8	102	0		0	0	9,6	2,55
Station Didier	09/02/1993	0,6	0	3,7	22	8,1	106	0		0	0	10,5	7,54
Station Didier	09/03/1993	0,1	0	1,5	22	7,2	112	0,07		0	0	10	4,2
Station Didier	06/04/1993	0,05	0	1,1		7,8	92	0		0	0	12,2	6,08
Station Didier	04/05/1993	0,12	0	1		7,4	97	0		0	0	10	6,8
Station Didier	02/06/1993	0,17	0	1		7,9	116	0		0	0	11,3	4,74
Station Didier	29/06/1993	0,075	0,3	0,95		7,3	98	0		0	0	9,5	3,7
Station Didier	27/07/1993	0,115	0,3	1,9		7,8	81	0		0	0	10,2	4
Station Didier	24/08/1993	0,2	0,2	1,6		7	94	0		0	0	14	2,3
Station Didier	21/09/1993	1	0,6	5,7		7,4	77	0,05	0	0	0	11,6	1,82
Station Didier	20/10/1993	0,36	0,25	2,4	23	6,9	93	0		0	0	17,39	2,31
Station Didier	16/11/1993	0	0,25	5,8		6,8	79	0		0	0	12	2,8
Station Didier	11/01/1994	0,05	0,3	0,98		7,9	100	0		0	0	13	4
Station Didier	09/02/1994	0,06	0,1	1,2		8	91	0		0	0	11,3	3,2
Station Didier	08/03/1994	0,055	0,2	0,87	22	8	95	0,06		0	0	13,5	3,7
Station Didier	06/04/1994	0,05	0,2	0,67		7,5	98	0		0	0	18	4,2
Station Didier	03/05/1994	0,07	0,1	1	22	7	100	0		0	0	20,7	3,6
Station Didier	31/05/1994	0,1	0,3	1		7,4	86	0		0	0	12,6	3,4
Station Didier	28/06/1994	0,06	0	0,95	24	7	93	0		0	0	11	3
Station Didier	26/07/1994	0	0,1	0,71		7,7	107			0	0	13,8	3,95
Station Didier	24/08/1994	0,18	0,2	3,5	0	7,4	74	0		0	0	8,1	2,6
Station Didier	20/09/1994	0,15	0,06	2,2	22,5	7,5	95	0		0	0	9	2,9
Station Didier	18/10/1994	0,025	0,02	0,72	23,5	7,4	97	0,06	40	0	0	10,5	3,5
Station Didier	15/11/1994	0	0,02	0,63	24	7,4	97	0,04	39	0	0	10,2	3,4
Station Didier	15/11/1994	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Station Didier	11/01/1995	0,035	0	0,85	21	7,3	90	0,05	37	0	0	20,1	6,8
Station Didier	07/02/1995	0	0	0,66	20	6,8	99	0,03	0	0	0	11,4	3,7
Station Didier	07/03/1995	0	0	0	21,5	7,5	0	0	0	0	0	0	0
Station Didier	07/03/1995	0,07	0	0,51	21,5	7,5	99		39	0	0	11,69	3,9
Station Didier	06/04/1995	0,05	0	0,98	24	7,6	91	0	39	0	0	8,99	2,67
Station Didier	02/05/1995	0,052	0	0,8	22,8	7,7	95	0	39	0	0	10,73	3,5
Station Didier	30/05/1995	0	0,21	0,72	23,5	8,09	94	0	0	0	0	13,44	4,64

RESULTATS DES ANALYSES DE TYPE RS

Station Didier

Station de captage	Date de prélèvement	AL mg/l	FE mg/l	TURBIDITE N.T.U	TEMP °C	PH	COND_ uS/cm	F mg/l	SIO2	CUIVRE mg/l	ZINC mg/l	CA mg/l	MG mg/l
Station Didier	27/06/1995			0,71	28	7,8	93	0,03				11,53	3,85
Station Didier	24/07/1995	0,08	0	2,3		7,6	119	0	38	0,02	0	8,68	2,74
Station Didier	23/08/1995	1,1	0,03	6,2	28,4	7,2	129	0	33	0,02	0	8,52	2,61
Station Didier	19/09/1995	0,15	0,02	1,4	23,6	7,6	129	0	39	0	0	14,23	4,24
Station Didier	19/10/1995	0,09		1,8	26	7,5	120	0,15	-35			10,87	3,48
Station Didier	16/11/1995	0,09	0	1,2	24,1	7,7	108	0	38	0,02	0	11,3	3,4
Station Didier	09/01/1996	0,06	0	1,3	22,7	7,4	118	0	40	0	0	10,46	3,29
Station Didier	08/02/1996	0,05	0	0,98	22,2	7,4	128	0	39	0	0	10,1	3,2
Station Didier	06/03/1996	0,055	0	1,1	22	7,4	105	0,02	38	0	0	9,2	3
Station Didier	01/04/1996	0,055	0	0,59	23,5	7,5	134	0	40	0,02	0	12,2	3,9
Station Didier	30/04/1996	0,06	0,03	1,5	22,3	7,7	118		36	0	0	8,5	2,6
Station Didier	27/05/1996	0,04	0	1	24	7,4	127		40	0	0	9,9	3,14
Station Didier	30/07/1996	0,1	0,03	2	24	7,2	111		38	0	0	10,7	3,3
Station Didier	22/08/1996	0,11	0,02	1,8	24,5	7,5	112	0	37	0	0	9,1	2,7
Station Didier	19/09/1996	0,12	0,03	2,2	23,4	7,5	110	0	37	0	0	9,7	3,5
Station Didier	19/09/1996	0,12	0,03	2,2	23,4	7,5	110	0	37	0	0	9,7	3,5
Station Didier	22/10/1996	0,17	0	2,25	23,4	7,5	119	0	38	0	0	9,9	3

RESULTATS DES ANALYSES DE TYPE RS

Station Didier

Date de prélèvement	NH4 mg/l	NA mg/l	K mg/l	MN mg/l	CO3 mg/l	HCO3 mg/l	CL mg/l	SO4 mg/l	NO2 mg/l	NO3 mg/l	PO4 mg/l	TA °f	TAC °f
12/01/1993	0	13	1,1	0	0	42,7	10	4	0	0	0	0	3,5
09/02/1993	0	13	1	0,03	0	46,4	10	4	0,6	0	0	0	3,8
09/03/1993	0	13	1	0	0	43	10	10	0	0	0	0	3,8
06/04/1993	0	18	1,3	0	0	61	10	7	0	0	0	0	5
04/05/1993	0	15	1,2	0	0	68	10	3	0	0	0	0	5,6
02/06/1993	0	17,2	9,1	0	0	66	13,5	3	0	0,2	0	0	5,4
29/06/1993	0	12,5	1,5	0	0	61	1	3	0	0,1	0	0	5
27/07/1993	0	11,5	1,3	0	0	63,4	7,5	2	0	0,9	0	0	5,2
24/08/1993	0	13	2,1	0	0	61	12,5	4	0	0,8	0	0	5
21/09/1993	0	10,6	1,4	0,02	0	70,8	7	3	0	1	0	0	5,8
20/10/1993	0	11,4	1,9	0	0	51,2	9	5,5	0	1	0	0	4,2
16/11/1993	0	7	1,2	0	0	51,2	12	4	0	0,6	0	0	4,2
11/01/1994	0	12	1,7	0	0	68,3	7	6	0	0,4	0	0	5,6
09/02/1994	0	12	2,1	0	0	61	9	3	0	0,3	0	0	5
08/03/1994	0	10,5	1,5	0	0	63	7	3	0	0,2	0	0	5,2
06/04/1994	0	12,3	1,2	0	0	73,2	11	3	0	1,2	0	0	6
03/05/1994	0	11,2	1,2	0	0	70,7	11	5	0	0,6	0	0	5,8
31/05/1994	0	10,2	1,3	0	0	65,8	10	3	0	0,2	0	0	5,4
28/06/1994	0	10	1	0	0	71	9	4,5	0	0,3	0	0	5,8
26/07/1994	0	12,9	1,9	0	0	65,8	11,5	5	0	0,5	0	0	5,4
24/08/1994	0	9,5	1,2	0	51,2	0	13	4	0	0	0	0	4,2
20/09/1994	0	10,8	1,3	0	0	51,2	9,5	4	0	0,1	0	0	4,2
18/10/1994	0	11,5	1,3	0	0	68,3	10,9	2,7	0	0,9	0	0	5,6
15/11/1994	0	11,6	1,2	0	68,3	0	9,7	2,4	0	1,2	0	0	5,6
15/11/1994	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11/01/1995	0	22,6	2,1	0	0	73,2	10,7	3	1,1	0	0	0	6
07/02/1995	0	12,6	0,8	0	0	70,7	10,6	2,6	0	1,4	0	0	5,8
07/03/1995	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/03/1995	0	13,22	1,47	0	0	78	12,23	0	0	1,2	0	0	6,4
06/04/1995	0	10,59	0,4	0	0	24,4	12,29	3,25	0	1,2	0	0	6
02/05/1995	0	11,82	1,11	0	0	70,7	11,65	2,98	0	1	0	0	5,8
30/05/1995	0	14,8	1,55	0,24	0	100	10,88	2,46	0	1,3	0	0	8,2

RESULTATS DES ANALYSES DE TYPE RS

Station Didier

Date de prélèvement	NH4 mg/l	NA mg/l	K mg/l	MN mg/l	CO3 mg/l	HCO3 mg/l	CL mg/l	SO4 mg/l	NO2 mg/l	NO3 mg/l	PO4 mg/l	TA °f	TAC °f
27/06/1995	0	13,32	1,28			65,9	11,84	3,04	0	0,7	0	0	5,4
24/07/1995	0	11,67	1,11	0		68,3	10,64	3,01	0	0,9	0	0	5,6
23/08/1995	0	11,32	1,26	0		56,1	10,79	2,86	0	1,1	0	0	4,6
19/09/1995	0	17,23	2,06	0		65,9	12,59	2,87	0	0,8	0,75	0	5,4
19/10/1995	0	13,9	1,61			65,9	11,36	2,36	0	0,7	0	0	5,4
16/11/1995	0	13,6	1,16	0		52,4	11,53	0	0	0,7	0	0	4,3
09/01/1996	0	11,88	1,1	0		134,2	11,08	0	0	1,3	0	0	11
08/02/1996	0	11,6	0,87	0		46,4	13	3,43	0	2	0	0	3,8
06/03/1996	0	11,1	0,87	0		51,2	10,87	3,37	0	1,2	0	0	4,2
01/04/1996	0	12,8	1,07	0		41,5	12	2,7	0	1,5	0	0	3,4
30/04/1996	0	9,6	1,28	0,04		45,1	14,5	3,8	0	1,4	0	0	3,7
27/05/1996	0	11,1	0,79	0		61	11,5	2,9	0	2	0	0	5
30/07/1996	0	12,5	1,36	0		42,7	13,2	3,7	0	2,5	0	0	3,5
22/08/1996	0	10,8	0,66	0		47,6	10,47	0,69	0	1,1	0	0	3,9
19/09/1996	0	9,9	1,02	0		51,2	9,6	2,2	0	0,7	0	0	4,2
19/09/1996	0	9,9	1,02	0		51,2	9,6	2,2	0	0,7	0	0	4,2
22/10/1996	0	11,8	1,61	0		52,5	10,5	2,9	0	0,9	0		4,3

RESULTATS DES ANALYSES DE TYPE RS

Station du Galion

Station de captage	Date de prélèvement	AL mg/l	FE mg/l	TURBIDITE N.T.U	TEMP °C	PH	COND_ uS/cm	F mg/l	SIO2	CUIVRE mg/l	ZINC mg/l	CA mg/l	MG mg/l
Galion	22/01/1993	0,1	0,05	0,95		7,4	54	0,07		0	0	4,3	0,73
Galion	15/05/1993	0	0	1,9		7,8	45	0		0	0	4,4	3
Galion	27/10/1993	0,18	0,6	1,8	24	6,85	40	0		0		4,08	3,64
Galion	19/01/1994	0,075	0	0,89	23	7,4	43	0		0	0	2,8	1,7
Galion	11/05/1994	0	0,2	2,4	24	7,3	44	0		0	0	4,8	0,8
Galion	26/10/1994	0,87	0,07	1,2	23	7,2	39	0	15	0	0,07	1,2	1,2
Galion	18/01/1995	0,1	0,02	0,99	24	7,1	41	0	16	0	0	2,5	1,4
Galion	11/05/1995	0,07	0,02	0,6	24	7,2	46	0	19	0	0	4,64	1,73
Galion	25/10/1995	0,045	0,03	0,97	25	7,5	69	0	16	0	0	4,84	1,8
Galion	18/01/1996	0,77	0	9,8	24	7,2	45	0	12	0	0	1,48	0,41
Galion	21/05/1996	0,39	0,18	7	23,5	7,02	55		16	0	0	2,8	1,21
Galion	22/10/1996	0,12	0,05	1,3	25,5	6,9	55	0	17	0	0	2,7	1,4

RESULTATS DES ANALYSES DE TYPE RS

Station du Galion

Date de prélèvement	NH4 mg/l	NA mg/l	K mg/l	MN mg/l	CO3 mg/l	HCO3 mg/l	CL mg/l	SO4 mg/l	NO2 mg/l	NO3 mg/l	PO4 mg/l	TA °f	TAC °f
22/01/1993	0	4	0,5	0		36	8	1	0	0		0	3
15/05/1993	0,05	7	0,6	0		27	10	6	0	0		0	2,2
27/10/1993	0	5,6	0,9	0	0	34,2	7	4	0	0,4		0	2,8
19/01/1994	0	6,7	1	0	0	29	9	3	0	0,1		0	2,4
11/05/1994	0	5,8	0,7	0,02		22	10	4,5	0	0,3		0	1,8
26/10/1994	0	6,1	0,4	0,05		22	8,3	2,8	0	0,6		0	1,2
18/01/1995	0,5	5,6	0,4	0		27	8,4	2,2	0	1,4		0	2,2
11/05/1995	0	8,26	0,96	0		56,1	11,2	1,77	0	1,3		0	4,6
25/10/1995	0	9,11	0,93	0		34,2	11,4	1,54	0	1,3		0	2,8
18/01/1996	0	4,03	0,15	0		24,4	8,11	2,77	0	1,3		0	2
21/05/1996	0	6,1	0,29	0,07		17,1	9,6	3,2	0	1,4		0	1,4
22/10/1996	0	6,9	0,56	0		17,1	8,1	2,1	0	1,5		0	1,4

RESULTATS DES ANALYSES DE TYPE RS
Captage de la Lézarde

Station de Captage	Date de Prélèvement	AL mg/l	FE mg/l	TURBIDITE N.T.U	TEMP °C	PH	COND_ uS/cm	TA °f	TAC °f	TH °f	CUIVRE mg/l
Rivière Lézarde	26/01/1993	0,45	0,05	8,4		7,1	69	0		2	0
Rivière Lézarde	17/03/1993	0,06	0		24	7,4		0		2,8	0
Rivière Lézarde	05/05/1993	0,16	0	1,7	24	7,4	61	0		3	0
Rivière Lézarde	30/06/1993	0,065	0,28	0,99	26	7,2	61	0		3,6	0
Rivière Lézarde	25/08/1993	0,15	0,6	2,1	25	6,6	56	0		2,8	0
Rivière Lézarde	21/10/1993	0	0,35	2,5	24	6,85	52	0		3,8	0
Rivière Lézarde	12/01/1994	0,11	1,1	2,3	24	7,4	59	0		3,8	0
Rivière Lézarde	10/03/1994	0,035	0,1	0,98	22	7,2	57	0		3,6	0
Rivière Lézarde	05/05/1994	0,24	0,1	4	23	7,4	57	0		3	0
Rivière Lézarde	29/06/1994	0,14	0	1,5	26	6,6	58	0		4	0
Rivière Lézarde	26/08/1994	0,19	0	3,3	0	7,2	53	0		3	0
Rivière Lézarde	20/10/1994	0,29	0,48	3,9	23	7,1	50	0		2,6	0
Rivière Lézarde	11/01/1995			1,7		6,7	54	0		3,6	0
Rivière Lézarde	08/03/1995	0,075	0,08	0,7	23,5	7,3	63	0		4,6	0
Rivière Lézarde	04/05/1995	0,03	0,18	1,3	25,4	7,3	55	0		5,4	0
Rivière Lézarde	27/06/1995	0,08	0,93	14	25,9	7,7	54	0		5	0
Rivière Lézarde	23/08/1995	0,6	0,06	9,1	27,5	7	75	0		2,2	0
Rivière Lézarde	16/10/1995	0,7	0,09	3,6	27,5	7,6	66	0		3,1	0
Rivière Lézarde	09/01/1996	0,05	0	0,98	23,5	7,3	74	0		6	0
Rivière Lézarde	06/03/1996	0,085	0,13	3,2	22,5	7,23	64	0		2,1	0
Rivière Lézarde	30/04/1996	0,17	0,1	3,3	22	7,2	74	0		2,4	0
Rivière Lézarde	12/07/1996	0,4	0,15	10,8	23	7,1	67	0		1,9	0
Rivière Lézarde	22/08/1996	0,25	0,15	6	24,5	7,5	72	0		2	0

RESULTATS DES ANALYSES DE TYPE RS
Captage de la Lézarde

Date de Prélèvement	ZINC mg/l	CA mg/l	MG mg/l	NH4 mg/l	NA mg/l	K mg/l	MN mg/l	CO3 mg/L	HCO3 mg/l	CL mg/L	SO4 mg/l
26/01/1993	0	6,7	2,8	0	5	0,7	0,03	0	24,4	10	3
17/03/1993	0	7,8	2,5	0	5	0,5	0	0	34	8	2
05/05/1993	0	7	5	0	9	0,9	0,02	0	37	10	3
30/06/1993	0	6,03	3,4	0	7,7	0,88	0	0	44	11	4
25/08/1993	0	5,3	3	0	12,1	1,3	0	0	34,1	7	2,5
21/10/1993	0	4,89	5,71	0	6,2	0,9	0	0	46,3	7	4,5
12/01/1994	0	5,6	2,4	0	7,5	1,1	0		46,3	6	3
10/03/1994	0	7,7	2,4	0	7	0,95	0	0	44	9,5	3
05/05/1994	0	13,2	2,05	0	6,3	0,7	0,02		36,6	10	3
29/06/1994	0	6	2	0	7	1	0,04	0	49	10	3,5
26/08/1994	0	4,6	1,9	0	6,9	0,8	0	36,6	0	9,5	4
20/10/1994	0	3,2	1,7	0,49	6,7	0,7	0,04		31,7	7,8	3,3
11/01/1995	0	5	2,1	0,5	7,1	0,6			44	8,6	2,8
08/03/1995	0	56,1	2,6	0	9,01	0,88	0,02		56,1	10,29	2,52
04/05/1995	0	5,07	2,08	0	7,71	0,71	0		66	9,9	2,63
27/06/1995	0	5,9	2,46	0	9,16	0,78	0	0	61	9,73	3
23/08/1995	0	3,65	1,52	0	7,09	0,81	0,05		26,8	7,52	2,79
16/10/1995	0	4,38	1,84	0,259	8,6	1,1	0,06		38	8,86	2,07
09/01/1996	0	5,03	1,79	0	7,42	0,37	0		73,2	11,6	0
06/03/1996	0	4,6	1,8	0	6,7	0,42	0,02		25,6	9,81	3,29
30/04/1996	0	4,65	1,69	0	6,6	0,49	0		29,3	12	3,5
12/07/1996	0	3,9	1,5	0	5,9	0,4	0,05		23,2	9,3	2,1
22/08/1996	0	6,2	2,25	0	9,1	0,41	0,04		24,4	8,1	1,4

RESULTATS DES ANALYSES DE TYPE RS
Captage de la Lézarde

Date de Prélèvement	NO2 mg/l	NO3 mg/l	PO4 mg/l	F mg/l	CD ug/l	PB ug/l	AS ug/l	CN ug/l	CR ug/l	HG ug/l	SE ug/l
26/01/1993	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0
17/03/1993	0	0	0	0,07	0	0	0	0	0	0	0
05/05/1993	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30/06/1993	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25/08/1993	0	0,1	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0
21/10/1993	0	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12/01/1994	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10/03/1994	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05/05/1994	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29/06/1994	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0
26/08/1994	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20/10/1994	0	0,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11/01/1995	0	0,6	0	0,02	0	0	0	0	0	0	0
08/03/1995	0	0,2	0	0	0	10	0	0	0	0	0
04/05/1995	0	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27/06/1995	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23/08/1995	0	1,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16/10/1995	0	0,8	0	0,28	0	0	0	0	0	0	0
09/01/1996	0	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06/03/1996	0	1,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30/04/1996	0	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12/07/1996	0	0,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22/08/1996	0	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0

RESULTATS DES ANALYSES DE TYPE RS
Captage de Rivière Blanche

Station de Captage	Date de Prélèvement	AL mg/l	FE mg/l	TURBIDITE N.T.U	TEMP °C	PH	COND_ uS/cm	TA °f	TAC °f	TH °f	CUIVRE mg/l
Rivière Blanche	08/01/1993	0,76	0	3		7,6	90	0	40		0
Rivière Blanche	03/02/1993	0,065	0,06	0,98	23	7,5	107	0	3,4		0
Rivière Blanche	03/03/1993	0,05	0	0,63	23	7,6	109	0	4		0
Rivière Blanche	31/03/1993	0,02	0	0,26	24	7,5	79	0	4,2		0
Rivière Blanche	29/04/1993	0,09	0	0,94	26	7,6	92	0	6,8		0
Rivière Blanche	27/05/1993	0,16	0	1,2	24	7,6	96	0	5,2		0
Rivière Blanche	23/06/1993	0,285	0,2	4,5	26	7,6	92	0	3,8		0
Rivière Blanche	22/07/1993	0,56	0,9	1,4		8	64	0	4		0
Rivière Blanche	18/08/1993	0,53	0,5	3,4	25	7,3	68	0	3,6		0
Rivière Blanche	15/09/1993	1	0,3	8,5	24	8,5	58	0	4,2		0
Rivière Blanche	13/10/1993	0,05	0,05	1,2		7	89	0	4,4		0
Rivière Blanche	10/11/1993	0,27	0,25	16		7,5	57	0	3,6		0
Rivière Blanche	05/01/1994	0,06	0,1	0,99	23	7,8	82	0	5		0
Rivière Blanche	03/02/1994	0,07	0	1,6	23	7,9	74	0	5,2		0
Rivière Blanche	03/03/1994	0,04	0	0,94	22	7,6	83	0	5		0
Rivière Blanche	30/03/1994	6,2	0,5	21	24	5,6	92	0	2		0
Rivière Blanche	27/04/1994	0,07	0,1	0,61		7,5	90	0	5		0
Rivière Blanche	26/05/1994	0,25	0,1	10	25	7,4	83	0	6,4		0
Rivière Blanche	22/06/1994	0,03	0	0,91	24	7,5	74	0	5,2		0
Rivière Blanche	21/07/1994	0,03	0,3	0,9		7,4	90	0	5		0
Rivière Blanche	18/08/1994	0,41	0,2	0	23	7,5	0	0	0		0
Rivière Blanche	14/09/1994	0,21	0,08	1,2	23,5	7,6	65	0	4	0	0
Rivière Blanche	12/10/1994	0,02	0,04	0,95	24	7,7	84	0	4,8		0
Rivière Blanche	09/11/1994	0,04	0,06	0,86	23	7,5	77	0	4,6	0	0
Rivière Blanche	09/11/1994	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rivière Blanche	04/01/1995			1,2		7,2	73	0	4,6		0
Rivière Blanche	01/02/1995	0	0	0,75	22	7,5	83	0	5,6		0
Rivière Blanche	02/03/1995	0,04	0	0,86	24,5	7,5	91		6,6		0
Rivière Blanche	04/04/1995	0,65	0	15	24	7,5	67	0	5		0

RESULTATS DES ANALYSES DE TYPE RS
Captage de Rivière Blanche

Station de Captage	Date de Prélèvement	AL mg/l	FE mg/l	TURBIDITE N.T.U	TEMP °C	PH	COND_ uS/cm	TA °f	TAC °f	TH °f	CUIVRE mg/l
Rivière Blanche	26/04/1995	0,85	0	4,6	25,5	7,5	67	0	5,2		0
Rivière Blanche	15/05/1995	0,21	0,02	1,3	26,3	7,6	81	0	5		0
Rivière Blanche	20/06/1995	0,78	0,3	0,56	25,5	7,8	96	0	5,2		0
Rivière Blanche	18/07/1995	0,15	0,05	2,3		7,6	96	0	5		0
Rivière Blanche	23/08/1995	0,22	0,03	4,9	24	7,6	99	0	3,9		0
Rivière Blanche	13/09/1995	0,39	0	1,8	25,1	7,6	104	0	4,8		0
Rivière Blanche	12/10/1995	0,15	0,07	2,3	27	7,7	97				0
Rivière Blanche	09/11/1995	0,1	0,06	1,2	25	7,4	90	0	3,5		0
Rivière Blanche	09/11/1995				25	7,4					
Rivière Blanche	06/12/1995				24	7,6					
Rivière Blanche	09/01/1996	0,06	0	5,5	23	7,4	100	0	9,5		0
Rivière Blanche	01/02/1996	0,1	0	0,99	0	7,2	107	0	3,4		0
Rivière Blanche	28/03/1996	0,98	0,67	28	24	7,5	100	0	4,2		0
Rivière Blanche	25/04/1996	1,1	0,46	57	23,5	7,3	92	0	3,3		0
Rivière Blanche	23/05/1996	0,4	0,5	1,4	24,2	7,88	80	0	3		0
Rivière Blanche	19/06/1996			0,37	26,4	7,7	89	0	3,2		
Rivière Blanche	11/07/1996	9	0,59	20,3	24,5	7,3	81	0	2,9		0,02
Rivière Blanche	22/08/1996	2,3	0,23	4	24,5	7,5	95	0	3,6		0
Rivière Blanche	11/09/1996	1,4	0,12	0,95	24	7,2	93	0	3		0
Rivière Blanche	22/10/1996	0,21	0,1	2,5	24,5	7,5	96	0	3,6		0

RESULTATS DES ANALYSES DE TYPE RS
Captage de Rivière Blanche

Date de Prélèvement	ZINC mg/l	CA mg/l	MG mg/l	NH4 mg/l	NA mg/l	K mg/l	MN mg/l	CO3 mg/L	HCO3 mg/l	CL mg/L	SO4 mg/l
08/01/1993	0	9,6	3,9	0	7	0,8	0,03	0	48,8	10	4
03/02/1993	0	11,4	6,44	0	7	0,5	0	0	41,5	11	4
03/03/1993	0	12	2,8	0	6	0,5	0	0	48,8	10	0
31/03/1993	0	5,4	7,3	0	16	0,9	0	0	51,2	10	3
29/04/1993	0	13	4,5	0	11	1	0	0	83	11	3
27/05/1993	0	10,4	3,65	0	8	6	0	0	63,4	12	5
23/06/1993	0	12	1,2	0	7,8	4,2	0,04	0	46,3	13	5
22/07/1993	0	7,8	4,38	0	7,2	0,9	0,02	0	48,8	9	2
18/08/1993	0	7,04	4	0	11,2	1,4	0,07	0	44	5,5	5
15/09/1993	0	7,65	1,94	0	10,7	1,8	0	0	51,2	5,5	2
13/10/1993	0	21,7	0,24	0	9,2	1,4	0	0	53,7	6	3
10/11/1993	0	6,8	2,3	0	6	1,2	0,03	0	44	9,5	4
05/01/1994	0	9,41	4,5	0	8,3	6,6	0	0	61	10	2,5
03/02/1994	0	9,1	2,9	0	8,7	2	0	0	63	6,9	2,5
03/03/1994	0	10,3	3,5	0	8,1	1,12	0	0	61	10,5	7
30/03/1994	0	16	2,9	0	9,5	1	0		24,4	10	29
27/04/1994	0	19,8	4	0	8,1	1	0	0	61	7,5	4
26/05/1994	0	13,5	3,7	0	4,3	1,1	0,06		78	9,5	3
22/06/1994	0	10	3	0	8	1	0	0	63	8	6
21/07/1994	0	13	3,25	0	11	1,5	0	0	61	9	3,5
18/08/1994	0	6,4	2,1	0	7	0,9	0,02	0	46,3	7	5
14/09/1994	0	7,6	2,5	0	7,7	0,9	0,02		48,8	8	6
12/10/1994	0	9,3	3,1	0	8,4	0,9	0		58,5	10	5,5
09/11/1994	0	8,7	2,9	0	8,1	0,7	0		56,1	8,05	3
09/11/1994	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04/01/1995	0	8,6	2,9	0	8,2	0,8		56,1		8,6	2,6
01/02/1995	0	10	3,4	0	9,1	0,4	0		68,3	7,7	2,1
02/03/1995	0	10,57	3,72	0	10	1,34	0		80,5	8,71	2,27
04/04/1995	0	8,1	2,68	0	7,16	0,55	0,11		61	8,82	2,53

RESULTATS DES ANALYSES DE TYPE RS
Captage de Rivière Blanche

Date de Prélèvement	ZINC mg/l	CA mg/l	MG mg/l	NH4 mg/l	NA mg/l	K mg/l	MN mg/l	CO3 mg/L	HCO3 mg/l	CL mg/L	SO4 mg/l
26/04/1995	0	7,99	2,59	0	8,24	0,65	0,21		63,4	10,03	3,17
15/05/1995	0	11,12	3,52	0	10,32	1,14	0,06		61	9,01	2,27
20/06/1995	0	9,1	3,2	0	8,2	0,9	0,16		63,4	9,64	2,98
18/07/1995	0	8,51	2,76	0	9,36	0,75	0,04		61	7,73	2,65
23/08/1995	0	8,34	2,47	0	9,66	0,97	0,02		47,5	6,75	2,44
13/09/1995	0	12,89	3,92	0	12,87	1,48	0,03		58,6	7,95	2,31
12/10/1995	0	8,97	2,95	0	10,36	1,19	0		51,2	9,02	0
09/11/1995	0	8,3	2,6	0	9,9	1	0		42,7	8,26	1,44
09/11/1995											
06/12/1995											
09/01/1996	0	8,51	2,68	0	7,09	0,42	0		115,9	14,5	0
01/02/1996	0	8,1	2,7	0	7,7	0,49	0		41,5	9,18	2,28
28/03/1996	0	10,9	3,4	0,6	9,2	0,63	0,34		51,2	10	2,57
25/04/1996	0	9,44	3,66	0	16,89	1,03	0,33		40,3	12,1	3,6
23/05/1996	0	3,7	1,18	0	3,5	0,05	0,08		36,6	10,7	2,7
19/06/1996		7,9	2,6	0	9,3	0,5			39	8,6	2,5
11/07/1996	0,06	5,6	1,8	0	5,8	0,28	2,23		35,4	8,7	2,3
22/08/1996	0	8,5	2,6	0	8,3	0,42	0,31		44	7,36	0,98
11/09/1996	0	8,1	2,9	0,38	7,1	1,14	0,19		36,6	7,3	1,9
22/10/1996	0	8,7	2,7	0	8,9	1,1	0,02		43,9	7,6	2,4

RESULTATS DES ANALYSES DE TYPE RS
Captage de Rivière Blanche

Date de Prélèvement	NO2 mg/l	NO3 mg/l	PO4 mg/l	F mg/l	CD ug/l	PB ug/l	AS ug/l	CN ug/l	CR ug/l	HG ug/l	SE ug/l
08/01/1993	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0
03/02/1993	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03/03/1993	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31/03/1993	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29/04/1993	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27/05/1993	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23/06/1993	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22/07/1993	0	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0
18/08/1993	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0
15/09/1993	0,9	0	0	0,05	0	0	0	0	0	0	0
13/10/1993	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10/11/1993	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05/01/1994	0	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03/02/1994	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03/03/1994	0	0,2	0	0,07	0	0	0	0	0	0	0
30/03/1994	0	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27/04/1994	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26/05/1994	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22/06/1994	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21/07/1994	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18/08/1994	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14/09/1994	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12/10/1994	0	0	0	0,07	0	0	0	0	0	0	0
09/11/1994	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
09/11/1994	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04/01/1995	0	0,6	0	0,6	0	0	0	0	0	0	0
01/02/1995	0	0,8	0	0,05	0	0	0	0	0	0	0
02/03/1995	0	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04/04/1995	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0

RESULTATS DES ANALYSES DE TYPE RS
Captage de Rivière Blanche

Date de Prélèvement	NO2 mg/l	NO3 mg/l	PO4 mg/l	F mg/l	CD ug/l	PB ug/l	AS ug/l	CN ug/l	CR ug/l	HG ug/l	SE ug/l
26/04/1995	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15/05/1995	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20/06/1995	0	0	0	0,04	0	0	0	0	0	0	0
18/07/1995	0	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23/08/1995	0,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13/09/1995	0	0,8	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0
12/10/1995	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
09/11/1995	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
09/11/1995											
06/12/1995											
09/01/1996	0	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01/02/1996	0	0,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28/03/1996	0	1,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25/04/1996	0	1,5	0		0	0	0	0	0	0	0
23/05/1996	0,12	2,8	0,12	0	0	0	0	0	0	0	0
19/06/1996	0	0,6	0	0,1							
11/07/1996	0	1,2	0	0,07	0	0	0	0	0	0	0
22/08/1996	0	0,4	0		0	0	0	0	0	0	0
11/09/1996	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22/10/1996	0	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0

***CARACTERISATION DES
EXCES D'ALUMINIUM DANS
LES EAUX SUPERFICIELLES
DE LA MARTINIQUE***

Etude réalisée dans le cadre des actions de Service-Public du BRGM

février 1997
n° R 39 359

Rapport définitif

ANNEXE B
Résultats de la campagne de mesure de l'aluminium
réalisée en 1995 sur la Rivière Blanche et la
station de Directoire par la DDASS

Résultats des analyses d'aluminium dans les eaux brutes et traitées

DATE	Al Eau Brute mg/l	pH	Al Eau Traitée mg/l	pH	Eau Brute-Eau traitée mg/l
03/07/95	0,34	7,3	0,15	7,4	+ 0,19
05/07/95	0,20	7,6	0,20	7,5	0,00
07/07/95	0,27	7,6	0,10	7,5	+ 0,17
10/07/95	0,15	7,4	0,23	7,2	- 0,08
12/07/95	0,53	7,3	0,38	7,4	+ 0,15
17/07/95	0,17	7,6	0,09	7,3	+0,08
19/07/95	0,34	7,8	0,12	7,4	+ 0,22
21/07/95	0,89	7,6	0,17	7,4	+ 0,72
24/07/95	0,90	7,3	0,05	7,4	+ 0,85
26/07/95	2,20	7,6	0,08	7,5	+ 2,12
28/07/95	0,18	7,7	0,19	7,6	- 0,01
31/07/95	0,83	7,8	0,23	7,7	+ 0,60
02/08/95	0,04	7,6	0,18	7,5	- 0,14
04/08/95	0,63	7,4	0,47	7,5	+ 0,16
07/08/95	0,30	7,5	0,09	7,4	+ 0,21
09/08/95	0,45	7,4	0,13	7,3	+ 0,32
11/08/95	2,20	7,5	0,12	7,6	+ 2,08
16/08/95	0,70	7,4	0,13	7,5	+ 0,57
18/08/95	0,40	7,3	0,33	7,4	+ 0,07
21/08/95	1,50	7,5	0,21	7,4	+ 1,28
23/08/95	2,20	7,5	0,07	7,4	+ 1,13
04/09/95	0,08	7,3	0,04	6,8	+ 0,04
06/09/95	0,51	7,3	0,17	6,8	+ 0,34
08/09/95	0,17	7,2	0,31	6,7	-0,14
11/09/95	0,12	7,1	0,13	6,9	-0,01
13/09/95	0,27	7,3	0,02	6,8	+ 0,25
18/09/95	0,30	7,1	0,01	6,8	+ 0,29
22/09/95	1,70	7,0	0,93	6,8	+ 0,77
25/09/95	0,46	7,0	0,02	6,8	+ 0,44
27/09/95	0,55	7,2	0,03	6,8	+ 0,52
29/09/95	0,48	6,8	0,02	6,8	+ 0,46

Eau brute

Aluminium mini: 0,04mg/l
 Aluminium maxi: 2,20mg/l
 Aluminium médiane: 0,45mg/l

Eau traitée

Aluminium mini: 0,01mg/l
 Aluminium maxi: 0,93mg/l
 Aluminium médiane: 0,13mg/l

II/STATION D'ÉPURATION DE LA VILLE DE LA ZOUËRE

Résultats des analyses d'aluminium dans les eaux brutes et traitées

DATE	AL Eau brute mg/l	pH	AL Eau traitée mg/l	pH	Al Eau brute - Eau traitée mg/l
03/07/95	0,32	7,2	**	**	**
05/07/95	0,85	7,6	0,10	7,6	+ 0,75
07/07/95	0,20	7,3	0,03	7,7	+ 0,17
10/07/95	0,23	7,7	0,03	7,6	+ 0,20
12/07/95	0,84	7,5	0,04	7,3	+ 0,80
17/07/95	0,83	7,4	0,05	7,6	+ 0,78
19/07/95	0,12	7,4	0,08	7,6	+ 0,04
21/07/95	0,28	7,4	0,38	7,2	- 0,10
24/07/95	0,25	7,3	0,25	7,4	0,00
26/07/95	8,30	7,6	0,22	7,6	+ 8,08
28/07/95	0,79	7,5	0,07	7,4	+ 0,72
31/07/95	0,11	7,6	0,11	7,5	0,00
02/08/95	0,02	7,6	0,10	7,7	- 0,08
04/08/95	4,50	7,6	0,07	7,4	+ 4,43
07/08/95	0,57	7,6	0,21	7,4	+ 0,36
09/08/95	0,73	7,4	0,18	7,5	+ 0,55
11/08/95	1,30	7,5	0,20	7,6	+ 1,10
16/08/95	0,39	7,4	0,03	7,5	+ 0,36
18/08/95	0,29	7,4	0,05	7,2	+ 0,24
21/08/95	0,11	7,4	0,05	7,4	+ 0,06
23/08/95	0,84	7,4	0,09	7,5	+ 0,75
04/09/95	1,40	7,6	0,12	7,0	+ 1,28
06/09/95	1,50	7,6	0,05	7,6	+ 1,45
08/09/95	0,37	7,6	0,09	7,6	+ 0,28
11/09/95	5,00	7,6	0,07	7,0	+ 4,93
13/09/95	4,30	7,6	0,10	7,3	+ 4,20
18/09/95	0,72	7,6	0,11	7,0	+ 0,61
22/09/95	0,35	7,3	0,05	6,9	+ 0,30
25/09/95	0,11	7,4	0,20	7,0	- 0,09
27/09/95	0,10	7,4	0,10	7,2	0,00
29/09/95	0,36	7,2	0,03	7,0	+ 0,33

Eau brute

Aluminium mini: 0,10mg/l
 Aluminium maxi : 8,30mg/l
 Aluminium médiane: 0,39mg/l

Eau traitée

Aluminium mini: 0,03mg/l
 Aluminium maxi: 0,38mg/l
 Aluminium médiane: 0,09mg/l

**= Donnée non disponible

***CARACTERISATION DES
EXCES D'ALUMINIUM DANS
LES EAUX SUPERFICIELLES
DE LA MARTINIQUE***

Etude réalisée dans le cadre des actions de Service-Public du BRGM

février 1997
n° R 39 359

Rapport définitif

**ANNEXE C
Résultats des analyses sur l'eau effectuées par
le BRGM**



Chef du département : M. BORSIER

Adjoint et
Coordinateur des études : M. MORIO

Suivi de qualité : F. AUGUSTIN

Responsables Unités:

-Mine et Matériaux : A. BATEL
-Environnement : R. JEANNOT

RAPPORT D' ANALYSES

Demandeur : LALLIER
Provenance : MARTINIQUE
Rat adm : ANTEA/ANT
N.Demande : DE954014
N.travail : K0093
N.ANA : C2432A
Laboratoire : ANAL.EAU
: Mme MELON

Téléphone: (33)38 64 30 17

Télécopie: (33)38 64 39 25

Le : 12/01/96

Résultats certifiés par le(s)

Responsable(s) de laboratoire

ANTEA / ANT
Agence Française de Contrôle des
Analyses
Le 12/01/96
N° 0022

visa Mr M.MORIO

M. MORIO
Responsable de l'Analyse

-> -> ATTENTION AUX REMARQUES PORTEES A LA PAGE SUIVANTE

Les résultats exprimés ne concernent que les échantillons soumis à essais.
L'accréditation par la section Essais du COFRAC atteste uniquement de la compétence technique du laboratoire pour les analyses couvertes par l'accréditation.
Toute reproduction partielle de ce rapport est interdite sans l'autorisation de BRGM ANALYSE.

Nb Pages:...

BRGM

Avenue de Concy, Orléans-La Source (Loiret) - B.P. 6009 - 45060 Orléans cedex 2, France
Tél.: (33) 38.64.30.17 - Télécopieur : (33) 38.64.39.25

Tout échantillon liquide ou concernant des études d'environnement est détruit un mois après la délivrance des résultats sauf demande contraire du client.

LE(S) ELEMENT(S) SUIVANT(S) ONT ETE ANALYSE(S) DANS LE LABO : ANAL.EAUX

El: Aluminium M0108 Alt: Alu t

EAUX NATURELLES

METHODES ANALYTIQUES:

Les méthodes utilisées pour chaque paramètre sont indiquées ci-dessus.

Précisions complémentaires sur les méthodes analytiques:

-Dosage des cations majeurs et traces:ICP/MS (MO 108).

-Dosage des anions: Chromatographie ionique (NFT90.042-MO 028).

-Dosage du mercure:Absorption atomique en vapeurs froides (NFT90.113-MO 110).

-Dosage des différentes formes de carbone:(NFT90.102-MO 107).

RESULTATS:

Les limites de détection sont fonction de la méthode et du coefficient de dilution utilisés.

Les éléments majeurs sont donnés avec une précision de 5% relative, les éléments traces avec 10%, pour des valeurs en milieu de gamme.

Une valeur négative doit être considérée comme inférieure à la limite inférieure de dosabilité (BINF).

Une valeur égale à la limite supérieure de dosabilité (BSUP) doit être considérée comme supérieure ou égale à cette limite.

* : éléments analyses hors accréditation

BRGM - ANALYSE

ETUDE C2432A -DE954014- Le 12-JAN-96

Page N. 3

```
=====
Ech. / N.   Ele. Al      Alt
            UNIT mg/1   mg/1
            BINF 0.03   0.03
            BSUP 10000.00 10000.00
=====
01          0001 0.05   0.20
02          0002 -0.03  0.12
03          0003 0.03   0.11
04          0004 0.04   0.04
05          0005 0.05   0.08
06          0006 0.05   0.14
07          0007 0.04   0.08
08          0008 0.04   0.10
09          0009 -0.03  0.07
10          0010 0.03   0.06
11          0011 -0.03  0.17
12          0012 0.08   2.85
13          0013 0.14   0.86
14          0014 0.15   7.03
15          0015 0.08   3.81
16          0016 0.05   0.17
```

***CARACTERISATION DES
EXCES D'ALUMINIUM DANS
LES EAUX SUPERFICIELLES
DE LA MARTINIQUE***

Etude réalisée dans le cadre des actions de Service-Public du BRGM

février 1997
n° R 39 359

Rapport définitif

**ANNEXE D
Résultats des analyses sur les sols réalisés
par le BRGM**



Chef du département : M. BORSIER

Adjoint et
Coordinateur des études : M. MORIO

Suivi de qualité : F. AUGUSTIN

Responsables Unités:

-Mine et Matériaux : A. BATEL

-Environnement : R.JEANNOT

RESULTATS D' ETUDES

Demandeur	: LALLIER
Provenance	: MARTINIQUE
Rat adm	: ANTEA/ANT
N.Demande	: DE954015
N.travail	: K0093
N.ANA	: C2432B
Laboratoire	: ANAL.EAU
	: Mme MELON

Téléphone: (33)38 64 30 17

Télécopie: (33)38 64 39 25

Le : 12/01/96

Résultats certifiés par le(s)

Responsable(s) de laboratoire

visa Mr M.MORIO

M. MORIO
 Responsable Groupe Analyse
 Département Procédés et Analyse

ANTEA / ANT
 Agence Régionale des Eaux
 Agence Régionale de l'Environnement
 Le 12/01/96
 N° 0022

-> -> ATTENTION AUX REMARQUES PORTEES A LA PAGE SUIVANTE

Tout échantillon liquide ou concernant des études d'environnement est détruit un mois après la délivrance des résultats sauf demande contraire du client.

LE(S) ELEMENT(S) SUIVANT(S) ONT ETE ANALYSE(S) DANS LE LABO : ANAL.EAUX

Al: Aluminium

3 LIXIVIATIONS SELON NORME X31.210

LIGNES 4.8.12.16.20 ET 24 : EXPRESSION DE LA FRACTION CUMULEE SOLUBILISEE DE L'ELEMENT EXPRIME EN MG/KG DE DECHET SEC

METHODES ANALYTIQUES:

- Dosage des cations majeurs et traces:ICP/MS (MO 108).
- Dosage des anions: Chromatographie ionique (NFT90.042-MO 028).
- Dosage du mercure:Absorption atomique en vapeurs froides (NFT90.113-MO 110).
- Dosage des différentes formes de carbone:(NFT90.102-MO 107).

Pour tous les autres éléments et composés dosés, les méthodes utilisées sont les normes AFNOR (dosage par spectrophotométrie, potentiométrie, volumétrie, conductimétrie, spectrométrie Infra-Rouge).

- Essai de lixiviation : norme NFX 31-210

RESULTATS:

Les limites de détection sont fonction de la méthode et du coefficient de dilution utilisés.

Les éléments majeurs sont donnés avec une précision de 5 % relative, les éléments traces avec 10 %, pour des valeurs en milieu de gamme.

Une valeur négative doit être considérée comme inférieure à la limite inférieure de dosabilité (BINF).

Une valeur égale à la limite supérieure de dosabilité (BSUP) doit être considérée comme supérieure ou égale à cette limite.

BRGM - ANALYSE

ETUDE C2432B -DE954015- Le 12-JAN-96

```

=====
Ech. / N.   Ele.  Al
            UNIT  mg/k
            BINF  0.3
            BSUP 10000.0
    
```

```

=====
ECHNo 2LIX/10001 90.1
ECHNo 2LIX/20002 62.7
ECHNo 2LIX/30003 73.4
ECHNo 2LIX/T0004 226.2
ECHNo 4LIX/10005 2.0
ECHNo 4LIX/20006 15.2
ECHNo 4LIX/30007 14.2
ECHNo 4LIX/T0008 31.4
ECHNo 5LIX/10009 0.4
ECHNo 5LIX/20010 0.5
ECHNo 5LIX/30011 0.8
ECHNo 5LIX/T0012 1.7
ECHNo 7LIX/10013 0.4
ECHNo 7LIX/20014 0.7
ECHNo 7LIX/30015 0.7
ECHNo 7LIX/T0016 1.8
ECHNo11LIX/10017 1.0
ECHNo11LIX/20018 2.1
ECHNo11LIX/30019 7.6
ECHNo11LIX/T0020 10.7
ECHNo13LIX/10021 0.5
ECHNo13LIX/20022 0.4
ECHNo13LIX/30023 3.2
ECHNo13LIX/T0024 4.1
    
```



Orléans, le 14 février 1996

Demandeur :

M. LALLIER Serge
ANTEA
3, avenue Condorcet

97200 FORT DE FRANCE

DEPARTEMENT PROCÉDES et ANALYSE

Unité : *Caractérisation Minérale*

N° note : SMN/PEA/CMI/NT/96/125/fp/cp

V/Réf. :

N/Réf. : C2432C

**Identification minéralogique de la fraction fine
de trois échantillons référencés : n° 2 - 4 - 11**

Auteur : F. Pillard

4 Pages

0 Tableau

0 Figure

0 Annexe

Documents associés : -

Résumé : Les échantillons sont déterminés par diffractométrie des rayons X à partir de lames orientées (normale - glycolée pendant 12 heures - chauffée à 490°C pendant 4 heures) confectionnées avec la fraction fine $\leq 2 \mu\text{m}$.

MOTS-CLES : Diffraction des rayons X - Minéralogie - Echantillons n° 2 - 4 - 11.

Intérêt documentaire : oui
non

Diffusion :
Libre
BRGM
Restreinte
Confidentielle

VISAS : Auteur : François Pillard
Contrôle :

BRGM

SERVICE MINIER NATIONAL

Département Procédés et Analyse

B.P. 6009 - 45060 ORLEANS Cedex 2 - France - Tél : (33) 38 64 34 34

ANTEA / ANT
Agence Régionale des Antilles
ARRIVÉE à Fort-de-France
Le 22/2/96
N° 240



**MINÉRALOGIE DÉTERMINATIVE PAR
DIFFRACTOMÉTRIE DES RAYONS X**

Appareillage : SIEMENS D 5000 automatisé

Conditions expérimentales :

- Balayage de : 4 à 84° 2 θ pour les diagrammes de poudre et de 2 à 36° 2 θ pour les lames d'argiles.
- Vitesse de balayage de : 0,02° 2 θ /seconde
- Échantillon tournant pour les diagrammes de poudre et fixe pour les diagrammes d'argiles.

Traitement des spectres : logiciel Diffrac AT

RESULTATS

Echantillon n° 2

Smectite ~ 55 %

(interstratifié irrégulier smectite-illite à ~ 50 % de feuillets de smectite).

Métahalloysite/Kaolinite ~ 45 %

Chlorite (probable) infra trace.

Phases minérales non argileuses associées : quartz - cristobalite - tridymite - goéthite - gibbsite - mica (probable) en trace.



Echantillon n° 4

Métahalloysite/Halloysite ~ 100 %.

Illite/Mica (probable) en infra trace.

Phases minérales non argileuses associées : cristobalite - goethite - hématite - amphibole.

Echantillon n° 11

Fraction phylliteuse (argileuse) très mal définie et très faible. Aucune phase bien cristallisée n'est mise en évidence.

Chlorite (probable) en infra trace.

Phases minérales non argileuses identifiées : plagioclase abondant - cristobalite - tridymite.

Rappels

Smectite	silicate d'Al - Mg - Ca - Na... hydraté.
Kaolinite	$\text{Al}_2 \text{Si}_2 \text{O}_5 (\text{OH})_4$.
Halloysite	$\text{Al}_2 \text{Si}_2 \text{O}_5 (\text{OH})_4 \bullet 2 \text{H}_2 \text{O}$.
Métahalloysite	$\text{Al}_2 \text{Si}_2 \text{O}_5 (\text{OH})_4$ = halloysite déshydratée.
Illite/Mica	silicate d'Al - K - Na... hydraté.
Chlorite	[clinochlore par exemple = $(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_5 \text{Al} (\text{Si}_3 \text{Al}) \text{O}_{10} (\text{OH})_8$]
Quartz	Si O_2 .
Cristobalite	Si O_2 .
Tridymite	Si O_2 .
Gibbsite	$\text{Al} (\text{OH})_3$.



Goethite	Fe O (OH).
Hématite	Fe ₂ O ₃ .
Plagioclase	(albite par exemple = Na (Si ₃ Al) O ₈ .
Amphibole	silicate de Na - Mg - Fe avec des OH (Magnesioriebeckite par exemple!).

Remarques

Pour ces trois échantillons, la cristallinité des argiles présentes est relativement mauvaise ; en effet la qualité des pics obtenus, qui sont plutôt larges et peu intenses, indique une organisation structurale peu évoluée.

La présence de gels (silice, hydroxydes de fer, phases argileuses très mal définies) semble évidente ainsi que celle de matière organique intimement mêlée.

Le pourcentage global d'argiles dans ces échantillons est pratiquement indéfinissable.

Un complément d'étude a été effectué par diagrammes de poudre pour mettre en évidence les phases minérales non argileuses accompagnatrices et apporter un complément d'information minéralogique.

***CARACTERISATION DES
EXCES D'ALUMINIUM DANS
LES EAUX SUPERFICIELLES
DE LA MARTINIQUE***

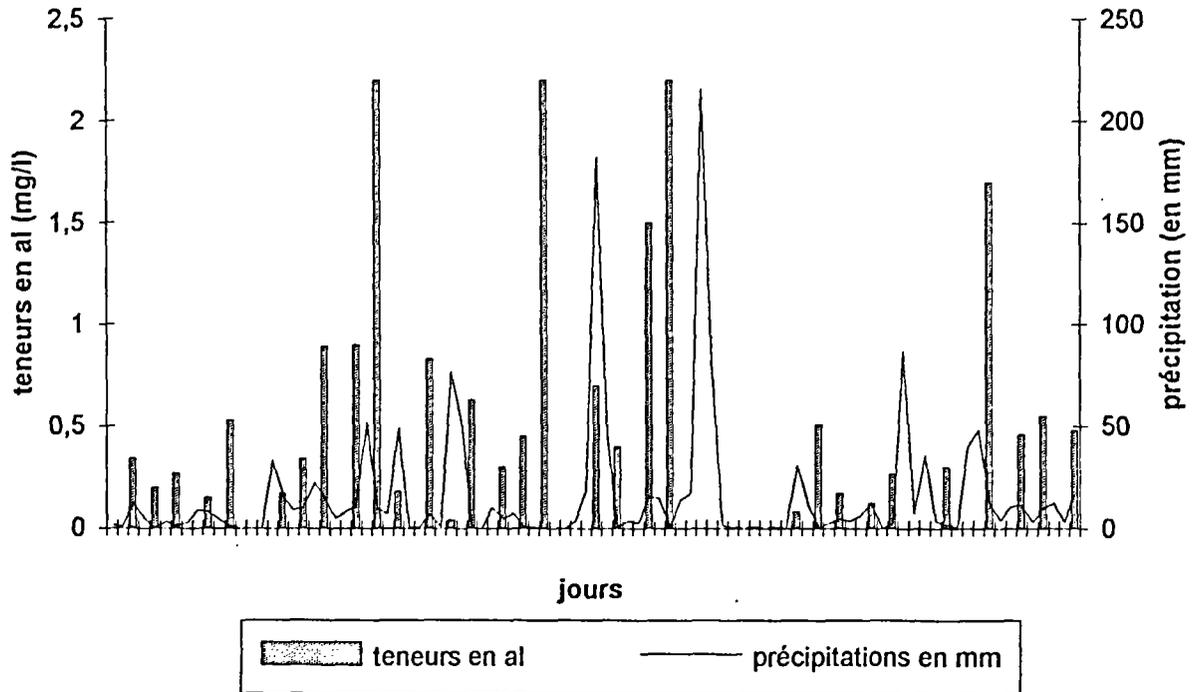
Etude réalisée dans le cadre des actions de Service-Public du BRGM

février 1997
n° R 39 359

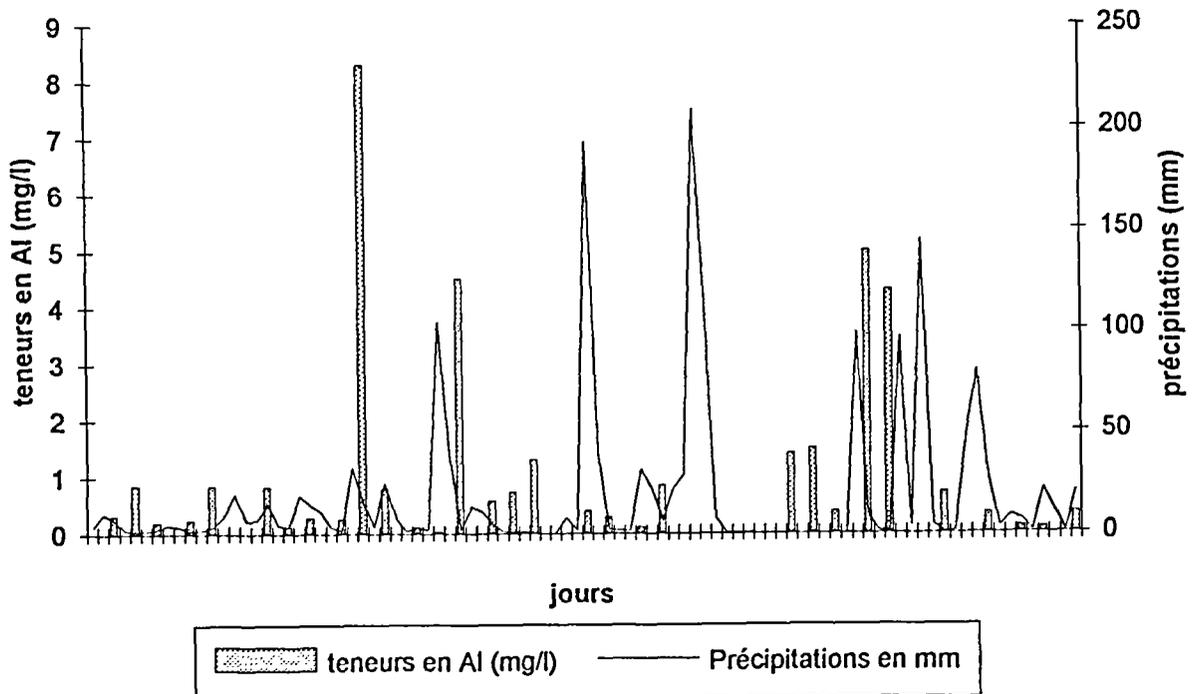
Rapport définitif

ANNEXE E
Comparaison des teneurs en aluminium des eaux
(données DDASS) et des précipitations
journalières (données Météo-France)

Comparaison des teneurs en aluminium des eaux brutes de la rivière Lézarde et des précipitations journalières à St-Joseph-Lézarde entre juillet et septembre 1995



Comparaison des teneurs en aluminium des eaux brutes de la rivière Blanche et des précipitations journalières à St-Joseph-rivière Blanche



Commentaires

La comparaison entre les teneurs en aluminium total des eaux brutes des rivières Lézarde et Blanche et de la pluviométrie journalière mesurée sur des postes de Météo-France implantés sur leur bassins versants ne fait pas apparaître de relation simple. Toutefois, il convient de considérer que :

- Les pluviomètres situés dans la partie basse des cours d'eau ne sont pas nécessairement représentatifs. L'essentiel du débit des rivières se forme en effet dans la partie amont des cours d'eau.
- La variabilité dans l'espace et surtout dans le temps des précipitations. La charge solide des cours d'eau dépend plus de l'intensité des pluies que de la hauteur d'eau totale précipitée.
- L'absence de synchronisation des données d'aluminium avec la pluviométrie qui rend la comparaison délicate.

Enfin, la vérification des relations entre les teneurs en aluminium des eaux et les processus d'érosion torrentielle nécessiterait de disposer de données plus précises acquises à des pas de temps fins (par exemple comparaison d'hydrogramme de crue avec des analyses d'aluminium prélevés à des pas de temps adaptés).